

Informe primer semestre 2025

Programa de Seguimiento de Flora y vegetación de la quebrada de Camar Región de Antofagasta

Informe primer semestre 2025
geob.SQMSL913.inf025.rev0. Programa de Seguimiento de Flora y vegetación de la quebrada de Camar

Rev.	Id	Ejecutor	Revisor	Aprueba	Descripción
B	Nombre	CA-AA	CI	IZ	Informe primer semestre quebrada de Camar propuesta RevB
	fecha	14.08.2025	20.08.2025	03.09.2025	
0	Nombre	CA-AA	CI	IZ	Informe primer semestre quebrada de Camar Rev0
	fecha	12.12.2025	12.12.2025	12.12.2025	
01	Nombre	CA	CI	IZ	Informe primer semestre quebrada de Camar Rev01
	fecha	09.02.2026	12.02.2026	13.02.2026	
02	Nombre	CI	IZ	IZ	Informe primer semestre quebrada de Camar Rev01
	fecha	18.02.2026	18.02.2026	18.02.2026	

Contenido

Resumen	13
1.1 Monitoreo de ejemplares de <i>Neltuma alba</i> (ex <i>Prosopis alba</i>) (algarrobo)	13
1.1.1 Censo de algarrobos	13
1.1.2 Estado fisiológico de algarrobos	13
1.1.3 Biomasa de algarrobos	14
1.2 Caracterización de la flora y vegetación	15
1.3 Parámetros del suelo	16
2 Introducción	17
3 Objetivos	20
4 Materiales y métodos	21
4.1 Área de estudio	21
4.2 Monitoreo de ejemplares de <i>Neltuma alba</i> (ex <i>Prosopis alba</i>) (algarrobo)	21
4.2.1 Ubicación de los individuos	21
4.2.2 Parámetros evaluados	32
4.2.3 Metodología de muestreo, medición y análisis	36
4.3 Evaluación de ejemplares de <i>Neltuma alba</i> (ex <i>Prosopis alba</i>) (algarrobo) con sistema de riego 38	
4.3.1 Ubicación de los individuos	38
4.3.2 Parámetros evaluados	40
4.3.3 Metodología de muestreo, medición y análisis	41
4.4 Caracterización de la flora y vegetación	41
4.4.1 Ubicación de los puntos de monitoreo	41
4.4.2 Parámetros evaluados	44
4.4.3 Metodología de muestreo, medición y análisis	45
4.5 Evaluación de parámetros del suelo	48
4.5.1 Ubicación de los puntos de monitoreo de suelo	48
4.5.2 Parámetros evaluados, metodología de muestreo, medición y análisis	53
4.6 Materiales y equipos utilizados	53

4.7	Fechas de muestreo	54
5	Resultados	57
5.1	Monitoreo de vitalidad de ejemplares de <i>Neltuma alba</i> (ex <i>Prosopis alba</i>) (algarrobo).57	
5.1.1	Vitalidad	57
5.1.2	Copa viva	61
5.1.3	Fenología	64
5.1.4	Etapas de crecimiento	67
5.1.5	Afectación antrópica y/o natural.....	70
5.1.6	Fisiología de algarrobos.....	77
5.1.7	Biomasa de algarrobos.....	80
5.2	Evaluación de ejemplares de <i>Neltuma alba</i> (ex <i>Prosopis alba</i>) (algarrobo) con sistema de riego 90	
5.2.1	Vitalidad	90
5.2.2	Porcentaje de copa viva.....	92
5.2.3	Estado de los elementos asociados al programa de riego.....	94
5.3	Caracterización de la flora y vegetación	94
5.3.1	Vegetación	94
5.3.2	Flora	101
5.4	Parámetros del suelo	103
5.4.1	Monitoreo mensual de CHS.....	103
5.4.2	Monitoreo trimestral de CHS, pH y CE	109
6	Discusiones.....	115
6.1	Monitoreo de ejemplares de <i>Neltuma alba</i> (ex <i>Prosopis alba</i>) (algarrobos)	115
6.1.1	Vitalidad	115
6.1.2	Copa viva	119
6.1.3	Fenología	122
6.1.4	Etapas de crecimiento	125
6.1.5	Afectación antrópica y/o natural.....	128
6.1.6	Fisiología de algarrobos.....	131
6.1.7	Biomasa de algarrobos.....	134

6.2	Evaluación de ejemplares de <i>Neltuma alba</i> (ex <i>Prosopis alba</i>) (algarrobos) con sistema de riego	135
6.2.1	Vitalidad	135
6.2.2	Porcentaje de copa viva.....	138
6.3	Caracterización de la flora y vegetación	141
6.3.1	Vegetación	141
6.3.2	Flora	147
6.4	Parámetros del suelo	154
6.4.1	Monitoreo mensual de CHS.....	154
6.4.2	Monitoreo trimestral de CHS, pH y CE	164
6.5	Relación entre variables	171
6.5.1	Algarrobos.....	171
6.5.2	Vegetación	176
7	Conclusiones.....	179
7.1	Monitoreo de los ejemplares de <i>Neltuma alba</i> (ex <i>Prosopis alba</i>) (algarrobos)	179
7.1.1	Fisiología de algarrobos.....	180
7.1.2	Biomasa de algarrobos	181
7.2	Caracterización de la flora y vegetación	181
7.2.1	Vegetación	181
7.2.2	Flora	182
7.3	Parámetros del suelo	183
7.3.1	Monitoreo mensual de CHS.....	183
7.3.2	Monitoreo trimestral de CHS, pH y CE	183
8	Referencias.....	185

Tablas

Tabla 2-1. Parámetros establecidos, responsables de la ejecución y medición de las variables	18
Tabla 4-1. Ubicación de los individuos de <i>N. alba</i> monitoreados en la quebrada de Camar (Datum WGS84 Huso 19S).....	22
Tabla 4-2. Ubicación de los individuos de Algarrobos monitoreados (Datum WGS84 Huso 19S).....	30
Tabla 4-3. Parámetros y metodologías utilizadas para la caracterización de la flora y vegetación	32
Tabla 4-4. Criterios utilizados para clasificar la vitalidad de las plantas	33
Tabla 4-5. Escalas utilizadas para clasificar la copa viva de las plantas.....	33
Tabla 4-6. Categorías utilizadas para la descripción de estado fenológico	33
Tabla 4-7. Categorías utilizadas para la descripción de la altura del ejemplar	34
Tabla 4-8. Categorías utilizadas para la etapa de crecimiento	34
Tabla 4-9. Ubicación georreferenciada de ejemplares de algarrobos con riego (Datum WGS84 Huso 19S)	39
Tabla 4-10. Ubicación de las estaciones de monitoreo de vegetación y flora en la quebrada de Camar (Datum WGS84 Huso 19S)	41
Tabla 4-11. Esfuerzo de muestreo campañas primer semestre 2025	44
Tabla 4-12. Parámetros y metodologías utilizadas para la caracterización de la flora y vegetación ...	44
Tabla 4-13. Tipo de afectación	44
Tabla 4-14. Rangos y códigos de cobertura.....	45
Tabla 4-15. Rangos de altura por tipo biológico	46
Tabla 4-16. Categorías utilizadas para describir la vitalidad y estado sanitario de la vegetación	46
Tabla 4-17. Ubicación de los puntos de monitoreo mensual de contenido de humedad del suelo (Datum WGS84 Huso 19S).....	48
Tabla 4-18. Ubicación de los puntos de monitoreo de suelo de la quebrada de Camar (Datum WGS84 Huso 19S)	51
Tabla 4-19. Métodos de ensayo utilizados en análisis de suelo	53
Tabla 4-20. Materiales y equipos utilizados	53
Tabla 4-21. Fechas de muestreo monitoreo de algarrobos primer semestre 2025	54
Tabla 4-22. Fechas de monitoreo del estado de los componentes del riego, primer semestre 2025	55
Tabla 4-23. Fechas de muestreo potencial hídrico y conductancia estomática primer semestre 2025	55

Tabla 4-24. Fechas de muestreo medición de variables dendrométricas primer semestre 2025	55
Tabla 4-25. Fechas de muestreo monitoreo de flora y vegetación primer semestre 2025	55
Tabla 4-26. Fechas de muestreo de monitoreo de suelo primer semestre 2025.....	55
Tabla 5-1. 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 2025 en algarrobos de la quebrada de Camar.....	77
Tabla 5-2. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba (Ψ_{pa}), mediodía (Ψ_{md}) y conductancia estomática (gs).....	79
Tabla 5-3. 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	79
Tabla 5-4. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba (Ψ_{pa}), potencial hídrico de ramilla de mediodía (Ψ_{md}) y conductancia estomática (gs) promedios para individuos con y sin riego	80
Tabla 5-5. 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 2025	82
Tabla 5-6. 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 2025	84
Tabla 5-7. 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 de 2025	86
Tabla 5-8. 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 2025	89
Tabla 5-9. Principales desperfectos detectados en los componentes del sistema de riego	94
Tabla 5-10. Formaciones vegetales y otras superficies presentes en la quebrada de Camar.....	95
Tabla 5-11. Riqueza de especies presentes en el área de estudio.....	102
Tabla 5-12. Cobertura y frecuencia de las especies dentro de los transectos.....	103
Tabla 5-13. CHS en individuos de <i>Neltuma alba</i> con y sin sistema de riego.....	106
Tabla 5-14. Resultados de pH del suelo	110
Tabla 5-15. Resultados de conductividad eléctrica del suelo	112
Tabla 6-1. Variación histórica de superficie de las formaciones vegetacionales presentes en la quebrada de Camar.....	142

Tabla 6-2. Variación histórica en la riqueza de especies presentes en los puntos de muestreo y área de estudio.....	149
Tabla 6-3. Variación histórica de la cobertura de las especies en transectos	153
Tabla 6-4. CHS en individuos de <i>Neltuma alba</i> con y sin sistema de riego, periodo febrero 2022 – diciembre 2025	156

Figuras

Figura 4-1. Ubicación del área de estudio	21
Figura 4-2. Ubicación de los ejemplares de <i>Neltuma alba</i> monitoreados	29
Figura 4-3. Distribución de los individuos de Algarrobo con mediciones de potencial hídrico y conductancia estomática	31
Figura 4-4. Distribución de los individuos de Algarrobo con mediciones de biomasa	32
Figura 4-5. Distribución espacial de algarrobos con riego dentro de la quebrada de Camar	40
Figura 4-6. Esfuerzo de muestreo de vegetación	43
Figura 4-7. Ubicación de los puntos de medición humedad de suelo CHS mensual	50
Figura 4-8. Esfuerzo de muestreo de suelo	52
Figura 5-1. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie A	58
Figura 5-2. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie B	59
Figura 5-3. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie C	60
Figura 5-4. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie D	60
Figura 5-5. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie E	61
Figura 5-6. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie A	62
Figura 5-7. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie B	62
Figura 5-8. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie C	63
Figura 5-9. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie D	64
Figura 5-10. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie E	64
Figura 5-11. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo de la serie A	65

Figura 5-12. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo de la serie B	65
Figura 5-13. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo de la serie C	66
Figura 5-14. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo de la serie D	66
Figura 5-15. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo de la serie E.....	67
Figura 5-16. Variación mensual de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie A	68
Figura 5-17. Variación mensual de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie B	68
Figura 5-18. Variación mensual de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie C	69
Figura 5-19. Variación mensual de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie D.....	69
Figura 5-20. Variación mensual de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie E	70
Figura 5-21. Variación semestral daño animal en individuos de <i>Neltuma alba</i> por serie	72
Figura 5-22. Variación semestral daño antrópico en individuos de <i>Neltuma alba</i> por serie.....	75
Figura 5-23. Evolución de la vitalidad de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego.....	91
Figura 5-24. Evolución del porcentaje de copa viva de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego.....	93
Figura 5-25. Variación del porcentaje de vitalidad en la vegetación de la quebrada de Camar	97
Figura 5-26. Variación del porcentaje de copa viva en la vegetación de la quebrada de Camar.....	98
Figura 5-27. Variación del estado fenológico en la vegetación de la quebrada de Camar.....	99
Figura 5-28. Tipos de daño antrópico	100
Figura 5-29. Tipos de daño animal.....	100
Figura 5-30. Contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) en la quebrada de Camar – primer semestre 2025	104
Figura 5-31. Variación mensual del contenido de humedad del suelo en individuos de <i>Neltuma alba</i> con y sin sistema de riego.....	108
Figura 5-32. Contenido de humedad de suelos en los puntos monitoreados de la quebrada de Camar	109
Figura 5-33. Variación trimestral del contenido de humedad promedio del suelo en la quebrada de Camar	110
Figura 5-34. pH de suelos en los puntos monitoreados de la quebrada de Camar.....	111

Figura 5-35. Variación trimestral del pH promedio en el suelo en la quebrada de Camar.....	112
Figura 5-36. Salinidad de suelos en los puntos monitoreados de la quebrada de Camar.....	113
Figura 5-37. Variación trimestral de la salinidad promedio del suelo en la quebrada de Camar	114
Figura 6-1. variación mensual de temperatura y precipitaciones en Camar	116
Figura 6-2. Variación histórica de la vitalidad en los individuos de algarrobo.....	118
Figura 6-3. Variación histórica del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo	121
Figura 6-4. Variación histórica del estado fenológico en los individuos de algarrobos.....	124
Figura 6-5. Variación histórica de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobos.....	127
Figura 6-6. Variación histórica del ramoneo por serie	129
Figura 6-7. Variación histórica de la intervención antrópica por serie	130
Figura 6-8. Variación histórica del potencial hídrico en pre-alba para árboles de las series A y B* .	131
Figura 6-9. Variación histórica del potencial hídrico de mediodía para árboles de las series A y B .	132
Figura 6-10. Variación histórica de la conductancia estomática para árboles de las series A y B ...	133
Figura 6-11. Evolución de la vitalidad de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego.....	136
Figura 6-12. Evolución de la vitalidad de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego.....	138
Figura 6-13. Evolución del porcentaje de copa viva de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego.....	139
Figura 6-14. Evolución de la copa viva de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego	140
Figura 6-15. Evolución de la superficie de las formaciones vegetacionales presentes en la quebrada de Camar.....	143
Figura 6-16. Variación histórica de la vitalidad en la vegetación de la quebrada de Camar.....	144
Figura 6-17. Variación histórica del porcentaje de copa viva en la vegetación de la quebrada de Camar	145
Figura 6-18. Variación histórica del estado fenológico en la vegetación de la quebrada de Camar	146
Figura 6-19. Afectación natural y antrópica.....	147
Figura 6-20. Comparación mensual del contenido de humedad del suelo en individuos de <i>Neltuma alba</i> , periodo febrero 2022 – junio 2025.....	155
Figura 6-21. Variación mensual del contenido de humedad de suelo en individuos de <i>Neltuma alba</i> con y sin sistema de riego, febrero 2022 – junio 2025.....	159
Figura 6-22. Variación mensual del contenido de humedad de suelo por serie en individuos de <i>Neltuma alba</i> , febrero 2022 – junio 2025.....	160

Figura 6-23. Contenido de humedad del suelo mensual versus proporción de individuos de <i>Neltuma alba</i> con vitalidad normal o Ex. vigoroso, periodo diciembre 2022 – junio 2025.....	162
Figura 6-24. Relación entre el CHS y el número de individuos con y sin riego en estado vital Crecimiento normal o Ex. vigoroso	163
Figura 6-25. Variación histórica en el promedio del contenido de humedad del suelo (%) en los tipos vegetacionales de la quebrada Camar.....	166
Figura 6-26. Variación en el pH promedio del suelo en los tipos vegetacionales de la quebrada de Camar	168
Figura 6-27. Variación en la salinidad promedio de suelo en los tipos vegetacionales de la quebrada de Camar.....	170
Figura 6-28. Conductancia estomática y Contenido de humedad del suelo (CHS) por trimestre, en el periodo 2022 - 2025.....	172
Figura 6-29. Potencial hídrico promedio en pre-alba (Ψ_{pa}) y medio día (Ψ_{md}), y su relación con el Contenido de humedad del suelo (CHS) por trimestre, en el periodo 2022 – 2025.....	172
Figura 6-30. Contenido de humedad del suelo (CHS) por trimestre y precipitaciones acumuladas, en el periodo 2022 - 2025.....	173
Figura 6-31. Potencial hídrico promedio en pre-alba (Ψ_{pa}) y medio día (Ψ_{md}), y su relación con el vigor de los algarrobos por trimestre, en el periodo 2022 - 2025	174
Figura 6-32. Conductancia estomática (gs) y su relación con el vigor de los algarrobos por trimestre, en el periodo 2022 - 2025.....	174
Figura 6-33. Vitalidad de los Algarrobos y su relación con el Contenido de humedad del suelo (CHS) por trimestre, en el periodo 2022 - 2025.....	175
Figura 6-34. Biomasa de la población de algarrobos y vigor de los individuos en el periodo 2022 - 2025	175
Figura 6-35. Evolución del vigor y las variables ambientales en el periodo 2022 – 2025	177
Figura 6-36. Riqueza de especies en los puntos de monitoreo de la quebrada de Camar y su relación con el Contenido de humedad del suelo (CHS), Conductividad eléctrica (CE), pH y precipitaciones acumuladas.....	178

Fotografías

Fotografía 5-1. Registros fotográficos de afectación natural y antrópica en el área de estudio.....	101
Fotografía 6-1. Afectación animal – Primer semestre 2025	129
Fotografía 6-2. Afectación antrópica – Primer semestre 2025.....	130

Anexos

- Anexo 1. Base de datos monitoreo de algarrobos
- Anexo 2. Base de datos flora (transectos)
- Anexo 3. Base de datos vegetación (COT)
- Anexo 4. Mapa de vegetación quebrada de Camar
- Anexo 5. Responsables y participantes del seguimiento ambiental
- Anexo 6. Certificados ETFA y análisis de suelo mensual (CHS)
- Anexo 7. Certificados ETFA análisis de suelo trimestral (CHS, pH y CE)
- Anexo 8. Reportes operación de sistema de riego de Algarrobos
- Anexo 9. Informes trimestrales Potencial hídrico y Conductancia estomática. Universidad de Chile
- Anexo 10. Informes Biomasa Quebrada de Camar. Universidad de Chile
- Anexo 11. Base de datos suelo mensual (CHS)
- Anexo 12. Base de datos suelo trimestral (CHS, pH y CE)

Resumen

El presente informe entrega los resultados del Programa de Seguimiento Ambiental (PSA) asociado al monitoreo de Flora y Vegetación de la quebrada de Camar durante el primer semestre de 2025, en el marco de la Acción N° 24 del 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.

El monitoreo abarcó 488 ejemplares de *Neltuma alba* (algarrobo) y la caracterización de otras formaciones vegetacionales y parámetros de suelo.

1.1 Monitoreo de ejemplares de *Neltuma alba* (ex *Prosopis alba*) (algarrobo)

1.1.1 Censo de algarrobos

Las mediciones realizadas durante el primer semestre de 2025 indican 488 ejemplares que son objeto de este estudio, hasta junio de 2025. De estos 488 ejemplares, 103 se encuentran desaparecidos y 17 corresponden a ejemplares de *Strombocarpa tamarugo*¹. Del total de individuos desaparecidos, 15 corresponden a ejemplares de la serie A, 10 a la serie B, 24 a la serie C, 11 individuos de la serie D y 43 individuos de la serie E.

Los parámetros evaluados para caracterizar a la población de algarrobos corresponden a la vitalidad, porcentaje de copa viva, fenología, etapa de crecimiento y daño natural o antrópico.

La categoría de vitalidad predominante fue “Crecimiento normal”, con presencia relevante de individuos secos en las series A, C y D. La copa viva mostró contrastes entre series, con valores altos en las series B, D y E, y predominio de ausencia de copa en las series A y C. Fenológicamente, se registró un aumento de individuos en crecimiento vegetativo y disminución de fructificación, con un número importante de individuos senescentes en las series A y C. La estructura poblacional evidenció predominio de adultos en las series A, B y E, y de juveniles en C y D. La estabilidad observada respecto al monitoreo anterior (segundo semestre de 2024) sugiere que no se han producido cambios significativos en la estructura etaria de las series, manteniéndose las mismas tendencias de desarrollo. Las afectaciones naturales y antrópicas disminuyeron respecto al semestre anterior, aunque la serie E mantuvo la mayor incidencia y es la única en presentar intervención antrópica. Además, se evalúa el estado fisiológico y biomasa de los individuos de la población. De forma adicional, se evalúa por separado una porción de los individuos que actualmente poseen un sistema de riego activo, versus aquellos que no lo poseen.

1.1.2 Estado fisiológico de algarrobos

Para el análisis del estado fisiológico de la población de algarrobos realizada en enero y abril de 2025, se trabajó con una muestra de 18 individuos (muestra objetivo, serie A) distribuidos en torno al ex pozo de

¹Ex *Prosopis tamarugo*.

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 Camar-2, y considerando si los individuos son regados o no².

A nivel general se observa que los valores de potencial hídrico en pre-alba y medio día son más negativos en abril respecto de enero ($\Psi_{pa\text{enero}}=-1,54$ vs $\Psi_{pa\text{abril}}=-2,08$ y $\Psi_{md\text{enero}}=-2,52$ vs $\Psi_{md\text{abril}}=-3,05$), indicando una mayor demanda hídrica en abril. Mientras que, la conductancia estomática es mayor en abril ($218,44$ vs $268,63$ $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

Al comparar el potencial hídrico en pre-alba y medio día de los individuos de la serie A versus los de las series B-C se observan diferencias significativas solo en el en Ψ_{pa} en abril, indicando que en este periodo los ejemplares de la serie A manejan mejor el estrés. Por su parte, en la conductancia estomática se observaron diferencias significativas en ambos periodos, con mayores valores en la serie A, respecto de las series B-C.

Al comparar los Algarrobos en relación con su ubicación respecto de la tubería, solo se observaron diferencias significativas en potencial hídrico en pre-alba en abril, con los valores más bajos en los árboles ubicados aguas arriba de la tubería.

La conductancia estomática de los individuos regados y no regados presenta diferencias significativas tanto en enero como en abril, con valores más bajos en los individuos sin riego.

1.1.3 Biomasa de algarrobos

A partir de un recorrido pedestre se realizó la medición de variables dendrométricas como el diámetro máximo de la copa (mcw), diámetro de copa a los 90° del mcw (cw90) y altura total (ht), de los individuos del género *Neltuma* (ex *Prosopis*) distribuidos en el cono aluvial de la quebrada de Camar de las series A, B, C y D. A partir de las mediciones, se caracterizó la población de algarrobos determinando diámetro basal equivalente (Dbe), área basal, área de copa, volumen de copa, entre otras variables. Las variables fueron utilizadas para estimar la biomasa mediante un modelo de regresión seleccionado entre 135 modelos a utilizar según literatura. Los modelos seleccionados fueron aquellos que en que la biomasa promedio estuviera dentro de 50-100% de la desviación estándar de la media.

La biomasa total estimada en el último monitoreo (abril 2025) fue de 8.159,37 kg, concentrada principalmente en ramas (85,5%), le siguen en orden de magnitud, el componente fuste (11,7%) y hojas (2,8%). El área basal acumulada (calculada a partir del Dbe) es baja, alcanzando sólo los 2,987 m² para el total de la

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 N° 226/2006, correspondiente a la Acción N° 28.

población, concentrándose (69,7%) en seis individuos de gran tamaño ($Db_e > 60$ cm). El promedio de las áreas de la copa de los individuos fluctúa entre $0,072 \text{ m}^2$ y $88,051 \text{ m}^2$, mostrando una marcada tendencia en su desarrollo en los individuos de mayor tamaño, los cuales son capaces de superar los 30 m^2 de área de copa. La mayor parte de los individuos (81,3%) son de pequeño tamaño, concentrándose en las clases diamétricas de menores (0 a 5 cm de Db_e) y con alturas medias que no superan los 70 cm. Los individuos de mayor diámetro ($> 20,0$ cm de Db_e) sólo representan el 8,6% del total y pueden alcanzar en promedio hasta 7,09 m de altura. En la población predominan los individuos plurifustales (con más de un vástago), cuyo número de vástagos fluctúa entre 2 y 53 por individuo.

Las variaciones en la biomasa dentro del semestre se encuentran dentro de los rangos reportados en monitoreos anteriores, sin presentar diferencias estadísticamente significativas, encontrándose las diferencias dentro de los errores instrumentales propios de la prospección y la sensibilidad de los modelos utilizados.

1.2 Caracterización de la flora y vegetación

Para la caracterización de la vegetación de la quebrada de Camar se elaboró la cartografía preliminar mediante fotointerpretación, definiendo unidades de vegetación homogénea (UVH) o polígonos. La descripción de las unidades se realizó mediante prospección pedestre, utilizando como metodología la carta de ocupación de tierras (COT), en 75 unidades. La información registrada correspondió a una estimación visual de la cobertura de las especies dominantes según tipo biológico y estrato de altura, vitalidad de los individuos predominantes, proporción de follaje verde y fenología.

Durante el primer semestre de 2025, las formaciones predominantes presentaron variaciones menores en superficie, con aumentos en matorrales de *Atriplex atacamensis* – *Atriplex imbricata* y *Tessaria absinthioides* y reducciones en los matorrales de *Aloysia deserticola* – *Ephedra multiflora*, *Tiquilia atacamensis* y praderas de *Distichlis spicata*. En ambos periodos la vitalidad predominante en las formaciones evaluadas fue Crecimiento normal. Respecto a la copa viva, la categoría más frecuente fue la de 50–75%. De igual manera, la etapa fenológica dominante en ambos meses fue el crecimiento vegetativo, registrándose además cerca de un 20% de individuos en floración en ambos periodos.

Para la caracterización e identificación de la flora se realizó una evaluación florística de cada una de las 75 unidades vegetacionales definidas, fijando tres transectos de 20 m de longitud de oeste a este en cada polígono. Con la información obtenida se determinó la riqueza de especies, cobertura por especies y abundancia.

La flora registró 13 taxones en los monitoreos de 2025 y 26 taxones acumulados desde 2022 en la quebrada de Camar, con predominio de especies arbustivas adaptadas a la aridez, siendo al más abundante *Tessaria absinthioides*. Los resultados indican una baja cobertura en las especies de la quebrada y una escasa variación entre trimestres.

Las variaciones en la vegetación y en la flora de la quebrada de Camar están dentro de los rangos observados en monitoreos previos y pueden estar influenciadas por factores climáticos, por la distribución desigual de las precipitaciones en la quebrada Camar y por la naturaleza cualitativa del método de evaluación, que puede introducir cierta subjetividad en la interpretación del estado de vitalidad.

1.3 Parámetros del suelo

El monitoreo de parámetros del suelo contempla el monitoreo mensual del contenido de humedad del suelo (CHS), asociado a 40 individuos del monitoreo de Algarrobos, emplazados en el cono aluvial de la quebrada de Camar, y el monitoreo trimestral del contenido de humedad del suelo, pH y conductividad eléctrica (CE) asociado a 43 puntos o estaciones de muestreo, lo que incluye algunos individuos de algarrobos y puntos en zonas donde hay un mayor desarrollo de vegetación.

Se realiza la extracción de muestras de suelo de 500g en cada estación de muestreo, a profundidades de 30 y 45 cm, representativas de la zona de mayor acumulación de raíces (suelo mineral superficial). Esta actividad es realizada por la empresa ALS Life Sciences Chile, autorizada como Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA) para la toma de muestras de suelo.

El monitoreo mensual del CHS da cuenta de un promedio de $1,38\% \pm 0,97\%$, sin mostrar un patrón espacial marcado, dentro de las ubicaciones de la población de Algarrobos. La implementación del sistema de riego generó un aumento en el CHS y una tendencia a mantener números elevados de individuos en Crecimiento normal y Ex. Vigoroso. Sin embargo, no se observa una relación clara entre ambos parámetros.

El análisis trimestral del CHS refleja un patrón espacial asociado a las estaciones de muestreo más cercanas al núcleo del salar y a las formaciones vegetales, reflejando una relación positiva entre el CHS y estos parámetros, siendo el matorral de *Tessaria absinthioides* (ubicado en áreas más cercanas al núcleo), la formación con mayor cobertura y mayor CHS.

Tanto en el monitoreo mensual como trimestral se observa un comportamiento estacional del CHS, siendo influenciado positivamente por los eventos de precipitaciones registrados en la quebrada de Camar.

El pH se mantuvo mayormente alcalino y estable durante el primer semestre de 2025, variando históricamente en valores entre 8 y 9, correspondientes a la categoría de fuertemente alcalino. Las ligeras variaciones en el pH están asociadas a eventos estacionales como la precipitación y a características específicas de las formaciones vegetacionales.

La salinidad del suelo en la quebrada de Camar fue mayormente baja, presentando la mayor proporción de los puntos durante el primer semestre 2025, como no salinos (entre el 50% y 84% de los puntos), con máximos en el matorral de *Aloysia deserticola* – *Ephedra multiflora*.

Históricamente, los valores más altos de salinidad se concentran en el borde este del salar, en las zonas más cercanas al núcleo, con los valores más altos en el matorral de *Tessaria absinthioides* durante la mayor parte de los monitoreos.

Se observa una estrecha relación entre el CHS, la salinidad y las precipitaciones, dado que, a mayor precipitación, mayor CHS y menor salinidad, al estar las sales más disueltas en el suelo.

En conjunto, los resultados reflejan estabilidad general en la vitalidad de la vegetación, con variaciones propias de la estacionalidad y factores locales de perturbación, aportando insumos para la gestión y conservación de la quebrada de Camar.

2 Introducción

El presente informe, elaborado por Geobiota, abarca los resultados del monitoreo realizado durante el primer semestre del año 2025 en el cono aluvial de la quebrada de Camar, dentro del Salar de Atacama, Región de Antofagasta. Este reporte se enmarca en las acciones comprometidas en el Programa de Cumplimiento (PdC) presentado con motivo del procedimiento sancionatorio iniciado por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) mediante la Resolución Exenta N° 1 / ROL F-041.2016 (rectificado por Res. Ex. N° 4/Rol F-041-2016) y aprobado mediante Resolución N° 38 el 29 de agosto de 2022 por la SMA.

Específicamente, el informe responde a la Acción N° 24 del PdC, la que tiene por objeto “incorporar al seguimiento ambiental a los individuos de algarrobos y otras formaciones vegetacionales que no forman parte del seguimiento ambiental comprometido en el marco de la RCA N° 226/2006”. Y a la Acción N° 28 que tiene por objeto implementar un programa de riego de los algarrobos que forman parte del monitoreo comprometido en la RCA N° 226/2006.

Según estudios actuales de Hughes *et al.* 2022, 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* (algarrobos) y *Strombocarpa* (Tamarugo). Los linajes descritos corresponden en gran medida a los enunciados por Burkart en 1976 y no modifican la información acerca de sus atributos biológicos, origen, distribución geográfica, descripción morfológica o anatómica, ecología, estado de conservación (RCE, CITES).

Dicho lo anterior, para efectos legales y en la ficha de clasificación y categorías definidas en decretos, se mantiene aún el nombre *Prosopis alba* Griseb, sin embargo, ya se ha reconocido a la especie con la denominación *Neltuma alba* (Griseb.) C.E. Hughes & G.P. Lewis en las principales bases de datos botánicas (Instituto de Botánica Darwinion Flora del Cono Sur³, Catálogo de Plantas nativas del Herbario de la Universidad de Concepción⁴, IPNI⁵) y en publicaciones científicas. Dicho lo anterior, en el presente informe se utiliza la nomenclatura recientemente incorporada para referirse a los ejemplares de algarrobo como *Neltuma alba*.

Los individuos de *Neltuma alba* (algarrobos) en la quebrada de Camar se agrupan en cinco series (A, B, C, D y E), alcanzando un total de 488 ejemplares monitoreados hasta junio de 2025. La serie A⁶, se evalúa anualmente desde 2006 en el marco de la RCA N° 226/2006, mientras que, como parte de la Acción N° 24 del

³ 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>

⁴ <http://catalogoplantas.udec.cl/?q=catalogo&combine=neltuma+alba>

⁵ <https://www.ipni.org/n/77303585-1>

⁶ De acuerdo con lo establecido en la RCA del Proyecto, los individuos pertenecientes a la serie A son 71, sin embargo, a través de los constantes monitoreos, se han incluido 4 ejemplares (AX-01, AX-02, AX-03 y AX-76) a partir de 2021 (Anexo 1). Además, el individuo AX-01 cuenta con sistema de riego desde diciembre de 2022.

Programa de Cumplimiento (PdC) las series B, C y D se monitorean mensualmente desde 2021, incorporándose la serie E en 2022⁷.

La evaluación de individuos bajo sistema de riego se efectúa desde diciembre de 2022 en 37 individuos de algarrobos, estos se dividen en 32 ejemplares de la serie A, y 5 ejemplares de la serie C, tal como es indicado en la acción N° 28 del PdC. La incorporación de individuos de la serie C, se realiza con el fin de comparar su efectividad en ejemplares no contemplados en la RCA N° 226/2006.

En individuos de las series A, B, C y D se realizan mediciones de conductancia estomática y potencial hídrico (en prealba y mediodía), con el propósito de evaluar su estado fisiológico e hídrico. Esto permite establecer comparaciones entre la serie A (muestra objetivo) y las series B, C y D (muestras testigo), considerando su ubicación en relación con la tubería que atraviesa la quebrada, y si es que cuentan con riego o no. Asimismo, mediante la medición de variables dendrométricas se calculó el diámetro basal equivalente, área basal, área y volumen de copa, entre otras variables, las cuales fueron utilizadas para estimar la biomasa total de la población a través de un modelo de regresión.

Con respecto al monitoreo de flora y vegetación dentro de la quebrada de Camar, la finalidad es dar cuenta de su estado actual y evaluar su comportamiento temporal. Las formaciones vegetacionales que se desarrollan dentro del área fueron identificadas en una prospección inicial y presentadas en el reporte “Estudio vegetacional y florístico de la quebrada de Camar” (septiembre 2021), que da inicio al seguimiento de este componente.

Como complemento a los resultados de los seguimientos, se realizan monitoreos mensuales del contenido de humedad del suelo asociado a la población de algarrobos, junto con monitoreos trimestrales del contenido de humedad, pH y salinidad del suelo, asociados a las formaciones vegetacionales presentes en la quebrada.

Las variables que son objeto del seguimiento y los responsables de la ejecución del monitoreo de cada una de las componentes ambientales se detallan en la Tabla 2-1. Los participantes involucrados en la elaboración del informe y la recopilación de datos en terreno están detallados en el Anexo 5.

Tabla 2-1. 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 Porcentaje de copa viva Fenología Etapa de crecimiento Afectación antrópica y/o natural	Mensual	Geobiota y monitores de la Comunidad de Camar.
		Potencial hídrico Conductancia estomática	Trimestral	Laboratorio de Relación Suelo-Agua-Planta Facultad de Ciencias Agronómicas Universidad de Chile.

⁷ La serie E fue incorporada en enero 2022 y no está identificada dentro del Programa de Cumplimiento. Además, hay reportes mensuales donde no se ha podido monitorear el total de individuos, por lo que el número de individuos en pie varía mes a mes.

Tabla 2-1. Parámetros establecidos, responsables de la ejecución y medición de las variables

Componente	Variable	Parámetro	Frecuencia del monitoreo		Responsables del monitoreo
		Variables dendrométricas	Trimestral		Dr. Gustavo Cruz M. Ing. For. Patricio Tapia.
	Individuos de <i>Neltuma alba</i> bajo sistema de riego	Vitalidad Porcentaje de copa viva	Semanal/Bisemanal		Personal de la Gerencia de Medio Ambiente (GMA), de SQM Salar SpA.
		Estado de los elementos asociado al Sistema de Riego			
	Vegetación de la quebrada de Camar	Cobertura de la vegetación medida como superficie Vitalidad Afectación antrópica y/o natural	Trimestral		Geobiota y monitores de la Comunidad de Camar.
		Flora de la quebrada de Camar	Abundancia de especies Riqueza florística	Trimestral	
Medio Abiótico	Suelo	Contenido de humedad para individuos <i>Neltuma alba</i>	Mensual	Enero Febrero Marzo Abril Mayo Junio	ALS Life Sciences Chile (toma de muestras y análisis de laboratorio).
	Suelo	Contenido de humedad Conductividad eléctrica pH	Trimestral		ALS Life Sciences Chile (análisis de laboratorio).

Fuente: geobiota, 2025.

3 Objetivos

El presente informe tiene como objetivo dar cuenta de los resultados semestrales del Programa de Seguimiento de Flora y Vegetación de la quebrada de Camar, cuyo fin es aportar más información sobre los individuos de algarrobos y otras formaciones vegetacionales que no forman parte del Plan de Seguimiento Ambiental comprometido en el marco de la RCA N°226/2006 y analizar la evolución semestral de las componentes que son objeto de estudio.

Para esto se han establecido los siguientes objetivos específicos:

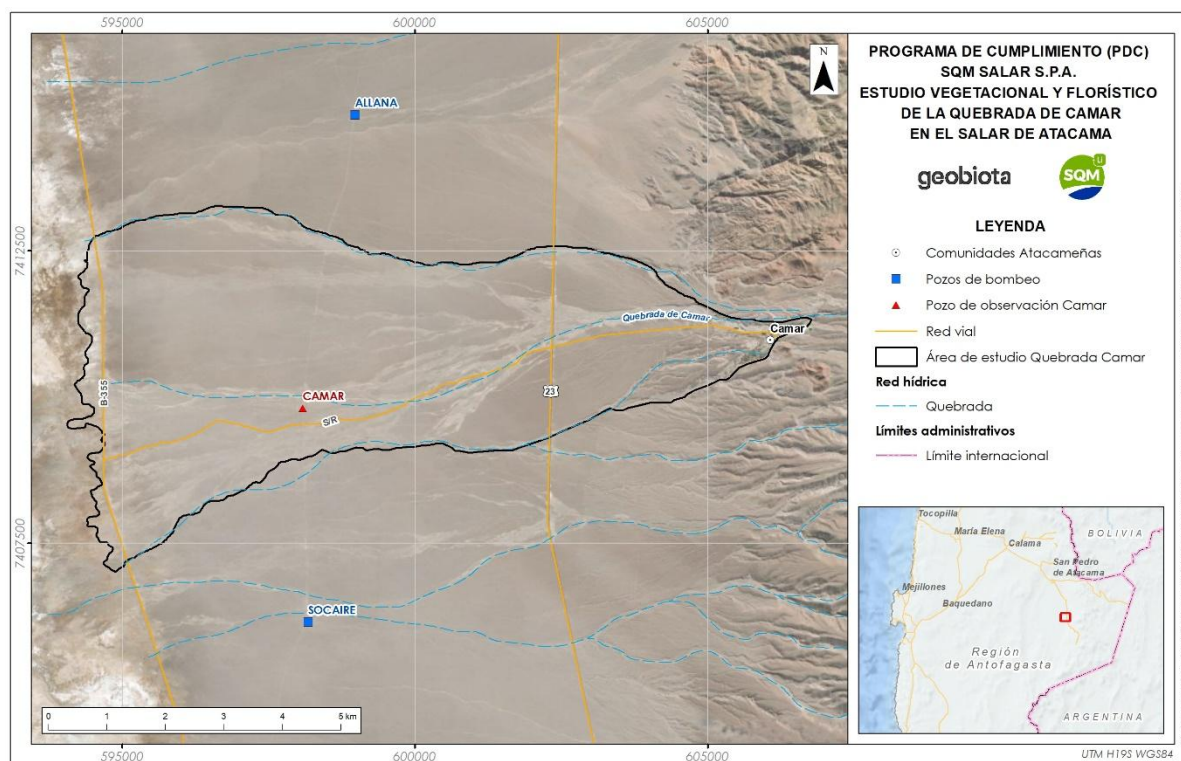
- Censar los individuos de la población de *Neltuma alba* (algarrobo) que se desarrolla en la quebrada de Camar, determinando su estado vital y sanitario a través de la evaluación de los parámetros vitalidad, porcentaje de copa viva, fenología, etapa de crecimiento y tipo de daño (animal o antrópico), y analizar la evolución de estos en el tiempo.
- Evaluar el estado fisiológico de la población de algarrobos mediante la medición del potencial hídrico medido en pre-alba y mediodía, además de la conductancia estomática.
- Estimar la biomasa aérea de la población de algarrobos, a través de la medición de variables dendrométricas.
- Caracterizar los ejemplares de algarrobo sometidos a riego mediante la evaluación del vigor y el porcentaje de copa viva.
- Reportar el estado de los elementos asociados al programa de riego de individuos de algarrobo.
- Evaluar el contenido de humedad del suelo asociado a algunos individuos de algarrobo y su variabilidad en el tiempo.
- Caracterizar las formaciones vegetacionales presentes dentro de la quebrada de Camar en términos de su riqueza, abundancia, estado vital y sanitario, contenido de humedad del suelo, pH y afectación antrópica.

4 Materiales y métodos

4.1 Área de estudio

El área que es objeto de seguimiento (en adelante, área de estudio o AE), corresponde a la quebrada de Camar, la cual contempla una superficie de 4.044,04 ha y se ubica en el sector este de la cuenca endorreica del Salar de Atacama, dentro de la comuna de San Pedro de Atacama, región de Antofagasta (Figura 4-1) Figura 4-1.

Figura 4-1. Ubicación del área de estudio



Fuente: geobiota, 2025.

4.2 Monitoreo de ejemplares de *Neltuma alba* (ex *Prosopis alba*) (algarrobo)

4.2.1 Ubicación de los individuos

4.2.1.1 Ejemplares de algarrobos con determinación del estado de vitalidad y sanitario

El monitoreo se realiza en una población de *Neltuma alba* (algarrobos) ubicados en la quebrada de Camar y sector urbano de la localidad de Camar. Los individuos han sido clasificados en cinco series de árboles (A, B, C, D y E). La serie A, corresponde a los ejemplares que se han muestreado periódicamente desde abril de

2006 y que forman parte del Plan de Seguimiento Ambiental del Proyecto Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama (RCA N° 226/2006). Estos individuos se ubican adyacentes al ex pozo de extracción Camar-2. Las series B y C, corresponden a ejemplares identificados en el reporte “Análisis de la vitalidad de Algarrobos Serie A, B y C” (2017), mientras que, los ejemplares de la Serie D corresponden a individuos en etapa juvenil que se agregan al análisis a partir del reporte “Estudio vegetacional y florístico de la quebrada Camar” (septiembre 2021). Finalmente, los individuos pertenecientes a la serie E, corresponden a ejemplares agregados en enero 2022, y están ubicados al este de la Ruta CH-23 y dentro del pueblo de Camar.

Cabe destacar que, al ser un censo mensual, el número de individuos no registrados, desaparecidos y nuevos es variable en el tiempo. Los nuevos individuos se van integrando a una serie dependiendo de la ubicación que éstos tengan. Además, los individuos de la serie E particularmente son los que más varían mensualmente debido a múltiples factores⁸, por lo que el número de individuos en pie varía mensualmente.

Las coordenadas de estos ejemplares se presentan en la Tabla 4-1, mientras que la ubicación espacial de estos se presenta en la Figura 4-2. Es importante destacar que, de la totalidad de ejemplares de *Neltuma alba*, 17 individuos corresponden a ejemplares de tamarugo (*S. tamarugo*; D-04, D-05, D-06, D-07, D-08, D-15, D-36, D-45, D-65, D-69, D-70, E-28, E-139, E-141, E-142 y E-143), los cuales, si bien están identificados, no son objeto de análisis de este monitoreo.

Tabla 4-1. Ubicación de los individuos de *N. alba* monitoreados en la quebrada de Camar (Datum WGS84 Huso 19S)

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
A-01	598.100	7.409.909	C-66	598.557	7.409.715	E-058	606.055	7.410.950
A-02	598.065	7.409.914	C-67	598.563	7.409.723	E-059	606.046	7.410.956
A-03	598.032	7.409.929	C-68	598.588	7.409.731	E-060	606.051	7.410.960
A-04	598.066	7.409.720	C-69	598.602	7.409.736	E-061	606.044	7.410.960
A-05	598.004	7.409.777	C-70	598.609	7.409.691	E-062	606.050	7.410.966
A-06	597.867	7.409.701	C-71	598.602	7.409.695	E-063	606.054	7.410.970
A-07	597.031	7.409.692	C-72	598.575	7.409.725	E-064	606.042	7.410.968
A-08	597.052	7.409.693	C-74	598.105	7.409.481	E-065	606.029	7.410.940
A-09	597.055	7.409.705	C-75	598.098	7.409.481	E-066	606.021	7.410.910
A-10	597.087	7.409.700	C-76	598.109	7.409.492	E-067	606.023	7.410.909
A-11	597.201	7.409.691	C-77	598.102	7.409.488	E-068	606.024	7.410.911
A-12	597.223	7.409.975	C-78	598.469	7.409.679	E-069	606.021	7.410.912

⁸ La serie E se compone de 197 individuos hasta diciembre 2024. En noviembre 2022, marzo de 2023 se suspendieron las campañas por motivos técnicos y climáticos, respectivamente. Además, en junio 2023 hubo restricciones de acceso al pueblo, por lo que no se pudo completar la totalidad del monitoreo. Debido a esto, el número de individuos en pie varía mensualmente.

Tabla 4-1. Ubicación de los individuos de *N. alba* monitoreados en la quebrada de Camar (Datum WGS84 Huso 19S)

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
A-13	597.288	7.409.962	C-79	598.469	7.409.679	E-070	606.018	7.410.915
A-14	597.286	7.409.993	D-01	599.662	7.409.953	E-071	606.019	7.410.917
A-15	597.260	7.409.999	D-02	599.297	7.409.919	E-072	606.014	7.410.895
A-16	597.582	7.409.925	D-03	599.294	7.409.926	E-073	606.008	7.410.893
A-17	597.603	7.409.916	D-04	599.278	7.409.953	E-074	606.005	7.410.891
A-18	597.621	7.409.920	D-05*	599.277	7.409.966	E-075	605.998	7.410.898
A-19	597.621	7.409.913	D-06	599.282	7.410.001	E-076	605.952	7.410.788
A-20	597.627	7.409.921	D-07	599.227	7.410.004	E-077	605.959	7.410.780
A-21	597.632	7.409.915	D-08	599.204	7.409.970	E-078	605.845	7.410.745
A-22	597.634	7.409.921	D-09	599.070	7.409.990	E-079	605.833	7.410.743
A-23	597.645	7.409.915	D-10	598.731	7.409.609	E-080	605.807	7.410.778
A-24	597.649	7.409.924	D-11	598.693	7.409.626	E-081	605.814	7.410.786
A-25	597.655	7.409.919	D-12	598.710	7.409.682	E-082	605.772	7.410.776
A-26	597.665	7.409.923	D-13	598.570	7.409.716	E-083	605.766	7.410.789
A-27	597.679	7.409.918	D-14	598.603	7.409.715	E-085	606.038	7.410.912
A-28	597.683	7.409.912	D-15	598.610	7.409.710	E-086	606.040	7.410.915
A-29	597.747	7.409.936	D-16	598.562	7.409.705	E-087	605.556	7.410.590
A-30	597.788	7.409.952	D-17	598.540	7.409.679	E-088	605.563	7.410.582
A-31	597.792	7.409.953	D-18	598.578	7.409.639	E-089	605.561	7.410.584
A-32	598.738	7.409.919	D-19	598.564	7.409.621	E-090	605.498	7.410.577
A-33	598.759	7.409.902	D-20	598.550	7.409.624	E-091	605.497	7.410.576
A-34	598.819	7.409.920	D-21	598.537	7.409.626	E-092	605.495	7.410.569
A-35	598.848	7.409.926	D-22	598.529	7.409.626	E-093	605.495	7.410.563
A-36	598.732	7.409.766	D-23	598.523	7.409.610	E-094	605.509	7.410.561
A-37	598.698	7.409.766	D-24	598.098	7.409.448	E-095	605.494	7.410.559
A-38	598.677	7.409.695	D-25	598.160	7.409.501	E-096	605.493	7.410.561
A-39	598.670	7.409.699	D-26	598.113	7.409.457	E-097	605.489	7.410.563
A-40	598.574	7.409.693	D-27	598.112	7.409.453	E-098	605.484	7.410.567
A-41	598.469	7.409.677	D-28	598.055	7.409.879	E-099	605.485	7.410.558

Tabla 4-1. Ubicación de los individuos de *N. alba* monitoreados en la quebrada de Camar (Datum WGS84 Huso 19S)

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
A-42	598.403	7.409.674	D-29	598.107	7.409.900	E-100	605.484	7.410.549
A-43	598.432	7.409.734	D-30	598.086	7.409.861	E-101	605.486	7.410.550
A-44	598.449	7.409.740	D-31	598.078	7.409.798	E-102	605.482	7.410.548
A-45	598.488	7.409.746	D-32	598.111	7.409.491	E-103	605.439	7.410.545
A-46	598.492	7.409.741	D-33	598.103	7.409.488	E-104	605.436	7.410.548
A-47	598.581	7.409.758	D-34	598.695	7.409.708	E-108	605.297	7.410.425
A-48	598.314	7.409.784	D-35	598.660	7.409.717	E-109	605.295	7.410.415
A-49	598.579	7.409.683	D-36	599.272	7.409.965	E-110	605.305	7.410.418
A-50	598.543	7.409.660	D-37	599.230	7.409.982	E-111	605.303	7.410.418
A-51	598.491	7.409.653	D-38	598.117	7.410.175	E-112	605.308	7.410.411
A-52	598.483	7.409.654	D-39	598.116	7.410.182	E-113	605.305	7.410.406
A-53	598.414	7.409.660	D-40	598.119	7.410.189	E-114	605.307	7.410.403
A-54	598.419	7.409.645	D-41	598.118	7.410.190	E-115	605.304	7.410.393
A-55	598.388	7.409.586	D-42	598.118	7.410.207	E-116	605.322	7.410.402
A-56	598.359	7.409.612	D-43	598.117	7.410.214	E-117	605.324	7.410.401
A-57	598.341	7.409.607	D-45	598.189	7.409.866	E-118	605.326	7.410.400
A-58	598.407	7.409.807	D-46	598.516	7.409.637	E-119	605.330	7.410.403
A-59	597.880	7.409.705	D-47	598.509	7.409.661	E-120	605.313	7.410.411
A-60	597.318	7.409.687	D-48	598.679	7.409.705	E-121	605.311	7.410.414
A-61	597.595	7.409.927	D-49	598.728	7.409.637	E-122	605.310	7.410.416
A-62	597.697	7.409.914	D-50	598.745	7.409.632	E-123	605.307	7.410.422
A-63	597.715	7.409.919	D-51	598.760	7.409.662	E-124	605.305	7.410.426
A-64	597.703	7.409.910	D-52	598.755	7.409.668	E-125	605.313	7.410.423
A-65	597.718	7.409.904	D-53	598.795	7.409.663	E-126	605.316	7.410.418
A-66	597.731	7.409.907	D-54	598.822	7.409.679	E-127	605.319	7.410.425
A-67	597.746	7.409.922	D-55	598.810	7.409.698	E-128	605.318	7.410.425
A-68	597.767	7.409.938	D-56	598.829	7.409.702	E-129	605.324	7.410.414
A-69	598.076	7.409.878	D-57	598.741	7.409.692	E-130	605.390	7.410.434
A-70	598.028	7.409.873	D-58	599.249	7.409.977	E-132	605.468	7.410.532

Tabla 4-1. Ubicación de los individuos de *N. alba* monitoreados en la quebrada de Camar (Datum WGS84 Huso 19S)

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
A-71	597.817	7.409.786	D-59	601.641	7.410.610	E-133	605.476	7.410.527
AX-01	598.305	7.409.804	D-60	599.289	7.409.931	E-134	605.472	7.410.529
AX-02	597.020	7.409.942	D-61	598.987	7.409.858	E-135	604.455	7.411.156
AX-03	597.037	7.409.920	D-62	598.743	7.409.654	E-137	603.033	7.411.234
AX-76	597.609	7.409.906	D-63	598.714	7.409.620	E-138	603.606	7.411.329
B-01	598.922	7.409.874	D-64	599.100	7.409.867	E-139	603.585	7.411.343
B-02	599.016	7.409.889	D-65	599.076	7.409.951	E-140	604.510	7.411.144
B-03	599.710	7.409.937	D-66	599.083	7.409.874	E-141	603.675	7.411.341
B-04	600.761	7.410.288	D-67	598.742	7.409.681	E-142	603.724	7.411.353
B-05	601.215	7.410.461	D-68	598.114	7.410.168	E-143	603.733	7.411.365
B-06	601.266	7.410.440	D-69	598.138	7.409.964	E-144	606.042	7.410.953
B-07	601.306	7.410.495	D-70*	598.180	7.409.952	E-145	606.048	7.410.944
B-08	601.379	7.410.552	D-71	599.083	7.409.873	E-146	606.051	7.410.921
B-09	601.420	7.410.585	D-72	599.015	7.409.861	E-147	606.018	7.410.911
B-10	601.403	7.410.509	D-73	598.997	7.409.858	E-148	605.873	7.410.732
B-11	601.603	7.410.548	D-74	598.944	7.409.853	E-149	605.975	7.411.097
B-12	601.635	7.410.587	D-75	598.488	7.409.686	E-150	605.971	7.411.097
B-13	601.683	7.410.612	D-76	598.502	7.409.655	E-151	605.993	7.411.112
B-14	601.711	7.410.666	D-77	598.704	7.409.632	E-152	605.937	7.411.151
B-15	601.710	7.410.672	D-78	598.766	7.409.642	E-153	605.932	7.411.156
B-16	601.856	7.410.736	D-79	598.750	7.409.652	E-154	605.925	7.411.155
B-17	601.972	7.410.806	D-80	598.664	7.409.601	E-155	605.923	7.411.161
B-18	602.174	7.410.934	D-81	598.703	7.409.537	E-156	605.522	7.411.221
B-19	602.256	7.410.943	D-82	598.942	7.409.788	E-157	605.522	7.411.220
B-20	602.261	7.410.998	D-83	598.950	7.409.740	E-158	605.306	7.411.156
B-21	602.313	7.410.998	D-83B	598.949	7.409.738	E-159	604.850	7.411.570
BX-01	602.298	7.411.023	D-84	598.740	7.409.726	E-160	604.743	7.411.332
C-01	598.556	7.409.676	D-85	598.116	7.410.127	E-161	606.043	7.410.945
C-02	598.553	7.409.678	D-86	598.760	7.409.733	E-162	605.165	7.411.340

Tabla 4-1. Ubicación de los individuos de *N. alba* monitoreados en la quebrada de Camar (Datum WGS84 Huso 19S)

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
C-03	598.559	7.409.682	D-87	598.303	7.409.801	E-163	604.990	7.411.468
C-04	598.559	7.409.682	D-88	598.998	7.409.774	E-164	604.745	7.411.334
C-05	598.561	7.409.683	D-89	598.931	7.409.759	E-165	604.489	7.411.159
C-06	598.567	7.409.681	D-90	602.267	7.410.969	E-166	605.975	7.411.096
C-07	598.568	7.409.678	D-91	598.197	7.409.995	E-167	606.058	7.410.915
C-08	598.570	7.409.679	D-92	598.734	7.409.656	E-168	606.057	7.410.912
C-09	598.577	7.409.681	D-93	598.186	7.409.980	E-169	605.977	7.411.091
C-10	598.588	7.409.673	E-001	606.029	7.411.124	E-170	605.040	7.411.515
C-11	598.587	7.409.674	E-002	605.751	7.411.098	E-171	603.458	7.411.354
C-12	598.586	7.409.673	E-003	605.752	7.411.099	E-172	606.047	7.410.952
C-13A	598.593	7.409.689	E-004	605.648	7.411.143	E-173	606.044	7.410.954
C-13B	598.586	7.409.688	E-005	605.574	7.411.225	E-174	605.069	7.411.397
C-14	598.602	7.409.693	E-006	605.555	7.411.222	E-175	604.831	7.411.559
C-15	598.603	7.409.693	E-007	605.534	7.411.243	E-176	604.731	7.411.567
C-16	598.618	7.409.703	E-008	605.513	7.411.217	E-177	604.691	7.411.544
C-17	598.623	7.409.690	E-009	605.392	7.411.271	E-178	604.840	7.411.567
C-18	598.624	7.409.692	E-010	605.342	7.411.255	E-179	605.161	7.411.344
C-19	598.630	7.409.704	E-011	605.157	7.411.342	E-180	604.744	7.411.325
C-20	598.539	7.409.722	E-013	605.163	7.411.368	E-181	605.626	7.411.209
C-21	598.557	7.409.718	E-014	604.976	7.411.510	E-182	605.624	7.411.221
C-22	598.560	7.409.720	E-015	604.863	7.411.556	E-183	605.626	7.411.215
C-23	598.595	7.409.728	E-016	604.835	7.411.561	E-184	605.662	7.411.161
C-24	598.595	7.409.721	E-017	604.820	7.411.568	E-185	605.976	7.411.097
C-25	598.599	7.409.719	E-018	604.725	7.411.511	E-186	605.974	7.411.099
C-26	598.606	7.409.726	E-019	604.818	7.411.448	E-187	605.629	7.411.089
C-27	598.598	7.409.709	E-020	604.744	7.411.349	E-188	605.629	7.411.090
C-28	598.614	7.409.713	E-021	604.553	7.411.155	E-190	606.053	7.410.957
C-29	598.625	7.409.722	E-022	604.553	7.411.155	E-191	605.965	7.411.108
C-30	598.620	7.409.721	E-023	604.555	7.411.161	E-192	606.046	7.410.966

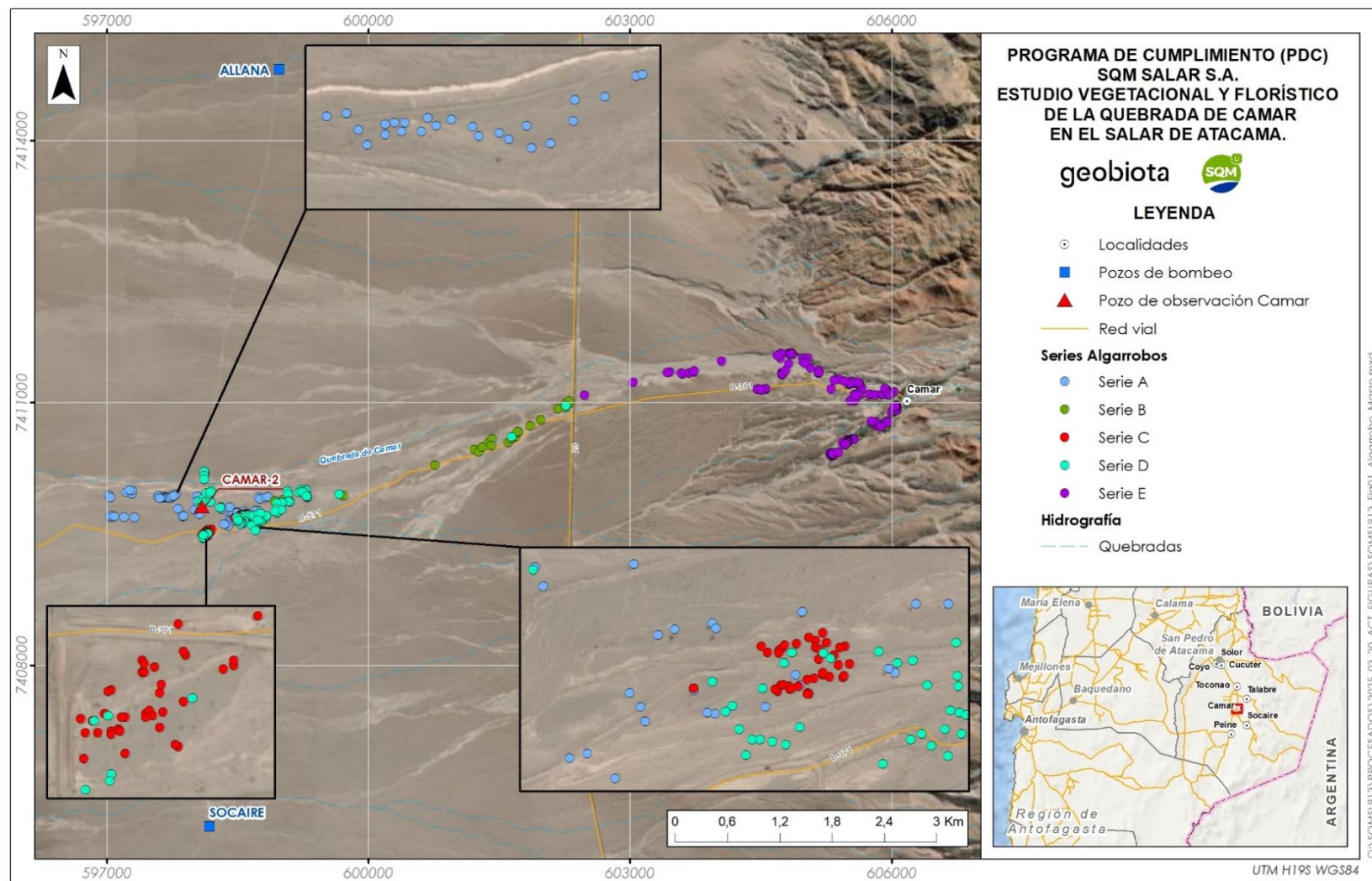
Tabla 4-1. Ubicación de los individuos de *N. alba* monitoreados en la quebrada de Camar (Datum WGS84 Huso 19S)

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
C-31	598.097	7.409.466	E-024	605.524	7.411.020	E-193	604.047	7.411.474
C-32	598.113	7.409.482	E-025	605.577	7.411.022	E-194	605.459	7.411.243
C-33	598.113	7.409.480	E-026	605.577	7.411.040	E-195	604.747	7.411.329
C-34	598.117	7.409.483	E-027	605.574	7.411.097	E-196	606.043	7.410.945
C-35	598.118	7.409.482	E-028	605.608	7.411.093	E-197	606.047	7.410.968
C-36	598.121	7.409.469	E-029	605.811	7.411.093	E-198	606.044	7.410.967
C-37	598.121	7.409.490	E-030	605.885	7.411.098	E-199	605.973	7.411.092
C-38	598.119	7.409.490	E-031	605.891	7.411.099	E-200	603.426	7.411.349
C-39	598.133	7.409.492	E-032	605.894	7.411.099	E-201	602.479	7.411.086
C-40	598.135	7.409.494	E-033	605.970	7.411.100	E-202	604.983	7.411.471
C-41	598.133	7.409.490	E-034	605.972	7.411.097	E-203	604.849	7.411.562
C-42	598.137	7.409.491	E-035	605.975	7.411.099	E-204	604.782	7.411.368
C-43	598.141	7.409.484	E-036	605.977	7.411.101	E-205	606.041	7.410.962
C-44	598.152	7.409.473	E-037	605.971	7.411.096	E-206	606.040	7.410.963
C-45	598.150	7.409.474	E-038	605.968	7.411.096	E-207	606.040	7.410.963
C-46	598.155	7.409.499	E-039	605.975	7.411.097	E-208	606.037	7.410.965
C-47	598.184	7.409.520	E-040	605.971	7.411.092	E-209	606.037	7.410.966
C-48	598.184	7.409.523	E-041	605.973	7.411.098	E-210	606.037	7.410.966
C-49	598.198	7.409.549	E-042	605.975	7.411.098	E-211	606.052	7.410.954
C-50	598.152	7.409.544	E-043	605.977	7.411.099	E-212	606.051	7.410.955
C-51	598.156	7.409.526	E-044	605.975	7.411.099	E-213	606.054	7.410.952
C-52	598.155	7.409.528	E-045	605.972	7.411.100	E-214	605.004	7.411.451
C-53	598.138	7.409.519	E-046	605.974	7.411.097	E-215	605.589	7.411.087
C-54	598.131	7.409.523	E-047	606.040	7.410.946	E-216	605.627	7.411.218
C-55	598.132	7.409.521	E-048	606.041	7.410.951	E-217	605.610	7.411.235
C-56	598.131	7.409.516	E-049	606.040	7.410.949	E-218	606.041	7.410.942
C-57	598.132	7.409.516	E-050	606.036	7.410.954	E-219	606.037	7.410.966
C-58	598.113	7.409.506	E-051	606.034	7.410.959	E-220	606.039	7.410.965
C-59	598.111	7.409.505	E-052	606.033	7.410.957	E-221	606.036	7.410.962

Tabla 4-1. Ubicación de los individuos de *N. alba* monitoreados en la quebrada de Camar (Datum WGS84 Huso 19S)

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
C-60	598.095	7.409.489	E-053-A	606.047	7.410.951	E-222	606.054	7.410.947
C-61	598.143	7.409.493	E-053-B	606.047	7.410.951	E-223	606.040	7.410.965
C-62	598.141	7.409.504	E-054	606.046	7.410.951	E-224	605.972	7.411.093
C-63	598.178	7.409.518	E-055	606.039	7.410.946	E-225	606.048	7.410.943
C-64	598.142	7.409.509	E-056	606.043	7.410.944	E-226	605.975	7.411.095
C-65	598.545	7.409.716	E-057	606.051	7.410.951	-	-	-

Fuente: geobiota, 2025.

Figura 4-2. Ubicación de los ejemplares de *Neltuma alba* monitoreados

Fuente: geobiota, 2025.

4.2.1.2 Ejemplares de algarrobo con mediciones del estado fisiológico

Las mediciones del potencial hídrico y conductancia estomática se realizan en un grupo de 18 individuos de la serie A, un grupo de 9 ejemplares de la serie B, 2 de la serie AX y 1 individuo para las series C y D, respectivamente.

Cabe destacar que, los individuos monitoreados, están distribuidos aguas arriba y aguas abajo de la tubería de agua superficial, y algunos individuos cuentan con un sistema de riego implementado en razón a la Acción N° 28⁹ del PdC. En la siguiente Tabla 4-2 se indican los individuos de Algarrobos en los cuales se determina su estado fisiológico y en la Figura 4-3 se visualiza su distribución espacial.

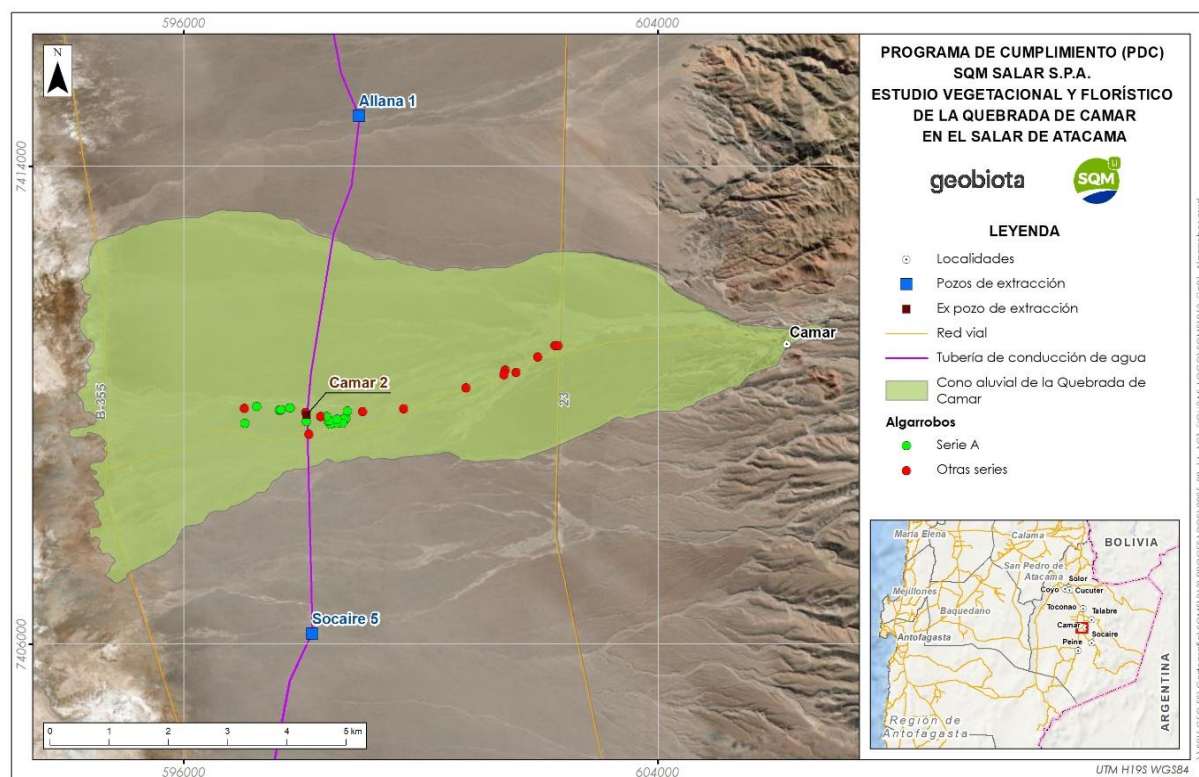
Tabla 4-2. Ubicación de los individuos de Algarrobos monitoreados (Datum WGS84 Huso 19S)

Punto	Coordenadas UTM		Sistema de riego	Punto	Coordenadas UTM		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: geobiota, 2025.

⁹ Implementar programa de riego de los algarrobos que forman parte del monitoreo comprometido en la RCA N° 226/2006.

Figura 4-3. Distribución de los individuos de Algarrobo con mediciones de potencial hídrico y conductancia estomática

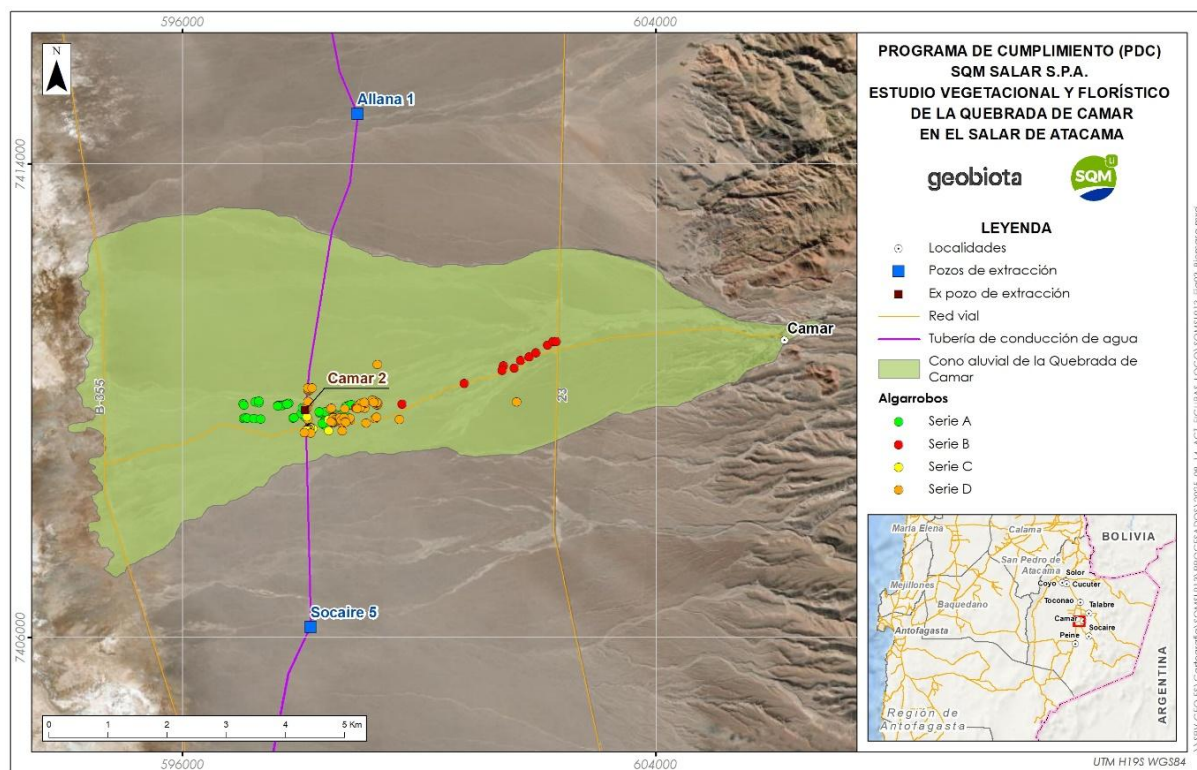


Fuente: geobiota, 2025.

4.2.1.3 Ejemplares de algarrobo con mediciones de variables dendrométricas

Para la medición de las variables dendrométricas y estimación de la biomasa aérea, se han monitoreado todos los individuos distribuidos en el cono aluvial de la quebrada de Camar de las series A, B, C y D. En la Tabla 4-1 se identifican los individuos y sus coordenadas de ubicación (coordenadas UTM, WGS84 Huso 19S), además su distribución espacial se presenta en la Figura 4-4.

Figura 4-4. Distribución de los individuos de Algarrobo con mediciones de biomasa



Fuente: geobiota, 2025.

4.2.2 Parámetros evaluados

Los parámetros utilizados para caracterizar las variables ambientales correspondientes a los individuos de algarrobo se resumen a continuación:

Tabla 4-3. Parámetros y metodologías utilizadas para la caracterización de la flora y vegetación

Variable	Parámetro	Metodologías utilizadas
Individuos de <i>Neltuma alba</i>	Vitalidad	Descripción visual
	Porcentaje de copa viva	Mediciones de potencial hídrico y conductancia estomática
	Fenología	
	Etapas de crecimiento	Medición en terreno de variables dendrométricas
	Daño (afectación antrópica y animal)	
	Potencial hídrico y conductancia estomática	
	Variables dendrométricas	

Fuente: geobiota, 2025

Los parámetros evaluados y la metodología utilizada para estimar el estado vital de los individuos son los descritos en el Plan de Seguimiento Ambiental del Proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en

el Salar de Atacama”, y corresponden a las variables vitalidad, porcentaje de copa viva, estado fenológico, etapa de crecimiento, altura y daño (antrópico u animal), cada una de ellas es descrita a continuación, en la Tabla 4-4, Tabla 4-5, Tabla 4-6, Tabla 4-7 y Tabla 4-8, respectivamente:

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

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

Fuente: RCA N° 226 de 2006. Proyecto “Cambios mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama” considerando 10.3.2.2 letra (d).

Tabla 4-5. Escalas utilizadas para clasificar la copa viva de las plantas

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

Fuente: RCA N° 226 de 2006. Proyecto “Cambios mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama”

Tabla 4-6. Categorías utilizadas para la descripción de estado fenológico

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

Fuente: RCA N° 226 de 2006. Proyecto “Cambios mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama”

Tabla 4-7. Categorías utilizadas para la descripción de la altura del ejemplar

Código	Altura del ejemplar (m)
0	0 - 0,25
1	0,25 - 0,5
2	0,5 - 1
3	1 - 2
4	2 - 4
5	5 - 6
6	6 - 8
7	8 - 10
8	10 - 12

Fuente: RCA N° 226 de 2006. Proyecto "Cambios mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama"

En forma complementaria a lo establecido en la RCA N° 226/2006, y a partir de informes correspondientes al Programa de cumplimiento¹⁰, se describe también el parámetro Etapa de crecimiento de acuerdo con las categorías que se presentan en la Tabla 4-8. La etapa de crecimiento se refiere a las distintas etapas de desarrollo que cumple un individuo en su ciclo de vida, desde la etapa de regeneración hasta alcanzar la etapa de senescencia. Cabe destacar que, al describir el desarrollo biológico de un individuo, estas categorías corresponden a etapas graduales y evolutivas, por lo tanto, un individuo en etapa adulta no puede retroceder a etapa juvenil ni regeneración. Se incluye la categoría Seco, a pesar de no ser una etapa del desarrollo en sí, se utiliza para describir a los individuos que no poseen evidencias de vitalidad, follaje verde y estructuras reproductivas.

Tabla 4-8. Categorías utilizadas para la etapa de crecimiento

Código	Etapa de crecimiento	Criterio
1	Regeneración	Corresponde a un individuo originado a partir de la germinación de una semilla y recientemente establecido en terreno, con a lo más un año de establecimiento en el lugar. Se caracterizan por tener un tallo (brote) único sin desarrollo de ramificaciones (brotes laterales). No presenta señales de nudos en los tallos asociados a crecimientos vegetativos de temporadas anteriores.
2	Juvenil	Corresponde a un individuo que presenta un desarrollo que se manifiesta con mayor crecimiento en altura y diámetro habiendo ya superado la fase inicial de establecimiento en terreno. Son aquellos ejemplares con más de un año de crecimiento en terreno. Estos ejemplares independientes de su altura no han alcanzado su madurez reproductiva, por lo cual el crecimiento se manifiesta únicamente con nuevos brotes y hojas, pero sin presencia de estructuras reproductivas (ni flores ni frutos).
3	Adulto	Individuos que presentan mayor desarrollo en altura y diámetros de troncos en general por sobre 2 cm. Su principal característica es que han alcanzado su madurez reproductiva y

¹⁰ "Estudio Vegetacional y florístico de la Quebrada de Camar en el Salar de Atacama". Anexo 2.1.1 del Programa de cumplimiento.

Tabla 4-8. Categorías utilizadas para la etapa de crecimiento

Código	Etapas de crecimiento	Criterio
		producen flores y/o frutos cuando las condiciones ambientales son favorables. Esta categoría es independiente de la altura de los individuos.
4	Senescente	Individuo normalmente adulto en la etapa más avanzada de su ciclo de vida. Normalmente estos ejemplares se reconocen porque manifiestan pérdida de vigor, tienen apariencia envejecida, son más susceptibles a plagas y/o enfermedades. Pueden mostrar disminución en su altura y volumen de copa, con ramas quebradizas y follaje menos denso.
5	Seco	Individuo que no presenta follaje ni estructuras reproductivas.

Fuente: geobiota, 2025.

Además, el monitoreo mensual considera el registro de la afectación antrópica o natural, ya sea por daño animal (ramoneo) o plagas que puedan haber sufrido los individuos en el periodo de monitoreo. Registrando únicamente aquellos individuos que tienen signos de daño reciente.

Para determinar el estado fisiológico de los individuos de Algarrobos, se realizan mediciones en terreno del potencial hídrico y conductancia estomática en los ejemplares objetivo. El potencial hídrico se mide en dos intervalos del día; pre-alba (hora de pre-alba 6:50 h) de manera de registrar la capacidad de recuperación hídrica de los árboles durante la noche (Acevedo *et al.*, 1985) y al mediodía 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. Para realizar las mediciones de conductancia estomática, se realiza la medición con un porómetro de flujo estacionario que mide la conductancia estomática de las hojas.

Por último, para la estimación de la biomasa, se registran en terreno el diámetro máximo de la copa (mcw), diámetro de copa a los 90° del mcw (cw90) y altura total (ht) en cada individuo de la serie A, B, C y D. 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 0,1 m de altura, en cm.

Dentro del Anexo 10 se exponen, para cada serie de árboles, las variables dendrométricas comprometidas en el marco de la acción N°24 del Programa de Cumplimiento (PdC) y que son parte de las mediciones necesarias para la estimación de la biomasa.

4.2.3 Metodología de muestreo, medición y análisis

4.2.3.1 Estado de vitalidad y sanitario

El monitoreo de algarrobos es realizado a través de prospecciones pedestres del área de estudio y descripciones en terreno de cada individuo en cuanto a las variables antes mencionadas (vitalidad, porcentaje de copa viva, etapa de crecimiento, estado fenológico, altura y daño). En caso de encontrar nuevos individuos en las prospecciones mensuales, estos son censados y debidamente etiquetados para luego ser incorporados al monitoreo. Cabe destacar que los individuos nuevos son incorporados a las series D y E, de acuerdo con el sector donde se encuentren. Si el ejemplar es encontrado al este de la Ruta CH-23 y dentro del pueblo de Camar, es integrado a la serie E de monitoreo, mientras que, de ubicarse en otro sector, es incorporado a la serie D.

4.2.3.2 Potencial hídrico y conductancia estomática

Las mediciones de potencial hídrico 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 guardaron al interior de una bolsa plástica sellada con una capa de papel aluminio (Meyer & Ritchie, 1980).

Cada ramilla se cortó, se desenvolvió y se introdujo inmediatamente en la cámara de presión para medir su potencial hídrico. 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 eligieron dos ramillas y se envolvieron en bolsas plásticas con papel aluminio (Meyer & Ritchie, 1980) durante 1 hora aproximadamente, para equilibrar el potencial hídrico foliar y xilemático para las mediciones realizadas al mediodía. Para el caso de las mediciones en pre-alba cada ramilla se introdujo a la cámara de presión para medir su potencial hídrico entre las 5:45 y 6:45 am. Para el caso de las mediciones al mediodía, el potencial hídrico se midió entre las 12:00 y 13:00 hrs.

Para realizar las mediciones de conductancia estomática, se realiza la medición con un porómetro de flujo estacionario marca Meter, modelo SC-01 que mide la conductancia estomática de las hojas. Los estomas son pequeños poros ubicados en la parte superior e inferior de una hoja y son los responsables de absorber y expulsar 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. Las mediciones se realizan entre las horas de máxima apertura estomática, entre 10:00 y 11:30 horas, en hojas adultas y sanas de exposición Este.

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:

- a. 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.
- b. Individuos ubicados aguas arriba y aguas abajo de la tubería que atraviesa de norte a sur el área de estudio.

c. 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.

4.2.3.3 Estimación de la biomasa

Para estimar la biomasa de la población de algarrobos, 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 de frutos se procedió de la siguiente manera: Cuando los árboles presentaran menos de 100 frutos se realizó un conteo de los frutos en las cuatro exposiciones de la copa de los árboles, y cuando estos presentaban más de 100 frutos, se realizó una estimación mediante el conteo de frutos en un volumen de 0,015m³, (cubo 0,25x0,25x0,25 m) en las cuatro exposiciones de la copa, para luego ser ajustado al total del volumen de la copa previamente calculado. Con los datos obtenidos, se construyó un modelo que permitió obtener el total de frutos para cada individuo, lo cual se ponderó por el peso de cada fruto, utilizando un valor conservador de 5,6 gr/fruto (Sciammaro, *et al.*, 2015) y se obtuvo el peso húmedo de frutos por árbol y el total para la población.

4.3 Evaluación de ejemplares de *Neltuma alba* (ex *Prosopis alba*) (algarrobo) con sistema de riego

4.3.1 Ubicación de los individuos

A continuación, se presentan las coordenadas de ubicación de los ejemplares de *Neltuma alba* sometidos a riego, dentro de la quebrada de Camar (Tabla 4-9).

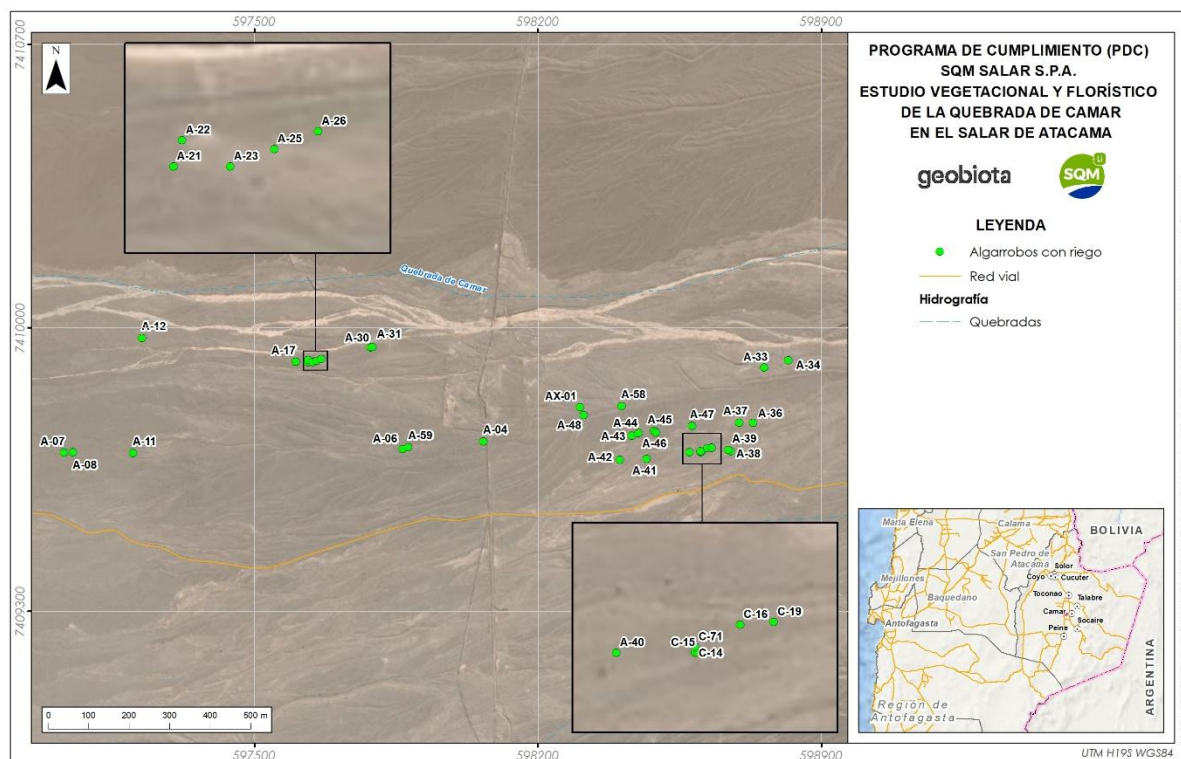
Tabla 4-9. Ubicación georreferenciada de ejemplares de algarrobos con riego (Datum WGS84 Huso 19S)

N°	ID	Coordenadas UTM		N°	ID	Coordenadas UTM	
		Este	Norte			Este	Norte
1	A-04	598.066	7.409.720	20	A-39	598.670	7.409.699
2	A-06	597.867	7.409.701	21	A-40	598.574	7.409.693
3	A-07	597.031	7.409.692	22	A-41	598.469	7.409.677
4	A-08	597.052	7.409.693	23	A-42	598.403	7.409.674
5	A-11	597.201	7.409.691	24	A-43	598.432	7.409.734
6	A-12	597.223	7.409.975	25	A-44	598.449	7.409.740
7	A-17	597.603	7.409.916	26	A-45	598.488	7.409.746
8	A-21	597.632	7.409.915	27	A-46	598.492	7.409.741
9	A-22	597.634	7.409.921	28	A-47	598.581	7.409.758
10	A-23	597.645	7.409.915	29	A-48	598.314	7.409.784
11	A-25	597.655	7.409.919	30	A-58	598.407	7.409.807
12	A-26	597.665	7.409.923	31	A-59	597.880	7.409.705
13	A-30	597.788	7.409.952	32	AX-01	598.305	7.409.804
14	A-31	597.792	7.409.953	33	C-14	598.602	7.409.693
15	A-33	598.759	7.409.902	34	C-15	598.603	7.409.693
16	A-34	598.819	7.409.920	35	C-16	598.618	7.409.703
17	A-36	598.732	7.409.766	36	C-19	598.630	7.409.704
18	A-37	598.698	7.409.766	37	C-71	598.602	7.409.695
19	A-38	598.677	7.409.695	-	-	-	-

Fuente: geobiota, 2025. Anexo 8.

La representación espacial de estos ejemplares se muestra a continuación:

Figura 4-5. Distribución espacial de algarrobos con riego dentro de la quebrada de Camar



Fuente: geobiota, 2025.

4.3.2 Parámetros evaluados

4.3.2.1 Parámetros biológicos

Los parámetros evaluados y la metodología utilizada para estimar el estado vital de los individuos corresponden a los descritos en el Plan de Seguimiento Ambiental del Proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama”. En este marco, se evalúa la vitalidad y el porcentaje de copa viva, cuyas categorías se detallan en la Tabla 4-4 y Tabla 4-5 de la sección 4.2.2.

4.3.2.2 Evaluación del sistema de riego

De acuerdo con lo estipulado en el punto N°3 de la Acción N°28 del PdC, se debe evaluar el estado de los elementos asociados al sistema de riego, con la finalidad de detectar oportunamente fallas, cortes o desperfectos que puedan impactar negativamente en su funcionamiento y por consiguiente a los árboles afectados a riego. Para ello se realiza una inspección visual de los elementos asociados al sistema de riego (válvulas, tuberías y otros). El estado de estos elementos es indicado en los reportes de riego disponibles en el Anexo 8.

4.3.3 Metodología de muestreo, medición y análisis

El monitoreo de los Algarrobos sometidos a riego es realizado a través de prospecciones pedestres del área de estudio y descripciones en terreno de cada individuo en cuanto a las variables antes mencionadas (vitalidad, porcentaje de copa viva y estado de los elementos del riego). El monitoreo es realizado por el equipo de la Gerencia de Medio Ambiente (GMA) de SQM Salar SpA., mientras que los análisis de este informe son realizados por Geobiota.

4.4 Caracterización de la flora y vegetación

En las secciones siguientes se detallan las metodologías empleadas para la caracterización de la vegetación y flora vascular de la quebrada de Camar, cuyos procedimientos son descritos a continuación:

4.4.1 Ubicación de los puntos de monitoreo

Para caracterizar la flora y vegetación, se utilizó un diseño de muestreo que contempla 75 estaciones de monitoreo (225 transectos de flora¹¹), las que corresponden a un punto de coordenadas UTM Datum WGS84 H19, establecido de forma referencial a una unidad de vegetación homogénea o polígono (Tabla 4-10; Figura 4-6). Este busca maximizar la representación en terreno de las unidades vegetacionales identificadas en la segmentación inicial (abril 2021), de manera que todas las formaciones vegetacionales identificadas en la quebrada estuvieran correctamente descritas. En la Tabla 4-11 se presenta el esfuerzo de muestreo por cada formación identificada.

En el Anexo 5, se adjunta listado con los responsables y participantes del seguimiento.

Tabla 4-10. Ubicación de las estaciones de monitoreo de vegetación y flora en la quebrada de Camar (Datum WGS84 Huso 19S)

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
P-001	598.950	7.412.025	P-038	594.563	7.410.455	P-072	594.831	7.409.047
P-002	601.671	7.410.744	P-039	594.695	7.411.923	P-073	594.917	7.408.966
P-003	601.650	7.410.896	P-041	594.707	7.411.384	P-075	595.029	7.408.809
P-005	600.217	7.412.190	P-043	594.713	7.410.854	P-076	595.325	7.408.734
P-006	599.833	7.409.334	P-044	594.792	7.410.969	P-077	595.183	7.408.546
P-007	598.819	7.409.194	P-045	594.852	7.410.591	P-078	595.217	7.408.676
P-008	598.103	7.410.086	P-046	594.642	7.410.287	P-079	594.776	7.408.748
P-011	599.403	7.409.234	P-047	594.459	7.410.146	P-081	594.963	7.408.563

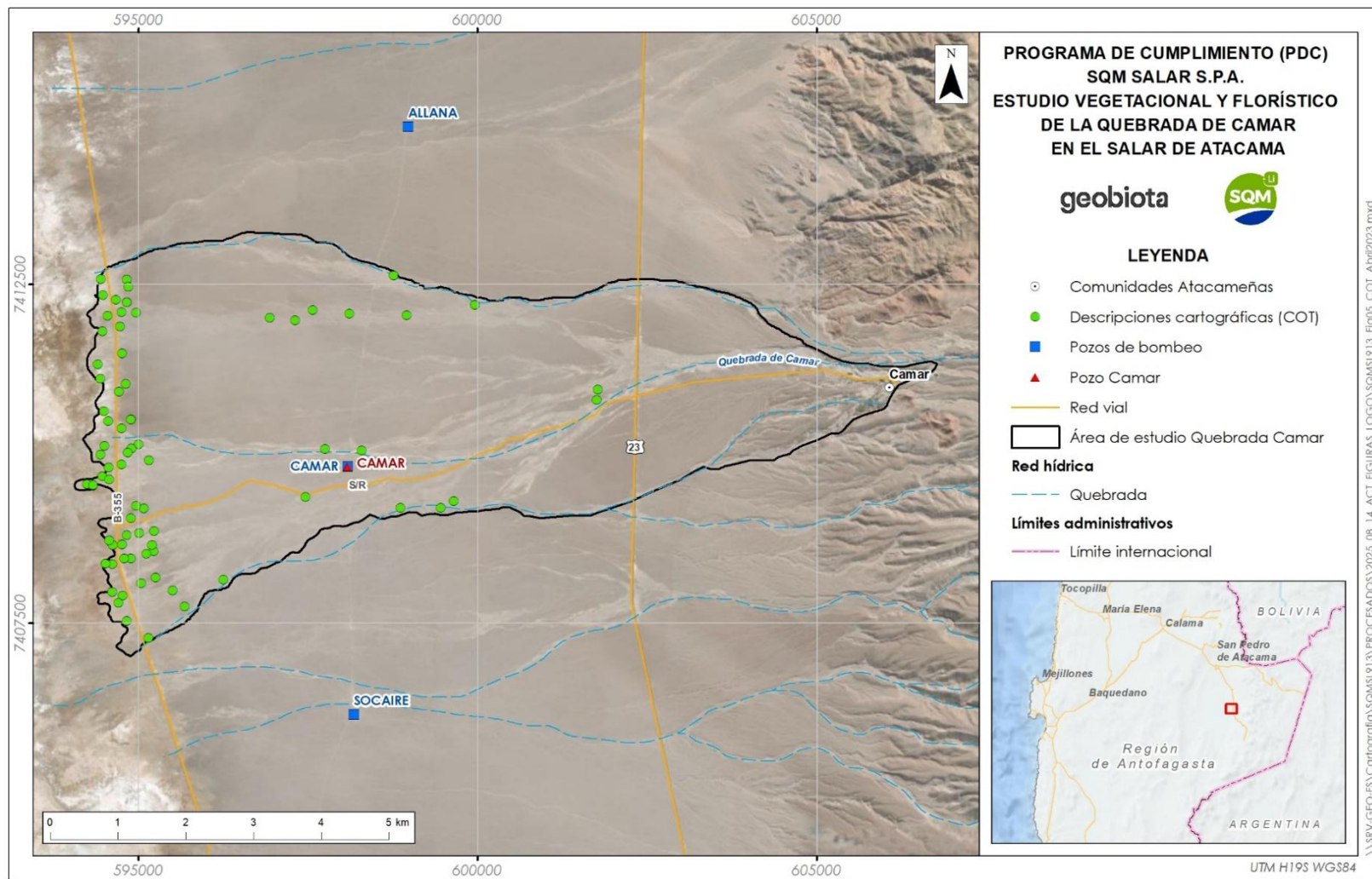
¹¹ Para el presente monitoreo sólo se consideraron los datos de 75 puntos, equivalentes a 225 transectos, a diferencia de las COT (76), que consideran el P-01 realizado a distancia, ya que este se encuentra dentro de un recinto privado.

Tabla 4-10. Ubicación de las estaciones de monitoreo de vegetación y flora en la quebrada de Camar (Datum WGS84 Huso 19S)

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
P-012	594.461	7.412.545	P-048	594.445	7.410.018	P-082	594.960	7.408.389
P-013	594.703	7.412.470	P-050	594.609	7.409.852	P-083	595.107	7.408.284
P-016	596.678	7.412.008	P-051	594.521	7.409.677	P-087	595.614	7.407.943
P-019	597.224	7.411.948	P-052	594.572	7.409.592	P-088	596.136	7.408.125
P-021	597.496	7.412.114	P-054	594.743	7.410.432	P-089	595.627	7.407.665
P-022	597.451	7.410.072	P-055	594.928	7.410.273	P-090	595.209	7.408.056
P-023	594.816	7.412.586	P-056	594.919	7.410.144	P-091	594.980	7.408.177
P-025	594.505	7.412.361	P-057	595.000	7.409.996	P-093	594.552	7.408.319
P-026	594.890	7.412.422	P-058	594.774	7.410.014	P-094	594.570	7.408.436
P-027	594.778	7.412.331	P-060	594.272	7.409.593	P-095	594.512	7.407.884
P-028	594.910	7.412.249	P-061	594.507	7.409.518	P-096	594.785	7.407.895
P-029	594.972	7.412.098	P-064	594.658	7.408.595	P-097	594.669	7.407.707
P-030	594.713	7.412.112	P-065	594.594	7.408.659	P-098	594.950	7.407.495
P-031	594.498	7.411.855	P-067	595.096	7.409.888	P-100	595.152	7.404.285
P-032	594.550	7.412.045	P-068	594.710	7.409.783	P-102	598.028	7.412.068
P-035	594.413	7.411.325	P-069	594.812	7.409.213	P-108	599.039	7.412.505
P-036	594.466	7.411.114	P-070	595.127	7.409.171	-	-	-
P-037	594.514	7.410.618	P-071	594.957	7.409.140	-	-	-

Fuente: geobiota, 2025.

Figura 4-6. Esfuerzo de muestreo de vegetación



Fuente: geobiota, 2025.

Tabla 4-11. Esfuerzo de muestreo campañas primer semestre 2025

Formación vegetacional	N° de observaciones Enero 2025		N° de observaciones Abril 2025	
	Vegetación	Flora	Vegetación	Flora
Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	43	129	45	134
Matorral de <i>Tiquilia atacamensis</i>	6	18	5	15
Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i> – <i>Atriplex imbricata</i>	7	21	8	24
Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> – <i>Ephedra multiflora</i>	7	21	6	18
Pradera de <i>Distichlis spicata</i>	1	3	0	0
Bosque de <i>Neltuma alba</i>	0	0	0	0
Total	64	192	64	192
Zona de vegetación escasa	11	33	11	33
Total	75	225	75	225

Fuente: geobiota, 2025.

4.4.2 Parámetros evaluados

Los parámetros utilizados para caracterizar las variables ambientales de vegetación y flora se resumen a continuación:

Tabla 4-12. Parámetros y metodologías utilizadas para la caracterización de la flora y vegetación

Variable	Parámetro	Metodologías utilizadas
Vegetación de la quebrada de Camar mediante imagen satelital	Cobertura de la vegetación medida como superficie.	Carta de Ocupación de Tierras
	Estado de vitalidad y sanitario	Descripción visual
Flora	Abundancia de especies	3 transectos lineales por estación de monitoreo
	Riqueza de especies	

Fuente: geobiota, 2025.

Los parámetros evaluados para la caracterización de la afectación natural y antrópica en la vegetación y flora se resumen a continuación:

Tabla 4-13. Tipo de afectación

Clasificación	Intervención	Clasificación	Intervención
Natural	Ramoneo/Herbivoría	Antrópica	Contaminación
	Pisoteo/Compactación del Suelo		Tráfico Vehicular
	Nidificación/Refugio		Tráfico humano
	Plagas/patógenos		Extracción de Recursos
			Infraestructura

Fuente: geobiota, 2025.

4.4.3 Metodología de muestreo, medición y análisis

4.4.3.1 Caracterización de la vegetación

Las formaciones vegetacionales de la quebrada de Camar son presentadas en una cartografía del uso actual de suelo mediante el método “Carta de ocupación de tierras” (COT; Etienne y Prado, 1982). La vegetación que se desarrolla en la quebrada fue caracterizada según su estado actual, a través de descriptores de estructura, composición de especies dominantes y grado de artificialización. Un resumen con las etapas de desarrollo de esta metodología se presenta a continuación:

Etapas I: Revisión y recopilación de información. Se revisó la disponibilidad de información temática y cartográfica de la vegetación en la quebrada de Camar, principalmente aquella proveniente del Plan de Seguimiento Ambiental del Proyecto Cambios y Mejoras de la Operación Minera del Salar de Atacama¹².

Etapas II: Elaboración de la cartografía preliminar de vegetación. Se efectuó un proceso de fotointerpretación de imágenes satelitales y de segmentación en unidades cartográficas llamadas unidades de vegetación homogéneas o UVH (polígonos), usando como criterio la similitud de los patrones de textura, color y estructura atribuibles a alguna formación vegetal (e.g. bosque, plantación, matorral, pradera). Se realizó en el Sistema de Información Geográfica (SIG), ArcGIS 10.8, sobre una imagen capturada en abril de 2025, por el satélite WorldView-2. La escala de trabajo utilizada fue de 1:10.000, con una resolución de 2 m para la banda multi-espectral y 0,5 m la pancromática, alcanzando en el fusionado (pansharpening) una resolución de 0,5 m.

Etapas III: Descripciones de las unidades vegetacionales. Se realizó una campaña de terreno durante la estación de verano (enero 2025) y otra en otoño (ejecutada en el mes de abril 2025), en las que participaron cuatro profesionales especialistas (Anexo 5, se detallan los participantes y responsables del monitoreo). El acceso a los polígonos se realizó por vía terrestre, usando camionetas 4x4 y desplazamiento pedestre.

La información registrada correspondió a una estimación visual de la cobertura de las especies dominantes según tipo biológico y estrato de altura. Los rangos de cobertura y altura utilizados por tipo biológico se muestran en la Tabla 4-14 y en la Tabla 4-15, respectivamente.

Tabla 4-14. Rangos y códigos de cobertura

Clases de cobertura (%)	Código	Descripción de cobertura
1 - 5	1	Zona de vegetación escasa (ZVE)
5 - 10	2	Ralo
10 - 25	3	Muy abierto
25 - 50	4	Abierto
50 - 75	5	Semidenso
>75	6	Denso

Fuente: geobiota, 2025.

¹² Aprobado favorablemente por la RCA N° 226/2006 de la Comisión Regional del Medio Ambiente Región de Antofagasta

Tabla 4-15. Rangos de altura por tipo biológico

Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo	Suculento
>20 m	> 2 m	1 – 2 m	>2 m
16 – 20 m	1 – 2 m	0,5 – 1 m	1 – 2 m
12 – 16 m	0,5 – 1 m	0 – 0,5 m	0,5 – 1 m
8 – 12 m	0 – 0,5 m	-	0 – 0,5 m
4 – 8 m	-	-	-
2 – 4 m	-	-	-
<2 m	-	-	-

(-): No aplica rango para el estrato señalado.

Fuente: geobiota, 2025.

Para determinar la vitalidad de la vegetación se evaluó en cada polígono visitado en terreno la condición predominante de los individuos presentes en base a lo descrito en la Tabla 4-16, definiendo categorías de vitalidad con respecto a la presencia de patógenos, proporción de follaje verde y capacidad de producir nuevos brotes y/o estructuras reproductivas dependiendo del momento del ciclo fenológico en el que se encuentran.

Tabla 4-16. Categorías utilizadas para describir la vitalidad y estado sanitario de la vegetación

Categoría de vitalidad	Descripción
Seco	Predominan ejemplares secos que no presentan follaje verde ni estructuras reproductivas de ningún tipo
Muy débil	Predominan ejemplares con escaso follaje verde, sin producción de frutos, se observa ataque de patógenos
Débil	Predominan ejemplares cuyo follaje verde no supera el 50% del individuo, pueden observarse signos leves de ataque de patógenos, capaz de producir algunos frutos
Normal	Predominan ejemplares de crecimiento normal, con gran parte de su follaje verde, con producción de flores y frutos, sin signos de patógenos.
Vigoroso	Predominan ejemplares con abundancia de follaje (entre 75 – 100% de copa verde) y estructuras reproductivas

Fuente: RCA N° 226 de 2006. Proyecto "Cambios mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama".

Etapas IV: Procesamiento de datos y clasificación de la vegetación. Esta etapa permitió sintetizar la información de tipos biológicos, cobertura y altura que caracterizan cada unidad vegetacional descrita en terreno, con el fin de asignarle un nombre. Para ello se contemplan las siguientes actividades:

- d. **Simplificación de la cobertura:** para aquellas unidades cartográficas que presentan varias estratas de un mismo tipo biológico se simplificó la información a fin de obtener un solo porcentaje de recubrimiento promedio por tipo. Para ello se utilizaron los valores extremos medidos en terreno.

- a. Análisis de altura: para caracterizar los distintos tipos biológicos segregados, se analizó la información de altura para las distintas estratas de la vegetación.
- b. Simplificación y clasificación de las formaciones vegetacionales: sobre la base del recubrimiento como criterio de abundancia se establece la dominancia de cada tipo biológico y sus especies dominantes, permitiendo la clasificación de la vegetación en formaciones vegetales (clasificación estructural) y en tipos vegetacionales (clasificación estructural más especies dominantes). El procedimiento se efectúa de manera automatizada mediante un programa diseñado para tal propósito.

Etapas V: Atribución de la información. La atribución consistió en asignar a cada polígono descrito en terreno la descripción del tipo vegetacional correspondiente.

Todas las unidades cartográficas generadas mediante descripción de terreno fueron revisadas según la escala de trabajo reportada y criterios de similitud de tonos y texturas. Para ello se utilizaron herramientas de Sistemas de Información Geográfica (ARCMAP 10.8), las cuales permitieron generar una capa digital que representa los diferentes tipos vegetacionales identificados.

Etapas VI: Producción de la cartografía. Etapa que consistió en la confección de un mapa de la vegetación de la quebrada de Camar con la adecuada representación cartográfica de las unidades identificadas y caracterizadas, para cada periodo de análisis (enero y abril de 2025).

4.4.3.2 Caracterización de la flora vascular

Para la caracterización e identificación de la flora se realizó una evaluación florística de cada unidad vegetacional (polígono), para lo cual se consideró la contribución específica de cada taxa mediante transectos lineales.

En cada unidad vegetacional definida en la Etapa II de la sección anterior (4.3.3.1.), se fijaron tres transectos de 20 m de longitud en sentido este – oeste. Para ello se utilizaron huinchas y GPS demarcando el punto de inicio y fin. En cada uno de los transectos se registraron las especies vegetales u otro tipo de cobertura presente cada 10 cm, de esta manera se obtuvo un total de 200 registros por transecto.

Con los resultados obtenidos se determinaron los parámetros Riqueza y Abundancia medida como cobertura, considerando lo siguiente:

a. Riqueza florística

Se contabilizó la cantidad total de taxa presente en la quebrada de Camar. Para ello, se consideran los taxa que componen la riqueza de acuerdo con los siguientes criterios:

- Registro a nivel específico,
- Infraespecies (subespecies, variedad, forma),
- Registros estrechamente relacionados con un taxa affinis (aff.) y confer (cf.),
- Registro a nivel genérico, sin representación de otra especie para ese género o bien elementos genéricos de grupos muy amplios.

b. Cobertura relativa por especie

La cobertura es utilizada para medir la abundancia de especies, correspondiente a la relación entre la sumatoria de la intersección de cada especie en el transecto y la sumatoria de la intersección de todas las especies.

La cobertura absoluta por transecto (CT_t %) de la vegetación se calcula mediante el número de oportunidades en que ésta fue registrada, según la siguiente fórmula:

$$CT_t = \sum_{i=1}^n CE_{it}$$

Donde;

CT_t = cobertura absoluta del transecto t (%),

CE_{it} = cobertura de la especie i en el transecto t (%), y

n = número de especies en el transecto t.

4.5 Evaluación de parámetros del suelo

4.5.1 Ubicación de los puntos de monitoreo de suelo

4.5.1.1 Monitoreo mensual de CHS

El monitoreo mensual del contenido de humedad del suelo se encuentra asociado a la población de algarrobos que se desarrolla dentro de la quebrada. El muestreo se realiza en las proximidades de 40 individuos que pertenecen al monitoreo de algarrobos, cuyas ubicaciones se muestran en la Tabla 4-17 y Figura 4-7.

Tabla 4-17. Ubicación de los puntos de monitoreo mensual de contenido de humedad del suelo (Datum WGS84 Huso 19S)

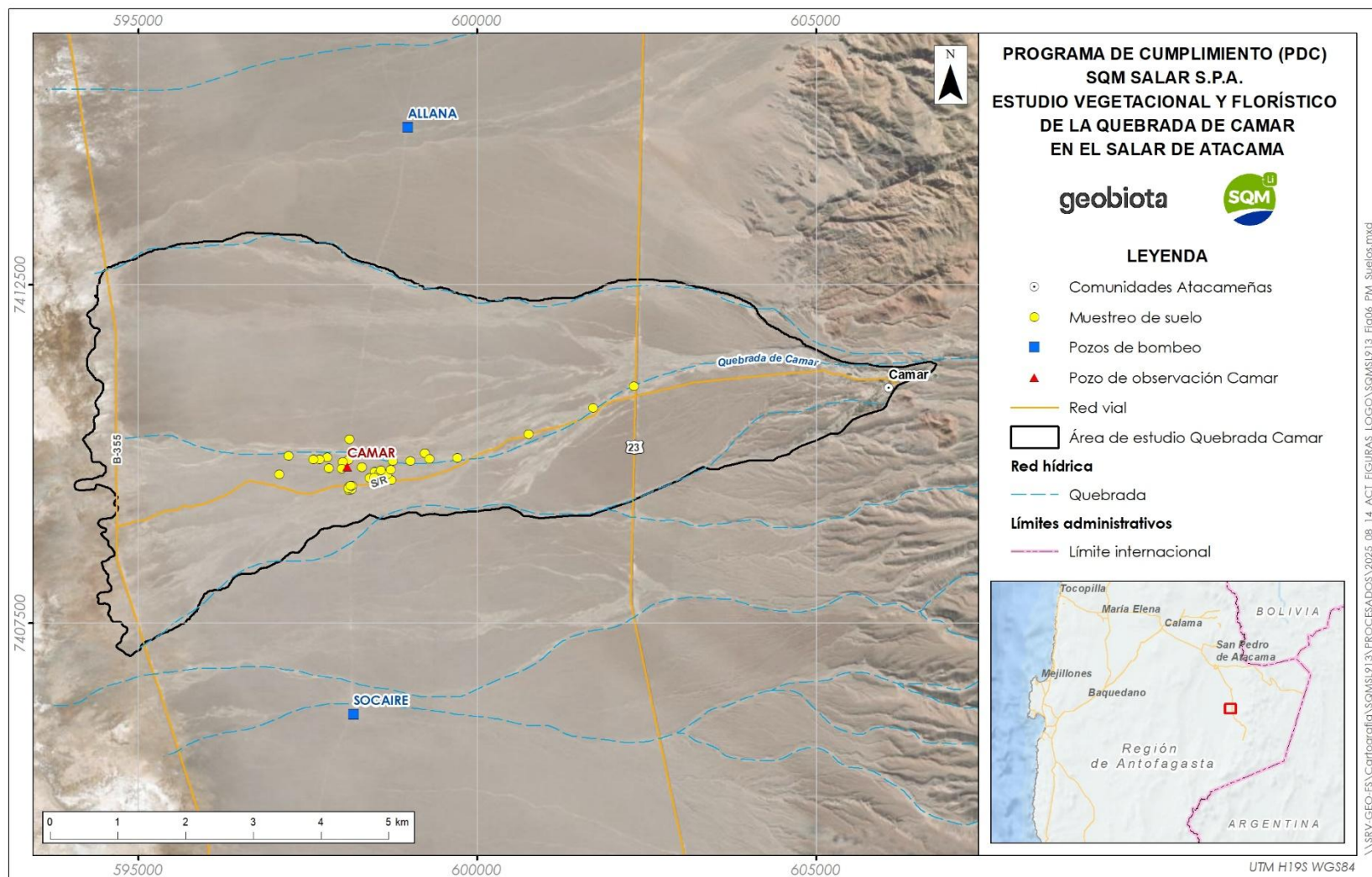
N	N° árbol	Coordenadas UTM		N	N° árbol	Coordenadas UTM	
		Este	Norte			Este	Norte
01	A05	598.000	7.409.770	21	B21	602.313	7.411.000
02	A10	597.084	7.409.690	22	C15	598.603	7.409.690
03	A12	597.220	7.409.970	23	C19	598.630	7.409.700
04	A17	597.603	7.409.916	24	C34	598.117	7.409.480
05	A27	597.676	7.409.910	25	C41	598.133	7.409.490
06	A31	597.789	7.409.950	26	C45	598.150	7.409.470
07	A33	598.756	7.409.890	27	C51	598.156	7.409.530
08	A36	598.727	7.409.760	28	C54	598.131	7.409.520
09	A38	598.674	7.409.690	29	C58	598.113	7.409.510

Tabla 4-17. Ubicación de los puntos de monitoreo mensual de contenido de humedad del suelo (Datum WGS84 Huso 19S)

N	N° árbol	Coordenadas UTM		N	N° árbol	Coordenadas UTM	
		Este	Norte			Este	Norte
10	A46	598.490	7.409.730	30	C66	598.557	7.409.720
11	A47	598.580	7.409.760	31	C72	598.575	7.409.720
12	A51	598.486	7.409.650	32	C77	598.102	7.409.488
13	A54	598.413	7.409.640	33	D02	599.297	7.409.920
14	A70	598.021	7.409.880	34	D07	599.227	7.410.000
15	A71	597.816	7.409.790	35	D10	598.731	7.409.610
16	AX01	598.302	7.409.800	36	D14	598.603	7.409.720
17	B02	599.016	7.409.890	37	D20	598.550	7.409.620
18	B03	599.710	7.409.940	38	D26	598.113	7.409.460
19	B04	600.761	7.410.290	39	D29	598.107	7.409.900
20	B15	601.710	7.410.670	40	D43	598.117	7.410.210

Fuente: geobiota, 2025.

Figura 4-7. Ubicación de los puntos de medición humedad de suelo CHS mensual



Fuente: geobiota, 2025.

4.5.1.2 Monitoreo trimestral (CHS, pH y CE)

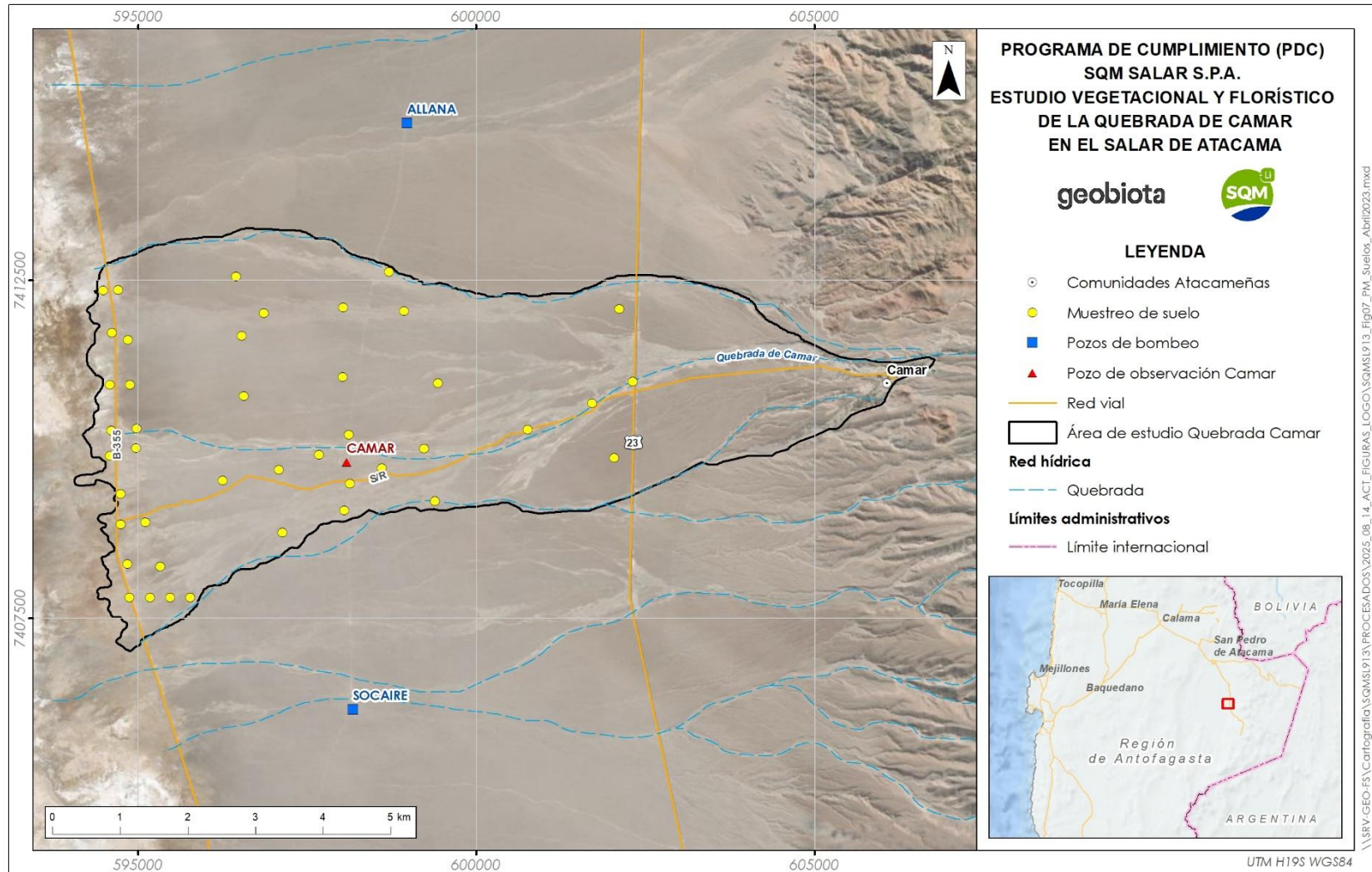
En el caso del monitoreo trimestral, el muestreo se realiza en los alrededores de algunos individuos de algarrobos y, además, se incorporan puntos de muestreo en la zona donde hay mayor desarrollo de vegetación, en el sector más bajo de la quebrada, totalizando en 43 muestras, tal como se establece en la Tabla 4-18 y se ilustra en la Figura 4-8.

Tabla 4-18. Ubicación de los puntos de monitoreo de suelo de la quebrada de Camar (Datum WGS84 Huso 19S)

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
A-10	597.084	7.409.693	CHPCE-10	595.330	7.408.258	CHPCE-25	599.433	7.410.972
A-27	597.676	7.409.910	CHPCE-11	594.838	7.408.302	CHPCE-26	599.390	7.409.226
B-04	600.761	7.410.288	CHPCE-12	594.742	7.409.334	CHPCE-27	602.117	7.412.073
B-15	601.710	7.410.672	CHPCE-13	598.034	7.412.093	CHPCE-28	602.037	7.409.866
B-21	602.313	7.410.998	CHPCE-14	598.709	7.412.622	D-07	599.227	7.410.004
C-41	598.133	7.409.490	CHPCE-15	598.934	7.412.040	D-14	598.603	7.409.715
CHPCE-01	594.609	7.411.718	CHPCE-16	598.050	7.409.090	D-43	598.117	7.410.214
CHPCE-02	594.848	7.411.613	CHPCE-17	597.131	7.408.762	TF-3-01	594.879	7.410.951
CHPCE-03	594.485	7.412.346	CHPCE-18	594.706	7.412.355	TF-3-02	594.579	7.410.951
CHPCE-04	594.981	7.410.302	CHPCE-19	596.253	7.409.530	TF-4-02	595.773	7.407.802
CHPCE-05	594.604	7.410.270	CHPCE-20	596.452	7.412.549	TF-4-03	595.473	7.407.802
CHPCE-06	594.969	7.410.012	CHPCE-21	596.533	7.411.670	TF-4-04	595.173	7.407.801
CHPCE-07	594.580	7.409.901	CHPCE-22	596.857	7.412.007	TF-4-05	594.873	7.407.801
CHPCE-08	595.108	7.408.917	CHPCE-23	598.028	7.411.061	-	-	-
CHPCE-09	594.743	7.408.885	CHPCE-24	596.559	7.410.783	-	-	-

Fuente: geobiota, 2025.

Figura 4-8. Esfuerzo de muestreo de suelo



4.5.2 Parámetros evaluados, metodología de muestreo, medición y análisis

Para la evaluación de las variables de suelo, se realizó la extracción de muestras de suelo en cada estación de monitoreo según lo indicado en la Tabla 4-18. Esta actividad fue realizada en terreno por la empresa ALS Life Sciences Chile¹³, autorizada como Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA) para la toma de muestras de suelo¹⁴. En cada punto se extrajeron muestras de 500 g cada una, a profundidades de 30 y 45 cm, representativas de la zona de mayor acumulación de raíces (suelo mineral superficial).

Las muestras de suelo colectadas en terreno fueron almacenadas en bolsas plásticas herméticas y debidamente rotuladas, para luego ser enviadas a laboratorio de la misma empresa para su análisis. Los métodos de ensayo utilizados para el análisis de muestras en el laboratorio se detallan en la Tabla 4-19.

Tabla 4-19. Métodos de ensayo utilizados en análisis de suelo

Parámetro	Método de Ensayo	Unidades
Conductividad eléctrica del extracto 1:5	MLAB-S-04 Rev.4 Método Basado en INIA 2005 Serie Acta N°30 5.1 Extracto 1:5.	dS/m
pH en agua 1:5	MLAB-S-04 Rev.4 Método Basado en INIA 2005 Serie Acta N°30 5.1 Extracto 1:5	Unidad pH
Humedad	MLAB-S-01 Rev.8 Based on NCh1515.Of79	%

Fuente: geobiota, 2025.

4.6 Materiales y equipos utilizados

En la Tabla 4-19 se resumen los materiales y equipos utilizados para caracterización de cada una de las variables monitoreadas.

El mapa de vegetación se realizó mediante el Sistema de Información Geográfico (SIG) ArcGIS 10.8.2. Los datos se procesaron en Microsoft Excel.

Tabla 4-20. Materiales y equipos utilizados

Variable de medición	Material/equipo utilizado
Censos individuales <i>Neltuma alba</i>	GPS ETREX Tablet Celular con aplicación <i>TimeStamp Camera</i>
Potencial hídrico y conductancia estomática	Porómetro de flujo estacionario marca Meter, modelo SC-01 Cámara fotográfica Cámara de presión Scholander

¹³ Código ETFA 029-03.

¹⁴ A partir de mayo de 2023, la empresa ALS Life Sciences Chile realiza tanto la toma de muestras como el análisis de laboratorio.

Tabla 4-20. Materiales y equipos utilizados

Variable de medición	Material/equipo utilizado
Variables dendrométricas	Forcípula Pie de metro Huincha de medir (30 m) Flexómetro (5 m) Clinómetro Brújula GPS ETREX Celular con aplicación TimeStamp Camera
Vegetación y flora	GPS ETREX Tablet Galaxy tab A7 lite Celular con aplicación <i>TimeStamp Camera</i> Huincha de medir (30 m) Imagen satelital de alta resolución capturada en abril del año 2024
Suelo	GPS Chuzo Pala distintos tamaños Guantes Bolsas herméticas dobles Coolers para el transporte de muestras Celular con aplicación <i>TimeStamp Camera</i>

Fuente: geobiota, 2025.

4.7 Fechas de muestreo

Las fechas de cada campaña de monitoreo realizada en el marco del Programa de Cumplimiento se detallan en Tabla 4-21, Tabla 4-22, Tabla 4-23, Tabla 4-24, Tabla 4-25 y Tabla 4-26.

Tabla 4-21. Fechas de muestreo monitoreo de algarrobos primer semestre 2025

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreo algarrobos – enero 2025	28/01/2025 – 31/01/2025
Monitoreo algarrobos – febrero 2025	25/02/2025 – 28/02/2025
Monitoreo algarrobos – marzo 2025	18/03/2025 – 21/03/2025
Monitoreo algarrobos – abril 2025	22/04/2025 – 25/04/2025
Monitoreo algarrobos – mayo 2025	27/05/2025 – 30/05/2025
Monitoreo algarrobos – junio 2025	24/06/2025 – 27/06/2025

Fuente: geobiota, 2025.

Tabla 4-22. Fechas de monitoreo del estado de los componentes del riego, primer semestre 2025

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreo algarrobos – enero 2025	03/01/2025 – 10/01/2025 – 18/01/2025 – 25/01/2025
Monitoreo algarrobos – febrero 2025	01/02/2025 – 08/02/2025 – 14/02/2025 – 21/02/2025 – 28/02/2025
Monitoreo algarrobos – marzo 2025	07/03/2025 – 14/03/2025 – 21/03/2025 – 28/03/2025
Monitoreo algarrobos – abril 2025	11/04/2025 – 26/04/2025
Monitoreo algarrobos – mayo 2025	09/05/2025 – 24/05/2025
Monitoreo algarrobos – junio 2025	06/06/2025 – 20/06/2025

Fuente: GMA SQM Salar, 2025

Tabla 4-23. Fechas de muestreo potencial hídrico y conductancia estomática primer semestre 2025

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreo fisiología – enero 2025	29/01/2025 – 31/01/2025
Monitoreo fisiología – abril 2025	23/04/2025 – 25/04/2025

Fuente: geobiota, 2025.

Tabla 4-24. Fechas de muestreo medición de variables dendrométricas primer semestre 2025

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreo variables dendrométricas – enero 2025	21/01/2025 – 24/01/2025
Monitoreo variables dendrométricas – abril 2025	01/04/2025 – 04/04/2025

Fuente: geobiota, 2025.

Tabla 4-25. Fechas de muestreo monitoreo de flora y vegetación primer semestre 2025

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreo flora y vegetación – enero 2025	20/01/2025 – 24/01/2025
Monitoreo flora y vegetación – abril 2025	01/04/2025 – 05/04/2025 y 26/04/2025 – 28/04/2025

Fuente: geobiota, 2025

Tabla 4-26. Fechas de muestreo de monitoreo de suelo primer semestre 2025

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreo mensual CHS – enero 2025	28/01/2025 – 29/01/2025
Monitoreo mensual CHS – febrero 2025	25/02/2025 – 26/02/2025
Monitoreo mensual CHS – marzo 2025	18/03/2025 – 19/03/2025

Tabla 4-26. Fechas de muestreo de monitoreo de suelo primer semestre 2025

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreo mensual CHS – abril 2025	22/04/2025 – 23/04/2025
Monitoreo mensual CHS – mayo 2025	27/05/2025 – 28/05/2025
Monitoreo mensual CHS – junio 2025	24/06/2025 – 25/06/2025
Monitoreo trimestral CHS, pH y CE – enero 2025	28/01/2025 – 30/01/2025
Monitoreo trimestral CHS, pH y CE – abril 2025	22/04/2025 y 24/04/2025

Fuente: geobiota, 2025.

5 Resultados

A continuación, se presentan los resultados asociados al monitoreo del primer semestre de 2025 de cada uno de los parámetros y variables ambientales que son objeto de estudio del presente informe.

5.1 Monitoreo de vitalidad de ejemplares de *Neltuma alba* (ex *Prosopis alba*) (algarrobo)

Durante las prospecciones realizadas entre enero y junio de 2025, se han incorporado 25 individuos nuevos al monitoreo, aumentando el universo de 463 individuos monitoreados en diciembre 2024 a 488 individuos de algarrobos hasta la fecha (junio de 2025). Este número total de individuos se desglosa en: individuos en pie (365), desaparecidos (103), individuos *Strombocarpa tamarugo* (17) y trasladados (3). Los individuos en pie corresponden a: 60 individuos de la serie A, 12 individuos de la serie B, 55 individuos de la serie C, 70 individuos de la serie D y 168 individuos de la serie E. Cabe destacar que los individuos desaparecidos, trasladados, o individuos de *Strombocarpa tamarugo*, no se consideran para el análisis de resultados del monitoreo.

De los 25 individuos que se han incorporado durante este período, tres (3) corresponden a la serie D al ubicarse al oeste de la ruta internacional y 22 a la serie E al ubicarse al este de esta ruta, en las cercanías del pueblo de Camar.

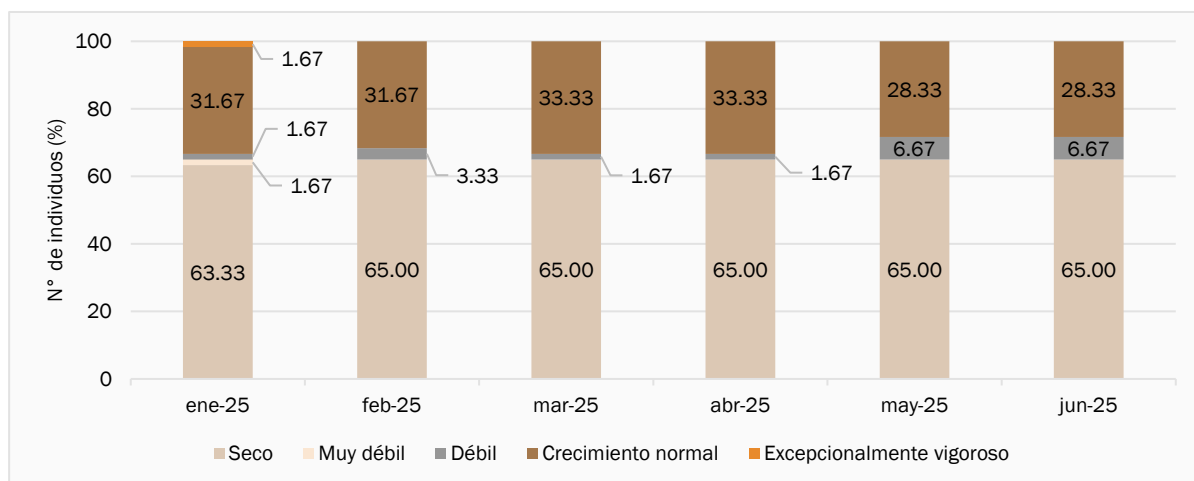
A continuación, se presentan los resultados asociados a la variación mensual que han tenido las variables de vitalidad, porcentaje de copa viva, fenología, etapa de crecimiento y daño, de la población de algarrobos en la quebrada de Camar. La base datos obtenida en las campañas de monitoreo del primer semestre del año 2025 se presentan en el Anexo 1.

5.1.1 Vitalidad

Con respecto a la vitalidad de los ejemplares de algarrobos de la serie A (Figura 5-1), el porcentaje de individuos categorizados como secos en el primer semestre de 2025 presentó un aumento en febrero, el cual se sostuvo hasta junio, pasando de un 63,33% (38 individuos) a un 65% (39 individuos). Cabe destacar que, se consideran individuos secos aquellos que no presentan follaje verde ni estructuras reproductivas de ningún tipo.

Los individuos en estado Muy débil y Ex. vigoroso, representan una baja proporción (1,67% cada una; 1 ejemplar) y se registran solo en el mes de enero. La categoría Débil, se presenta de manera permanente en los diferentes meses, con valores que oscilan entre 1,67% (1 individuos) y 6,67% (4 individuos). En cuanto a la categoría Crecimiento normal, esta se encuentra presente en todos los monitoreos del semestre, y a nivel general, corresponde a la categoría viva con mayor proporción de individuos, oscilando entre 28,33% (17 individuos) y 33,33% (20 individuos) del total.

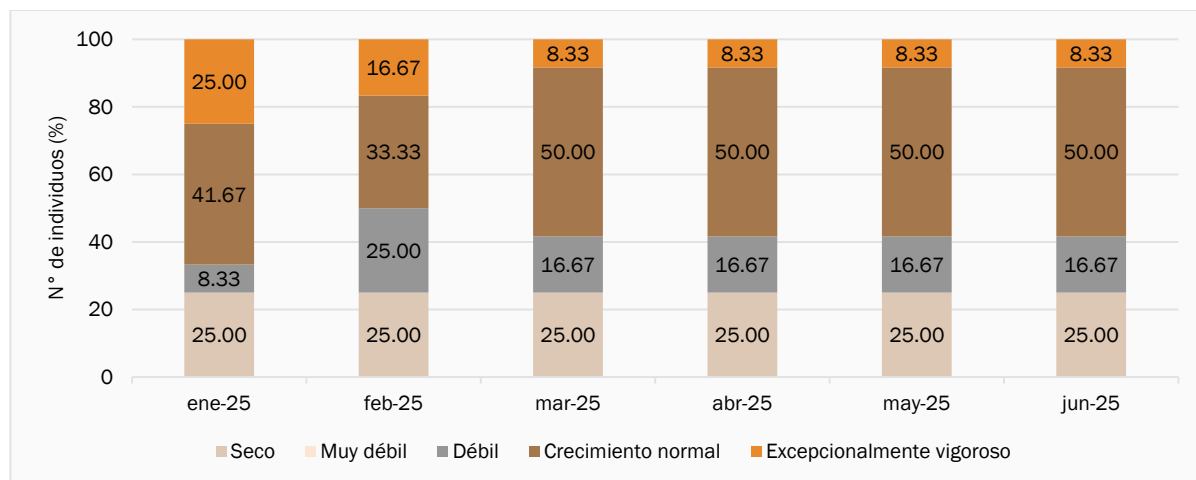
Figura 5-1. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie A



Fuente: geobiota, 2025.

Respecto a la serie B (Figura 5-2), el porcentaje de individuos secos en el primer semestre de 2025 no presenta variaciones, manteniéndose de enero a junio en un 25% (3 ejemplares). La categoría muy débil no presenta individuos durante el primer semestre de 2025. Los individuos en la categoría Débil presentan un aumento de enero a febrero, de un 8,33% (1 individuo) a un 25% (3 individuos), y una disminución de febrero a abril, manteniéndose el resto del semestre en un 16,67% (2 individuos). Por el contrario, la categoría de Crecimiento normal presenta una disminución de enero a febrero, pasando de 41,67% (5 individuos) a 33,33% (4 individuos), y un aumento de febrero a abril, permaneciendo constante el resto del semestre con un 50,00% (6 individuos). La categoría Ex. vigoroso disminuye progresivamente alcanzado su punto mínimo en abril, permaneciendo constante en 8,33% (1 individuo) el resto de los meses. Cabe destacar que dentro de los ejemplares en categoría Ex. vigoroso, se encuentran los individuos B21, B17, B11 y B09 que son considerados árboles “madre” o “plus” según la comunidad de Camar, ya que corresponden a ejemplares de gran altura y crecimiento, además de ser aquellos que otorgan mayor aporte de semillas. Desde el punto de vista técnico, estos individuos inciden positivamente en la media de vitalidad y porcentaje de copa viva de la serie B, no obstante, considerando que la serie está compuesta por 12 ejemplares, su presencia no constituye un sesgo, sino que representa una condición estructural propia de la serie.

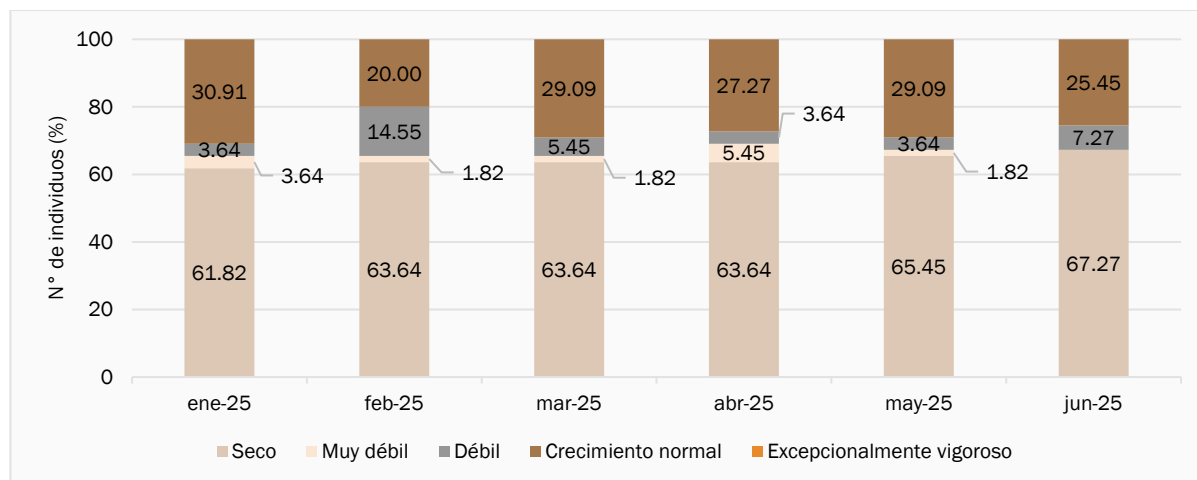
Figura 5-2. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie B



Fuente: geobiota, 2025.

Respecto a la serie C (Figura 5-3), a lo largo del primer semestre los ejemplares secos presentaron un leve aumento, desde un 61,82% (34 ejemplares) registrado en enero del 2025, hasta un 67,27% (37 ejemplares) que presenta en junio de 2025. En cuanto a la categoría Muy débil, varía durante los meses alcanzando su punto máximo en abril con 5,45% (3 individuos) y su punto más bajo en febrero, marzo y mayo con 1,82% (1 individuo). No se registró la categoría Muy débil durante la campaña de junio. La categoría Débil se comporta de forma variable, registra un aumento durante la campaña de febrero, registrando su punto máximo con 14,55% (8 individuos), descendiendo hasta su punto mínimo de 3,64% (2 individuos) y aumentado de nuevo en junio a 7,27% (4 individuos). Por su parte, la categoría de Crecimiento normal osciló entre 20% (11 individuos) a un 30,91% (17 individuos) presentando los valores máximo y mínimo durante enero y febrero respectivamente, finalizando el semestre con un 25,45% (14 individuos) registrado en junio. Cabe mencionar que esta categoría es la segunda de mayor representación durante las campañas, solo después de la categoría seco. Finalmente, durante todo el primer semestre del 2025, la categoría Ex. vigoroso no ha registrado ningún individuo.

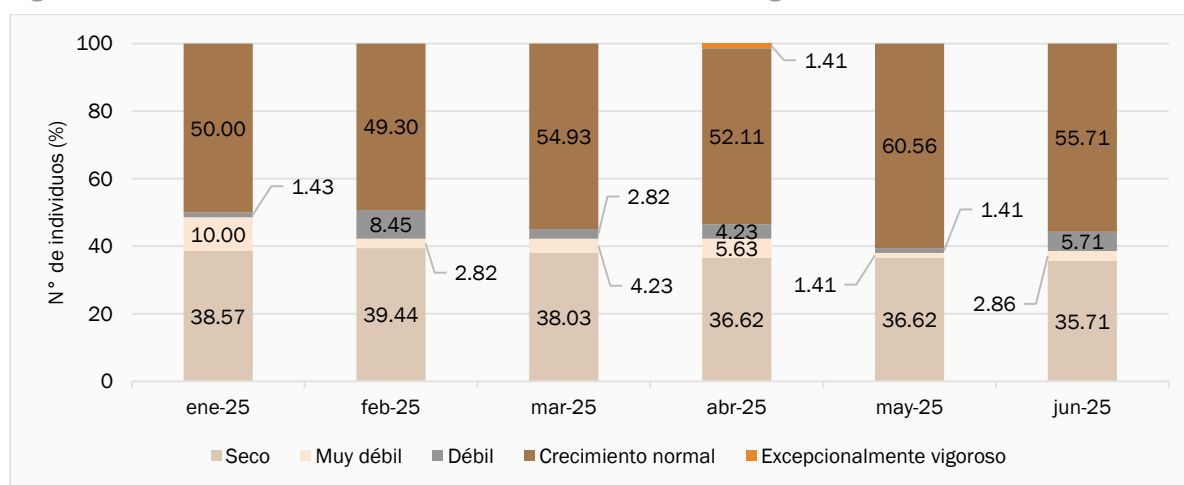
Figura 5-3. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie C



Fuente: geobiota, 2025.

Respecto a la serie D (Figura 5-4), se observa que la proporción de ejemplares secos no presenta grandes variaciones, oscilando entre 35,71% (25 individuos) y 39,44% (28 individuos) de individuos. Mientras que, los ejemplares en categoría Muy débil oscilan registrando un leve aumento en marzo y abril, disminuyendo hacia junio, registrando su punto mínimo en mayo con un 1,41% (1 individuo) y el máximo en enero con 10% (7 individuos). La categoría Débil se presenta de manera similar a la categoría Muy débil, oscilando entre 8,45% (6 ejemplares) y 1,41% (1 individuo), con su máximo en febrero y el mínimo en mayo. Los individuos registrados con Crecimiento normal tienden a aumentar en los últimos meses, alcanzando un máximo de 60,56% (43 individuos) en mayo, y corresponden principalmente a ejemplares que en los meses anteriores se encontraban en la categoría Débil. Finalmente, durante el primer semestre del 2025 la categoría Ex. vigoroso solo registró individuos en abril, alcanzando un 1,41% (1 individuo) en dicha campaña.

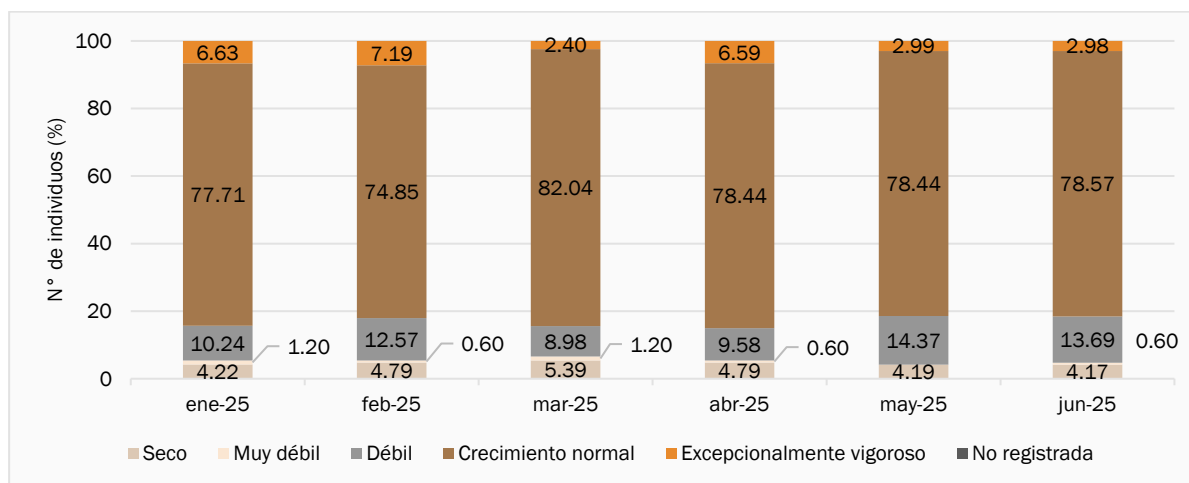
Figura 5-4. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie D



Fuente: geobiota, 2025.

Respecto a la serie E (Figura 5-5), los ejemplares secos se presentan en una baja proporción, oscilando entre 4,19% (7 individuos) y 5,39% (9 individuos) durante el semestre. Por otra parte, aunque los individuos en estado Muy débil están presentes en todos los monitoreos, su proporción es generalmente baja, oscilando entre 0,60% (1 individuo) y 1,20% (2 individuos). Respecto a los individuos en estado Débil, su valor marca tenencia a aumentar hacia los últimos meses, registrando el máximo de 14,37% (24 individuos) en mayo y el mínimo de 8,98% (15 individuos) en marzo. La categoría con mayor proporción de individuos corresponde a Crecimiento normal con un promedio de 78,34% en el primer semestre de 2025. Esta categoría experimentó oscilaciones leves a lo largo del semestre, entre 74,85% (125 individuos) y 82,04% (137 individuos). La categoría Ex. Vigoroso presentó una mayor representación en los meses iniciales, marcando el punto máximo en febrero con 7,19% (12 individuos) y el mínimo en marzo con 2,40% (4 individuos). Si bien, en abril registra un aumento marcando con 6,59% (11 individuos), en los meses siguientes vuelve a estar por debajo del 3%.

Figura 5-5. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie E

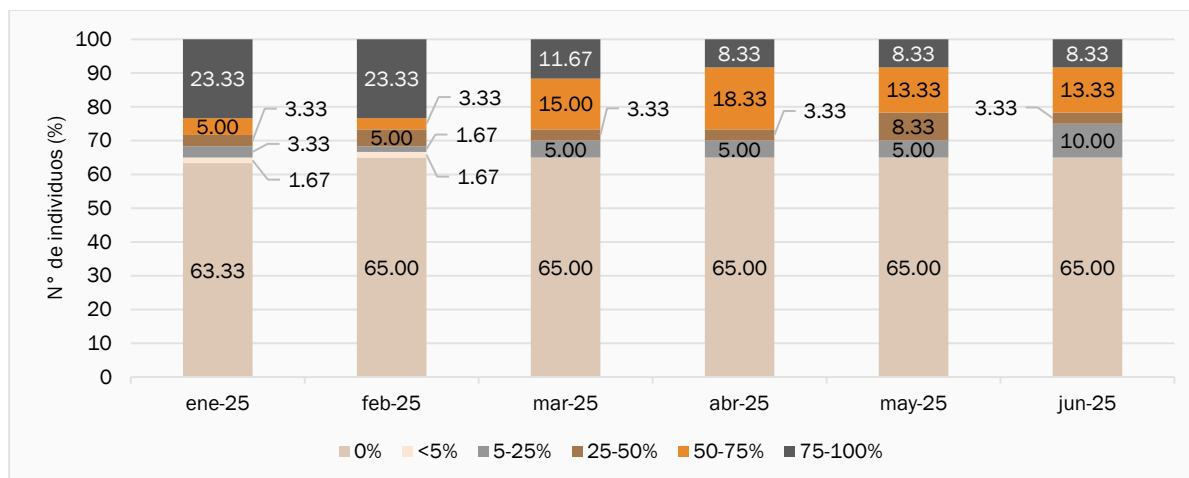


Fuente: geobiota, 2025.

5.1.2 Copa viva

En la Figura 5-6, se presenta la proporción de individuos de la serie A por categoría de porcentaje de copa viva (%CV) para el primer semestre del 2025. A nivel general, se aprecia que los individuos sin copa viva han presentado las menores oscilaciones durante el semestre, con un promedio de 64,72%, representando el 65% de ejemplares de la serie en todos los meses, excepto en enero. Por el contrario, la categoría más vigorosa (75-100%) ha ido disminuyendo su cantidad de individuos en los últimos meses, siendo en abril, mayo y junio de 2025 los meses en que se encuentra en su punto mínimo con 8,33% (5 individuos) de los individuos. Mientras que la segunda categoría de mayor vigor (50-75%) presenta un comportamiento inverso, aumentando hacia los últimos meses, marcando su punto máximo en abril con 18,33% (11 individuos).

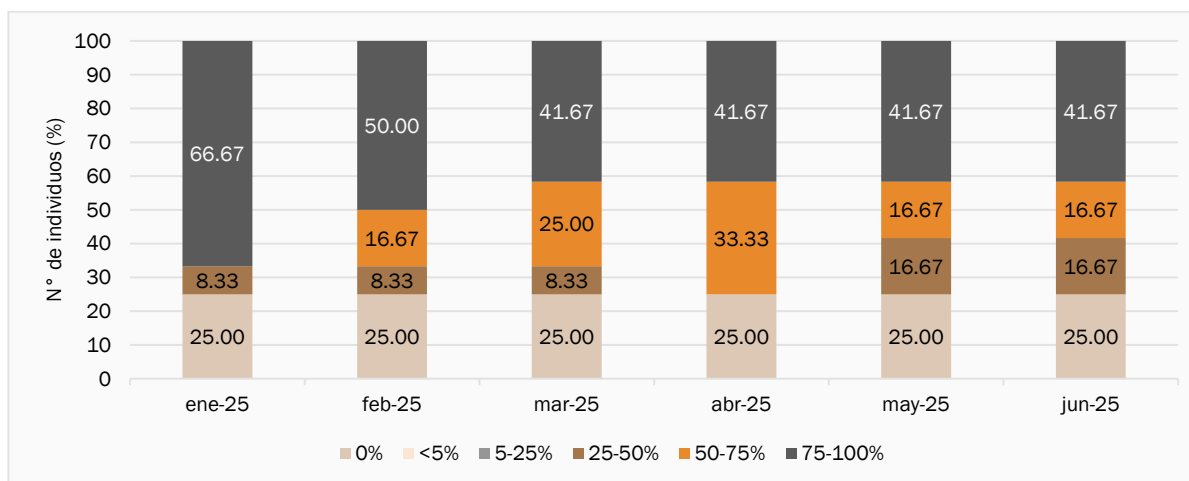
Figura 5-6. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie A



Fuente: geobiota, 2025.

Respecto a la serie B, en la Figura 5-7 se observa que durante el semestre los ejemplares sin follaje presentan pocas variaciones, mostrando un 25% (3 ejemplares) de participación cada mes. En cuanto a las demás categorías, se aprecia que la dinámica de la copa viva en los ejemplares responde a los patrones esperados para el periodo de transición entre una época más favorable como el verano hacia una menos favorable como otoño e invierno. Esto dado que, en la primera mitad del semestre disminuye la categoría 75-100%, mientras que aumenta la categoría 50-75%. Ya en la segunda mitad la categoría 75-100% se mantiene estable representando el 41,67% (5 individuos). Cabe destacar que la serie B posee solo 12 individuos en pie posibles de monitorear.

Figura 5-7. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie B

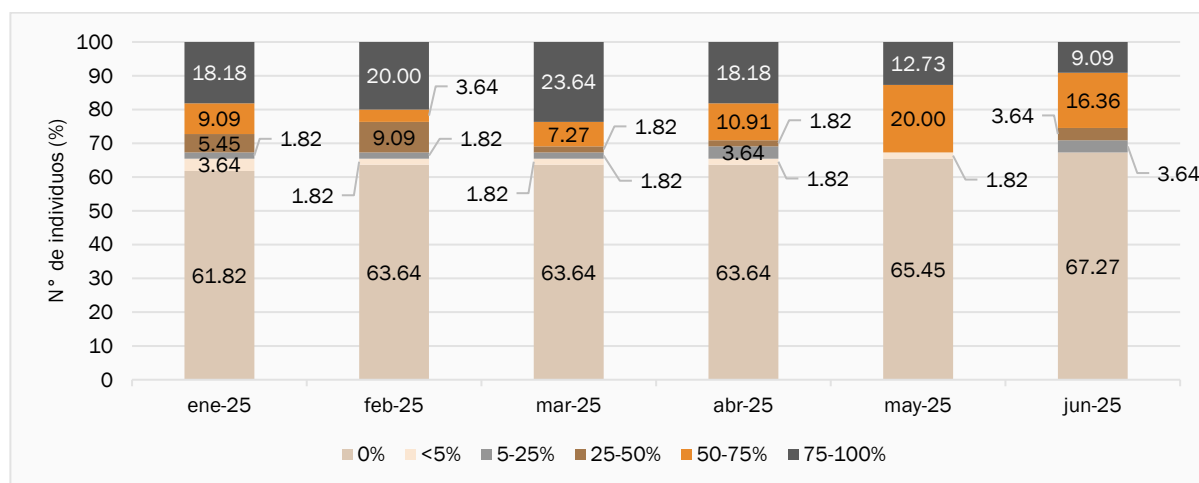


Fuente: geobiota, 2025.

En la Figura 5-8 se presentan los resultados para la serie C del primer semestre de 2025. En promedio, el 64,24% (36 individuos aproximadamente) de los individuos se presenta sin copa verde (0%), correspondiente, en su mayoría, a los individuos que se encuentran secos. De los individuos con alguna categoría de

copa verde, se presenta una tendencia a la disminución de aquellos con mayor porcentaje de copa verde. La categoría 75-100% muestra un incremento en febrero y marzo, probablemente asociado a las lluvias estivales. Sin embargo, al acercarse el invierno su proporción disminuye progresivamente marcando su punto mínimo en junio con un 9,09% (5 individuos). Por el contrario, la categoría 50-75% tiende a aumentar hacia la época invernal marcando su punto máximo en mayo con un 20% (11 individuos), si bien en junio disminuye, esto podría ser efecto de una mayor representación de categorías de copa verde más bajas como 5-25% y 25-50% a medida que nos acercamos más al invierno. Cabe mencionar que los individuos de la serie C, a diferencia de las series A y B, son individuos de menor tamaño, por lo que el efecto del ramoneo es mayor.

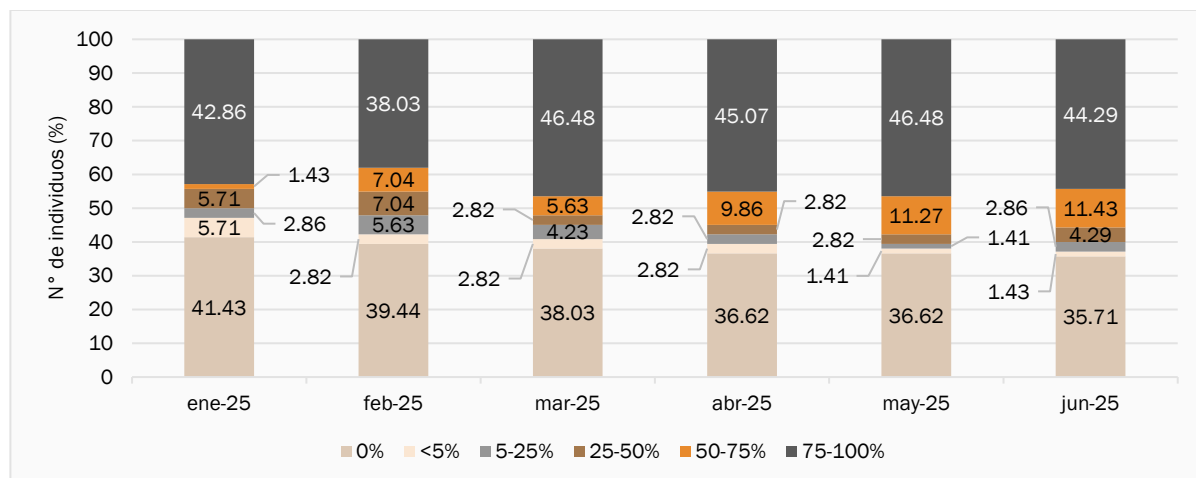
Figura 5-8. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie C



Fuente: geobiota, 2025.

Por otra parte, la serie D (Figura 5-9), muestra una mayor concentración de individuos en las categorías de los extremos, 0% y 75-100%, siendo ambas las de mayor representación durante el primer semestre de 2025. La categoría 0% tiende a disminuir levemente hacia la época invernal, y marca su punto máximo en el mes de enero con 41,43% (29 individuos). Por su parte, la categoría 75-100% tiende a la estabilidad, oscilando entre 38,03% (27 individuos) y 46,48% (33 individuos), marcando su punto mínimo en febrero donde categorías intermedias registraron un aumento en su representatividad. La categoría 50-75% es la de mayor variación a lo largo del primer semestre, oscilando entre 1,43% (1 ejemplar) y 11,43% (8 individuos), marcando su punto máximo en junio de 2025. Las categorías <5%, 5-25% y 25-50% poseen baja representación a lo largo del año, con promedios de 2,83%, 3,30% y 4,25% respectivamente.

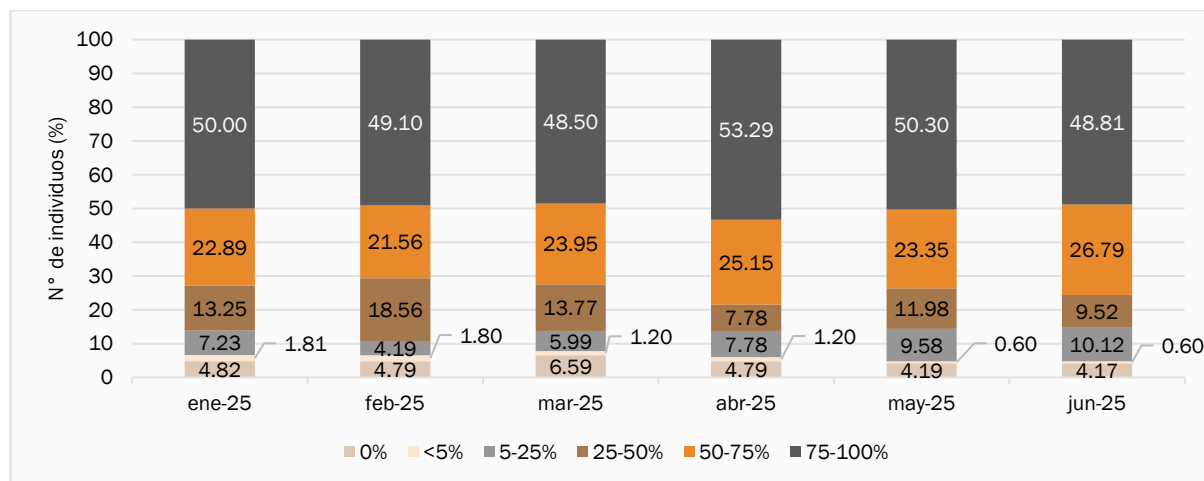
Figura 5-9. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie D



Fuente: geobiota, 2025.

La serie E (Figura 5-10) destaca como aquella con mayor número de individuos monitoreados. Esta serie presenta a los individuos en mejor estado, es importante señalar, que la mayor parte de individuos de la serie E, corresponde a individuos de gran tamaño presentes en las cercanías del pueblo de Camar. Durante el primer semestre la categoría dominante corresponde a la 75-100% con un promedio del 50%, seguida por la categoría 50-75% con un promedio de 23,95%. Al acercarse a la época invernal se observa una leve disminución en la categoría 75-100% y un aumento en las categorías 5-25% y 50-75%, revelando una leve disminución del follaje hacia el invierno.

Figura 5-10. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie E



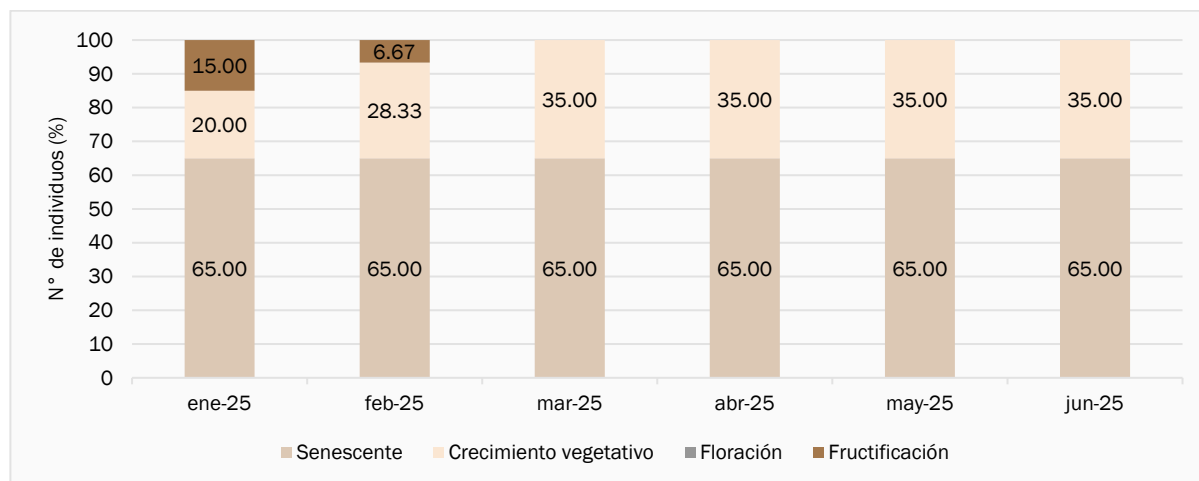
Fuente: geobiota, 2025.

5.1.3 Fenología

En la serie A (Figura 5-11), el estado de Senescente predomina todo el semestre con un 65% (39 individuos), cabe señalar que estos corresponden a los individuos secos. La segunda categoría de mayor representación

corresponde a Crecimiento vegetativo, con un 35% (21 individuos) a partir de marzo, mes a partir del cual solo se registran las dos categorías ya mencionadas. La categoría Fructificación es la única registrada en el semestre además de Crecimiento vegetativo y Senescente, y solo está presente en enero y febrero, con mayor representación el primer mes.

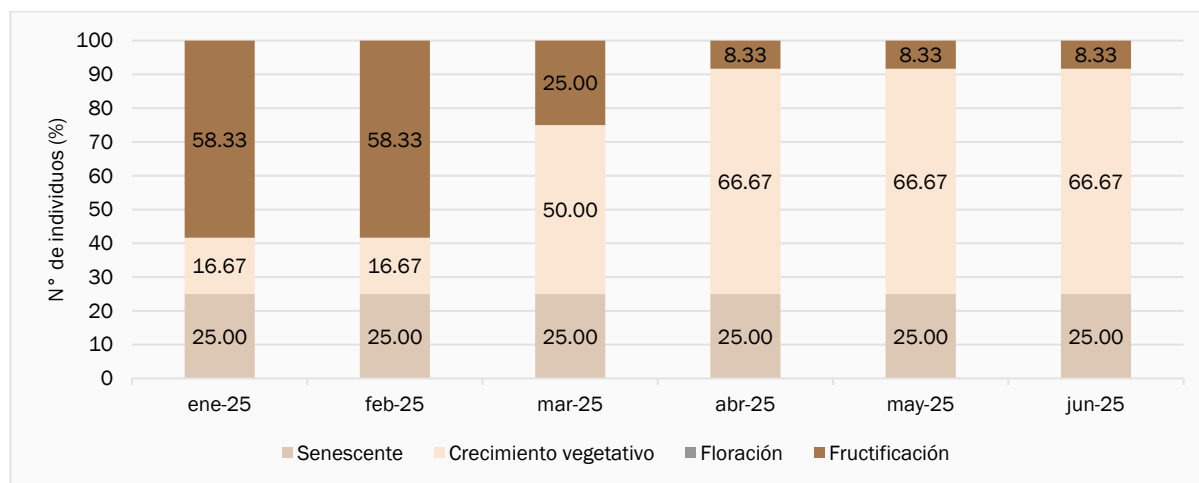
Figura 5-11. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo de la serie A



Fuente: geobiota, 2025.

Para la serie B (Figura 5-12), durante los primeros meses del semestre predominan los individuos en estado de Fructificación. Sin embargo, desde marzo, estos disminuyen fuertemente dando paso a un aumento en el registro de individuos en Crecimiento vegetativo, categoría que a partir de abril predomina con un 66,67% (8 individuos) de representatividad. La categoría Floración no fue registrada durante el primer semestre en la serie B. Por su parte, la categoría Senescente permanece constante todo el semestre con un 25% (3 individuos), correspondiente a los individuos de vitalidad seca.

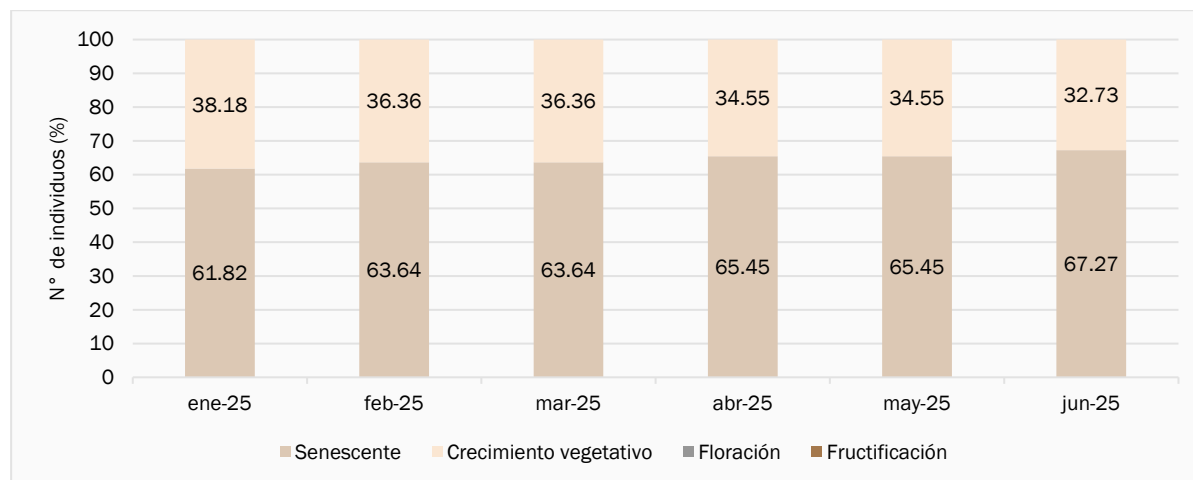
Figura 5-12. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo de la serie B



Fuente: geobiota, 2025.

En la serie C (Figura 5-13), los individuos se alternan únicamente entre las categorías de Crecimiento vegetativo y Senescente. Durante todo el semestre, se observa que la categoría predominante es Senescente con un promedio de 64,55%, mientras que la categoría Crecimiento vegetativo se mantiene abajo con un promedio de 35,45%. A su vez, al acercarse hacia la temporada invernal, se aprecia una disminución de la categoría Crecimiento vegetativo, acentuando la dominancia de la categoría Senescente hacia los meses menos favorables. Tanto la Floración como la Fructificación están completamente ausentes en esta serie.

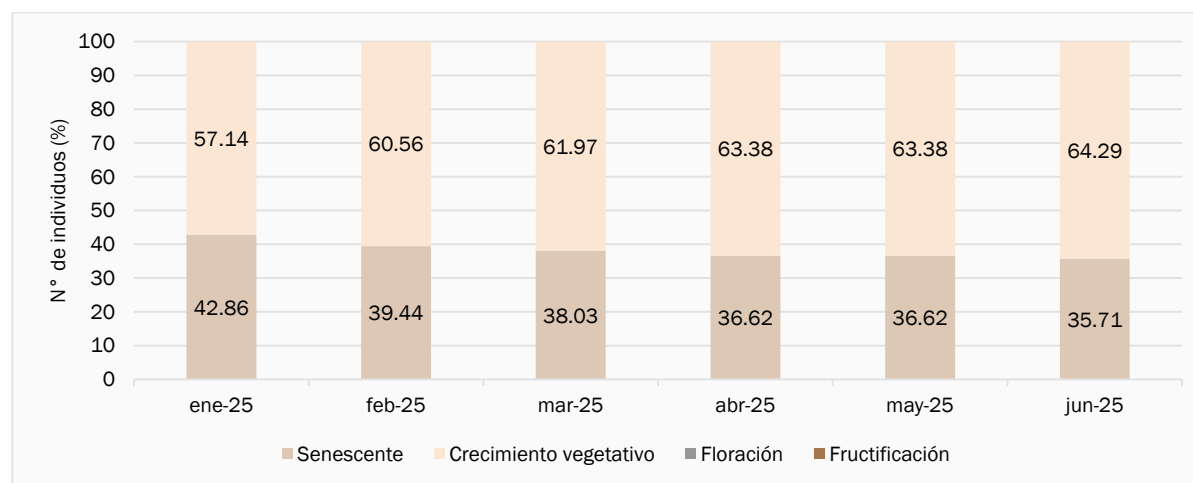
Figura 5-13. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo de la serie C



Fuente: geobiota, 2025.

En la serie D (Figura 5-14), se presenta un comportamiento similar al registrado en la serie C. Sin embargo, en este caso predomina la categoría Crecimiento vegetativo con un promedio de 61,79% por sobre la categoría Senescente con un promedio de 38,21% de representatividad. Al contrario que lo observado en la serie C, en la serie D, al acercarse a la época invernal se registra un aumento de la categoría Crecimiento vegetativo y una disminución de la categoría Senescente, marcando aún más la dominancia de la primera categoría. Al igual que en la serie C, no se registra actividad en Floración ni Fructificación.

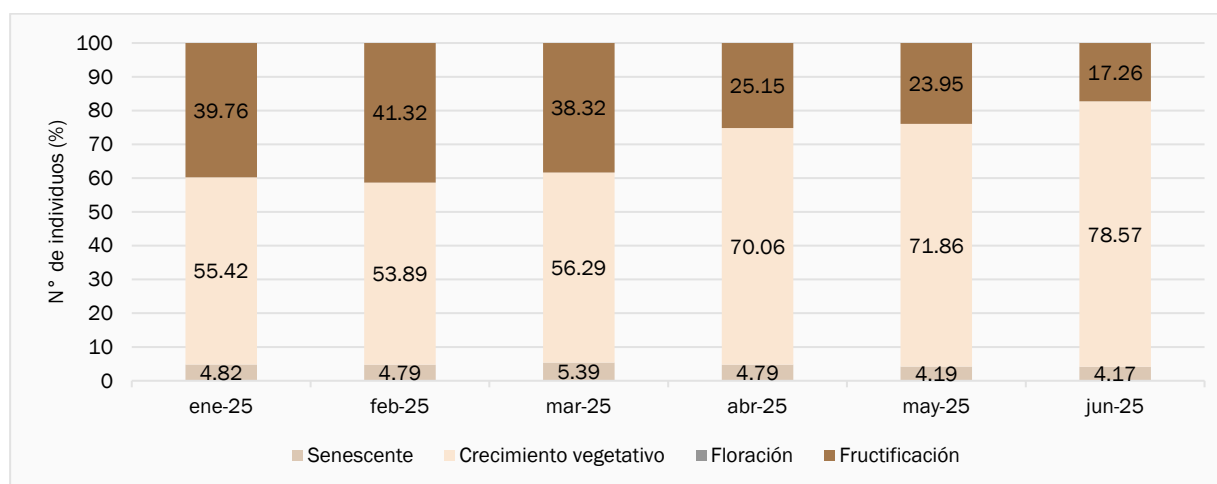
Figura 5-14. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo de la serie D



Fuente: geobiota, 2025.

En la serie E (Figura 5-15), el Crecimiento vegetativo es la categoría dominante durante todo el semestre con un promedio de 64,35%. Durante la segunda mitad del semestre se observa un marcado aumento en la categoría, marcando su punto máximo en junio con un 78,57% (132 individuos) de representatividad. La categoría Fructificación es la segunda de mayor representación con un promedio de 30,96%, y al caso contrario, esta disminuye fuertemente durante la segunda mitad del semestre, alcanzando su punto mínimo en junio con un 17,26% (29 individuos). La categoría Senescente tiene una baja presencia, con un promedio de 4,69% y una tendencia a la estabilidad, marcando su punto máximo en marzo con un 5,39% (9 individuos). No se registra actividad en Floración.

Figura 5-15. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo de la serie E

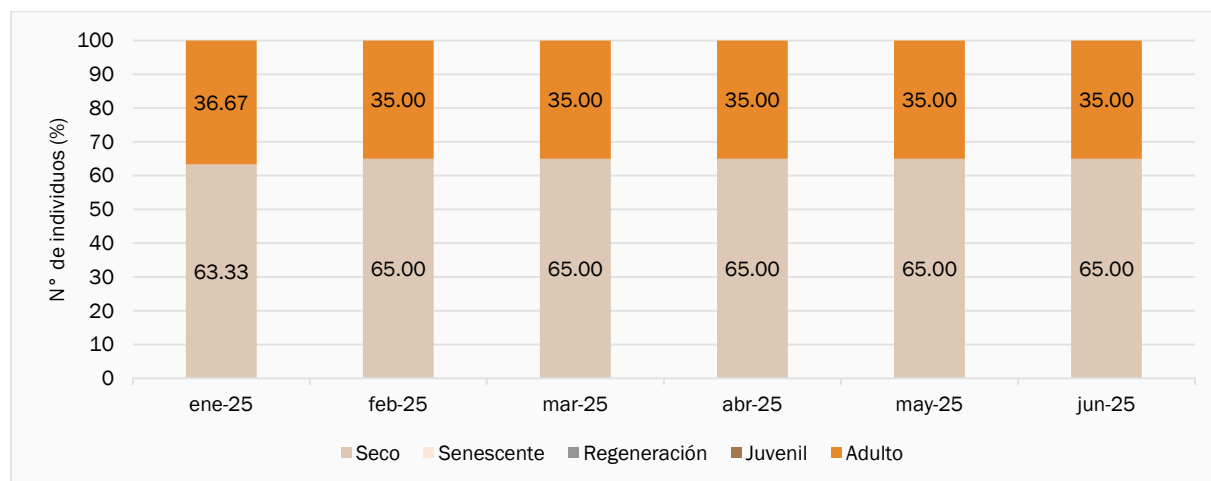


Fuente: geobiota, 2025.

5.1.4 Etapa de crecimiento

En la Figura 5-16 se presenta la variación mensual en las categorías de etapa de crecimiento de la serie A comprendidas entre el período de enero - junio 2025. Se observa que esta serie se compone principalmente de individuos adultos (65%; 39 individuos), cuyas variaciones se dan cuando algunos ejemplares pasan a estado Seco. Durante todos los meses los ejemplares secos predominan sobre los ejemplares adultos (35%; 21 ejemplares). En febrero se registra un alza de ejemplares secos, correspondiente a un individuo adulto que pasó a seco.

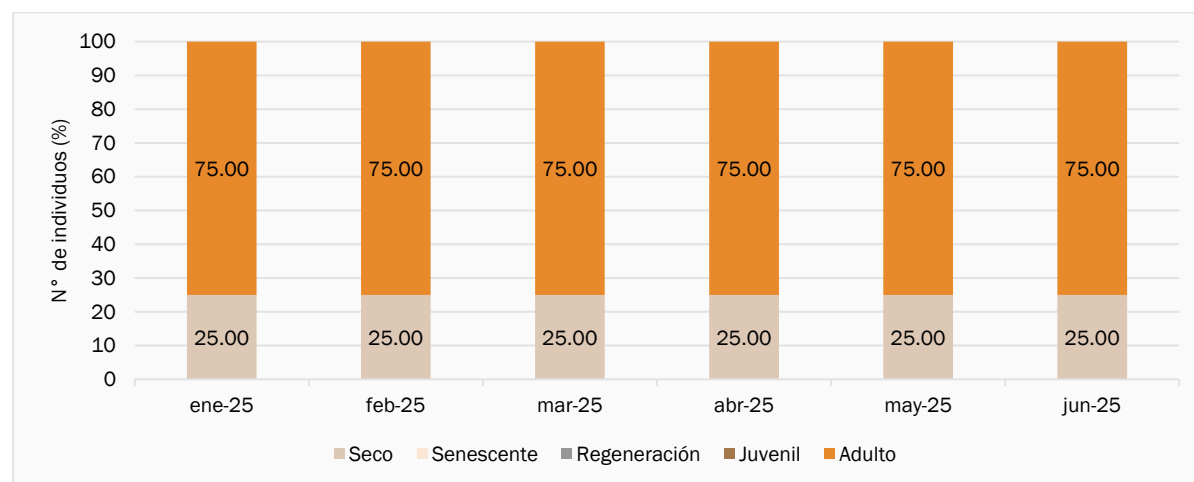
Figura 5-16. Variación mensual de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie A



Fuente: geobiota, 2025.

Respecto a la serie B (Figura 5-17), al igual que la serie A los individuos son adultos o secos. Ambas categorías se mantuvieron estables durante el semestre y no presentaron variaciones, predominando los individuos adultos con un 75% (9 individuos) de representatividad, por sobre los individuos secos con un 25% (3 individuos). Como ya se mencionó, la serie B está compuesta únicamente por 12 individuos en pie.

Figura 5-17. Variación mensual de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie B

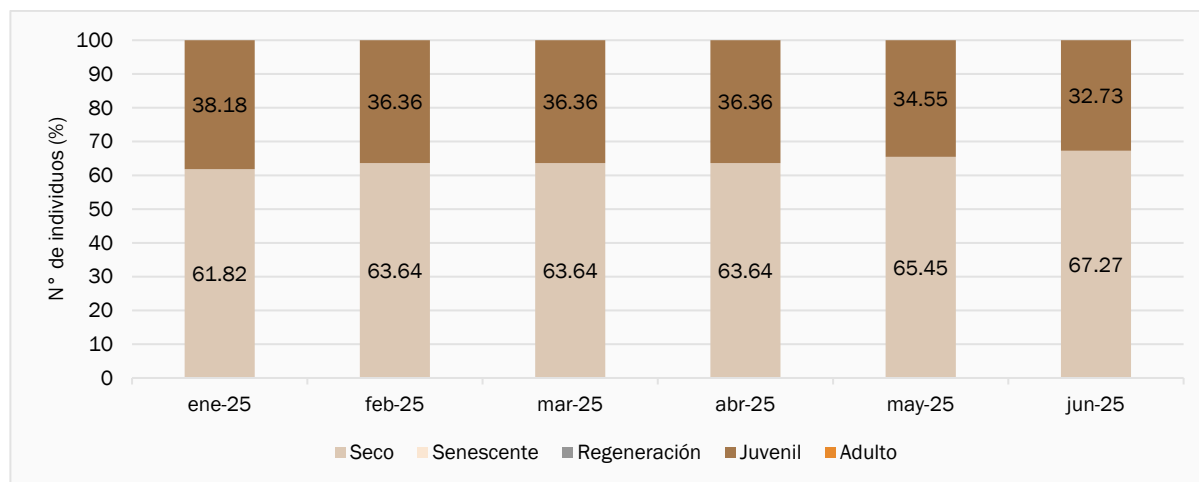


Fuente: geobiota, 2025.

Los individuos de la serie C (Figura 5-18), varían durante el semestre entre ejemplares secos y juveniles, con un promedio semestral de 64,24% y 35,76% respectivamente. Se observa que la proporción de ejemplares juveniles no presenta grandes variaciones oscilando entre 32,73% (18 individuos) y 38,18% (21 individuos) de individuos. Los ejemplares juveniles, se caracterizan por ser individuos que ya han superado la fase inicial de establecimiento en terreno y poseen más de un año de crecimiento; y que independiente de su altura, no han alcanzado su madurez reproductiva, por lo cual el crecimiento se manifiesta únicamente con nuevos

brotes y hojas, pero sin presencia de estructuras reproductivas (ni flores ni frutos). Se observa la tendencia a la disminución de los individuos juveniles y por tanto el aumento de los individuos secos hacia los meses de la temporada invernal.

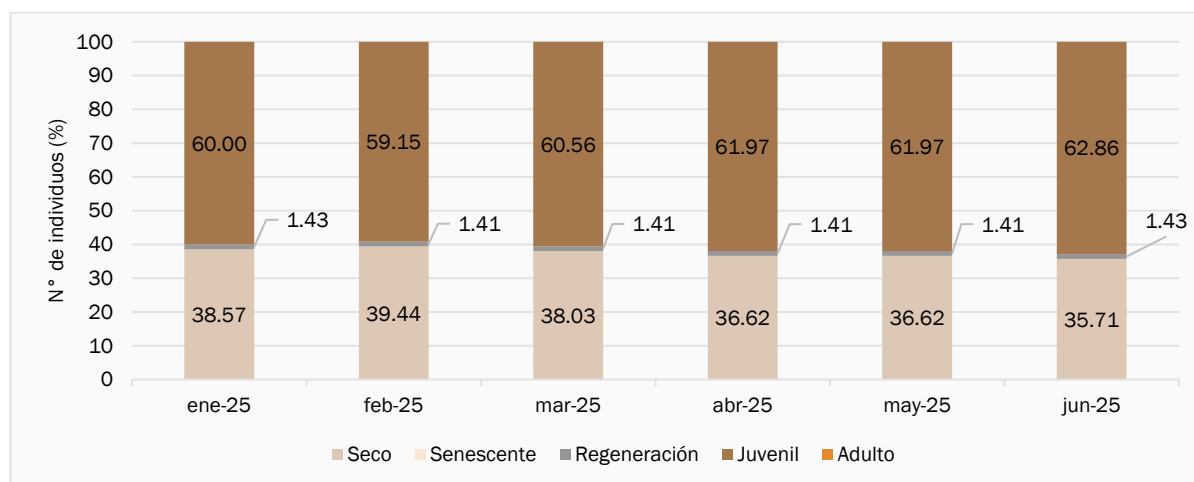
Figura 5-18. Variación mensual de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie C



Fuente: geobiota, 2025.

Se observa que los individuos de la serie D son principalmente juveniles (Figura 5-19), registrando un promedio semestral del 61,09% y variando entre un 59,15% (42 individuos) y 62,86% (44 individuos). Por otra parte, no se registraron individuos adultos o senescentes en todo el periodo. Se registra un 1,43% en regeneración, correspondiente a un solo individuo que fue agregado a la serie en octubre 2024. En febrero 2025 se agregó un nuevo individuo a la serie, pero en junio se registró un nuevo desaparecido el cual era parte de la categoría seco.

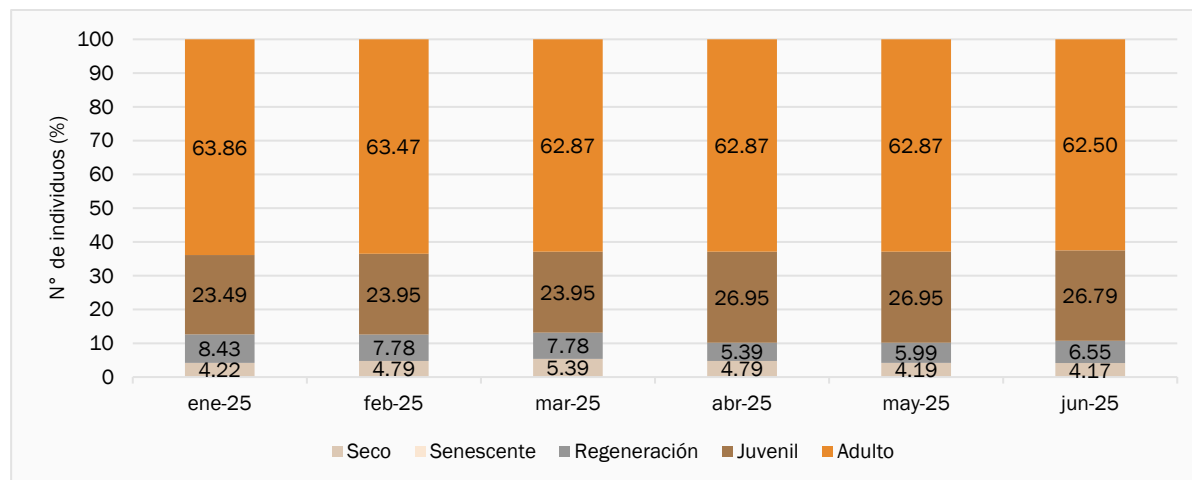
Figura 5-19. Variación mensual de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie D



Fuente: geobiota, 2025.

La serie E (Figura 5-20), al incluir un mayor número de ejemplares, presenta una notable diversidad en su composición etaria, y también una menor variación de las categorías entre los meses. La mayoría de los árboles pertenece a la categoría Adulto, situación que se mantiene estable a lo largo del semestre. En segundo lugar, están los ejemplares juveniles, seguido de la Regeneración, la cual se concentra principalmente bajo la sombra de los árboles adultos, lo que propicia un entorno favorable para su desarrollo inicial y finalmente se encuentran los individuos secos.

Figura 5-20. Variación mensual de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie E



Fuente: geobiota, 2025.

5.1.5 Afectación antrópica y/o natural

La Figura 5-21 muestra la afectación natural causada por animales desde enero a junio de 2025 en las distintas series de árboles presentes en la quebrada. A nivel general se observa que la serie B es la más afectada, ya que posee una gran cantidad de individuos con este tipo de daño a lo largo del semestre ($61,11\% \pm 8,1\%$), se aprecia también que a medida que avanza el semestre la afectación aumenta, pasando de un mínimo del 50% en enero a un máximo del 75% en junio. Considerando que un 25% de los árboles de esta serie están secos, se considera que la afectación animal sobre este grupo de árboles es intensa.

Por otro lado, al observar los resultados del censo para la serie A, se puede apreciar que gran parte de los individuos que aún presentan algún grado de vitalidad (65% de los árboles de la serie están secos), poseen afectación animal. A principios del semestre se observa que la mitad de estos individuos poseen este tipo de daño y a medida que avanza la temporada el número de árboles afectados aumenta hasta llegar al máximo en junio con un 28,33%.

En las series C y D se observa un patrón similar, donde la menor cantidad de individuos afectados se da hacia principios del semestre. Para luego aumentar hasta llegar a los máximos en niveles en el censo de junio (16,36% para la serie C y 17,14% para la serie D).

La serie E por su parte muestra un patrón distinto, donde los niveles de afectación se mantienen relativamente homogéneos durante el semestre y aumentan de manera más marcada en el mes de abril (máximo del 29,34%). La diferencia observada en relación con las demás series podría atribuirse a su localización en

torno al área urbana de Camar y en sectores intervenidos, lo que reduce la accesibilidad para la fauna silvestre, particularmente para los burros.

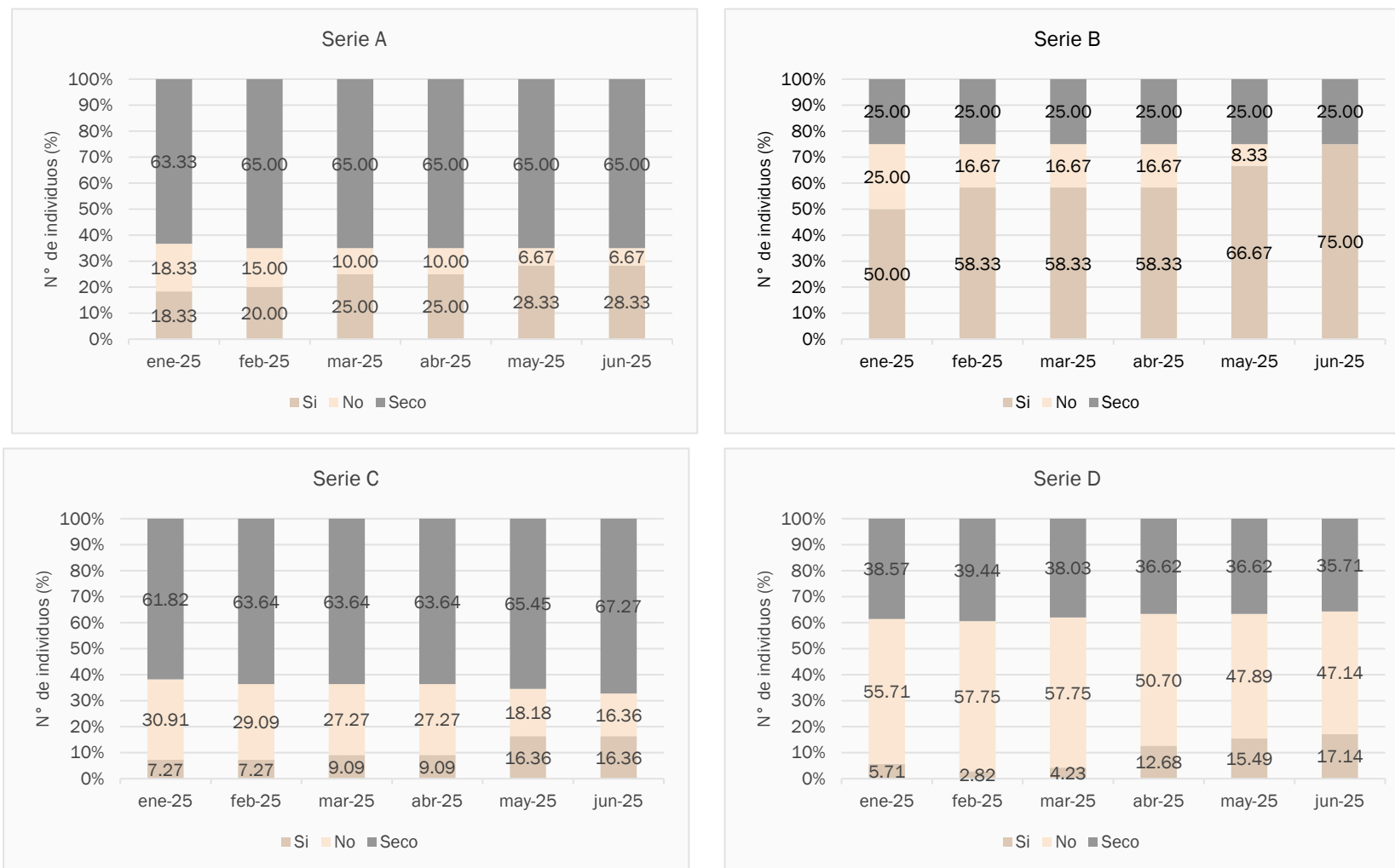
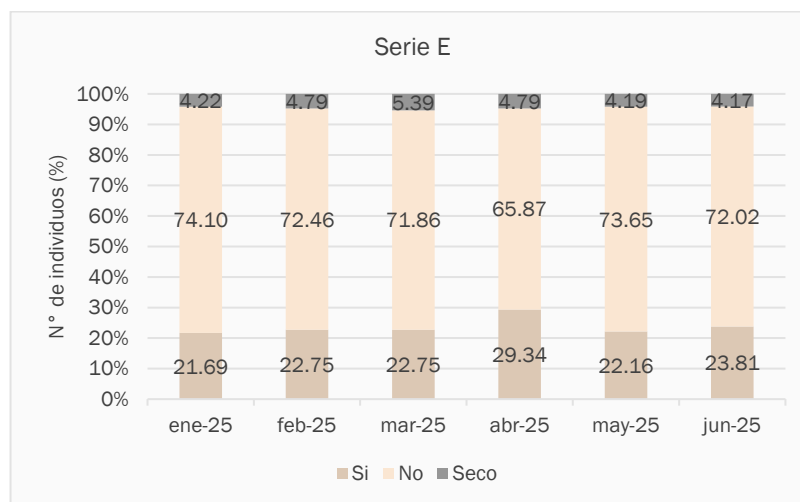
Figura 5-21. Variación semestral daño animal en individuos de *Neltuma alba* por serie

Figura 5-21. Variación semestral daño animal en individuos de *Neltuma alba* por serie

Fuente: geobiota, 2025.

Respecto a la afectación antrópica, esta considera principalmente signos y presencia de basura, huellas vehiculares, cercanía a caminos, obras, entre otros. En general, se observan pocos signos de esta intervención en las series monitoreadas, a excepción de la serie E que recurrentemente presenta un mayor grado de afectación. En las series A, B, C y D, no se identificaron individuos afectados en todo el semestre. Finalmente, en la serie E, el promedio de afectación fue de $17,77\% \pm 1,24\%$, y se registra el valor máximo en enero de 2025 con un 18,67% (31 individuos).

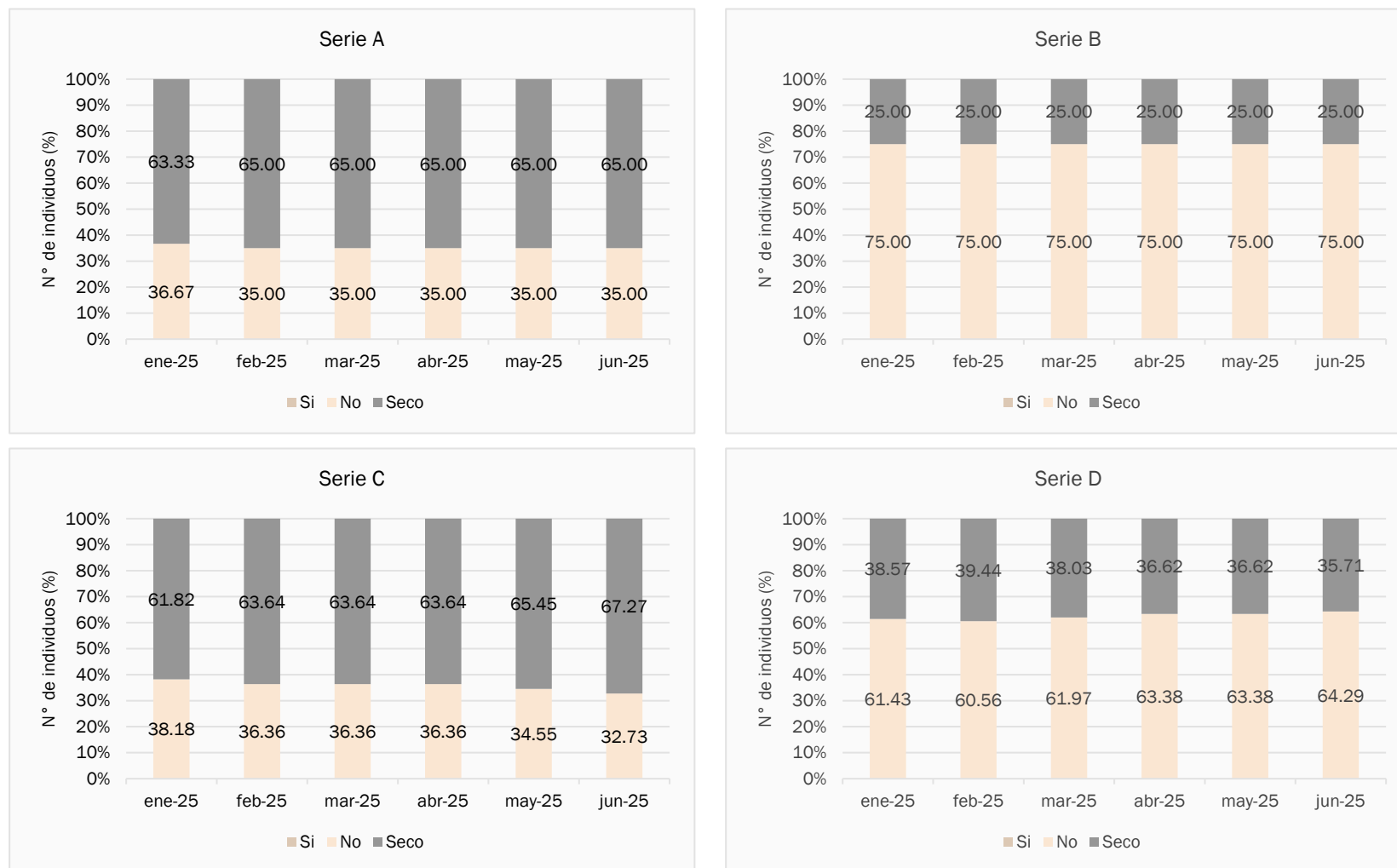
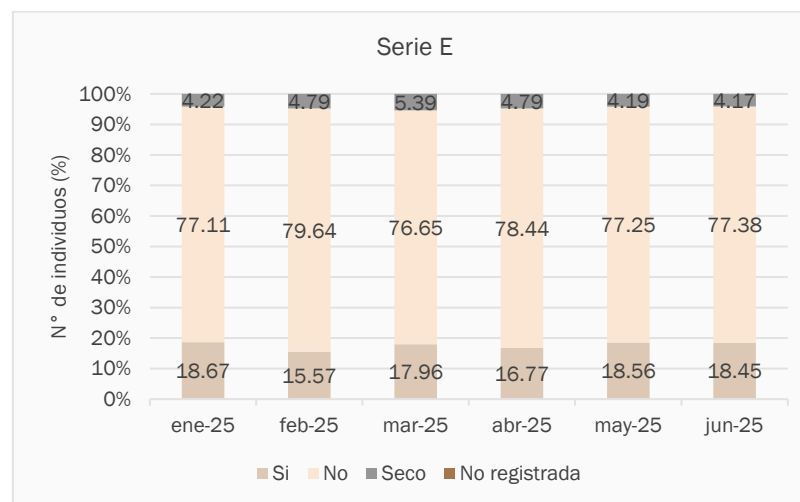
Figura 5-22. Variación semestral daño antrópico en individuos de *Neltuma alba* por serie

Figura 5-22. Variación semestral daño antrópico en individuos de *Neltuma alba* por serie

Fuente: geobiota, 2025.

5.1.6 Fisiología de algarrobos

La Tabla 5-1 muestra variaciones en los parámetros fisiológicos de los árboles entre enero y abril de 2025, 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 los 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 5-1, indican que los valores de potencial hídrico, tanto en pre-alba como a mediodía, son más negativos en abril en comparación con enero, lo que podría reflejar una disminución en la disponibilidad de agua hacia finales del periodo o una mayor demanda hídrica. En cuanto a la conductancia estomática, la mayoría de los árboles presentan un aumento entre enero y abril, lo cual resulta poco habitual considerando el incremento del estrés hídrico observado en las plantas. Esta tendencia podría estar influenciada por condiciones ambientales específicas durante los días de monitoreo de abril, que podrían haber incentivado la apertura estomática (por ejemplo, temperaturas más altas, mayor radiación o una estrategia fisiológica orientada a mantener la fotosíntesis a pesar del déficit hídrico). Por otro lado, algunos individuos (A04, A33, A43, B09 y B11) muestran una disminución de la conductancia estomática hacia abril, ajustándose de mejor manera al comportamiento esperado según las condiciones hídricas registradas durante el periodo.

Tabla 5-1. 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 2025 en algarrobos de la quebrada de Camar

Árbol	Enero 2025			Abril 2025		
	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	-1,20	-2,40	282,10	-1,65	-3,10	275,58
A07	-1,55	-2,20	198,48	-1,95	-3,05	233,33
A12	-1,20	-1,85	252,28	-	-	298,63
A17	-	-	310,38	-	-	514,00
A21	-	-	-	-	-	-
A22	-	-	-	-	-	-
A30	-	-	-	-	-	-
A31	-	-	-	-	-	-
A33	-1,25	-2,35	255,65	-1,85	-3,45	227,73
A36	-1,95	-2,90	213,25	-2,35	-3,50	249,55
A37	-1,60	-2,70	251,78	-1,55	-3,00	268,75

Tabla 5-1. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba (Ψ_{pa}), potencial hídrico de ramilla de mediodía (Ψ_{md}) y conductancia estomática (g_s) medidos en enero y abril de 2025 en algarrobos de la quebrada de Camar

Árbol	Enero 2025			Abril 2025		
	Ψ_{pa} (MPa)	Ψ_{md} (MPa)	g_s (mmol m ⁻² s ⁻¹)	Ψ_{pa} (MPa)	Ψ_{md} (MPa)	g_s (mmol m ⁻² s ⁻¹)
A38	-	-	-	-	-	-
A40	-1,60	-3,45	185,15	-2,00	-3,15	280,23
A41	-	-	-	-	-	-
A43	-0,95	-1,55	351,88	-1,90	-3,70	349,13
A44	-1,10	-2,50	195,78	-1,70	-3,05	203,60
A47	-1,60	-2,15	241,18	-1,60	-2,50	256,60
A58	-1,80	-2,55	234,20	-2,15	-2,60	338,95
B02	-0,80	-2,80	157,75	-2,10	-3,10	200,70
B03	-2,45	-3,30	121,58	-3,05	-3,30	235,23
B04	-1,60	-3,20	190,65	-2,25	-2,95	191,53
B09	-1,65	-2,50	228,63	-2,20	-2,90	222,93
B10	-2,30	-2,70	135,95	-3,90	-3,55	152,60
B11	-1,65	-3,00	147,53	-2,25	-3,15	143,65
B17	-1,70	-2,40	211,45	-1,85	-2,35	270,20
B20	-1,35	-2,20	244,45	-2,20	-2,50	282,83
B21	-1,65	-2,65	163,60	-1,75	-2,65	206,77
C58	-	-	183,53	-	-	225,55
D28	-1,55	-2,35	194,98	-1,50	-3,90	427,93
AX01	-1,35	-1,80	290,30	-1,85	-2,65	391,10
AX02	-	-	-	-	-	-
Promedio						

(-): medición no realizada por falta de ramillas

Fuente: geobiota, 2025. En base a resultados de Laboratorio SAP, UChile (2025), Anexo 09.

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

La Tabla 5-2 presenta los resultados registrados en la Tabla 5-1 pero agrupando los promedios de la serie A versus los de las series B y C.

El potencial hídrico en pre-alba y a mediodía, medido en enero en la serie A, no presenta diferencias estadísticamente significativas en comparación con las series B-C (pre-alba $p=0,1846$; mediodía $p=0,1195$) alcanzando una media de -1,55 y -2,57 MPa, respectivamente. Por su parte, en abril si se encontraron diferencias significativas en el potencial hídrico en pre-alba ($p=0,0174$), con los valores más bajos en los árboles de las

series B-C (-2,39 MPa), lo que indicaría que los ejemplares de la serie A manejan de mejor manera el estrés hídrico nocturno, respecto a los árboles de las series B-C. Finalmente, si bien el potencial hídrico medido al mediodía fue más negativo en la serie A, respecto de las series B-C, en este caso las diferencias no son estadísticamente significativas ($p=0,3421$), alcanzando una media de -3,03 MPa.

Respecto a los cambios a nivel temporal, los valores promedio del potencial hídrico medido en pre-alba disminuyeron de enero (-1,55 MPa) a abril (-2,12 MPa); indicando una posible mayor demanda hídrica o una disminución de la disponibilidad de agua en el suelo. Misma situación se aprecia al comparar el promedio del potencial hídrico medido a mediodía que disminuye entre enero (-2,57 MPa) y abril (-3,03 MPa).

La conductancia estomática en enero presenta mayores valores en la serie A, respecto de las series B-C, con diferencias estadísticamente significativas ($p=0,0020$). De esta misma forma, en el mes de abril nuevamente se presentan diferencias significativas entre la serie A y las series B-C ($p=0,0065$). Durante el semestre, la conductancia estomática aumenta entre enero ($216,24 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) y abril ($255,82 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Tabla 5-2. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba (Ψ_{pa}), mediodía (Ψ_{md}) y conductancia estomática (gs)

Serie	Enero 2025			Abril 2025		
	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	-1,44±0,09 a	-2,42±0,15 a	247,67±14,17 a	-1,87±0,08 a	-3,11±0,12 a	291,34±23,71 a
B-C	-1,68±0,16 a	-2,75±0,12 a	178,51±12,82 b	-2,39±0,22 b	-2,94±0,13 a	213,20±14,14 b
Promedio*	-1,55±0,09	-2,57±0,11	216,24±12,08	-2,12±0,13	-3,03±0,09	255,82±16,48

*Valores promedio corresponden a las medias $\pm$ 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: geobiota, 2025. En base a resultados de Laboratorio SAP, UChile (2025), Anexo 09.

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

En la Tabla 5-3 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 de 2025. Respecto al potencial hídrico en pre-alba, tanto en enero como en abril los árboles ubicados aguas abajo de la tubería presentaron valores menos negativos, pero solo en abril estas diferencias fueron significativas ($p=0,0322$). En cuanto a las mediciones al mediodía, los árboles ubicados aguas abajo de la tubería presentaron valores menos negativos en enero, mientras que en abril presentaron valores menos negativos los árboles ubicados aguas arriba, pero en ningún periodo las diferencias fueron significativas. Respecto a la conductancia estomática, en ambos periodos se identificaron valores mayores aguas abajo en comparación con los registrados aguas arriba, sin embargo, estas diferencias no son significativas ($p=0,1998$ y $p=0,0721$).

Tabla 5-3. 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 2025			Abril 2025		
	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	-1,58±0,10 a	-2,59±0,12 a	210,75±12,96 a	-2,14±0,13 b	-3,00±0,09 a	247,24±14,61 a

Tabla 5-3. 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 2025			Abril 2025		
	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 abajo	-1,38±0,10 a	-2,20±0,12 a	247,64±22,73 a	-1,70±0,13 a	-3,35±0,28 a	349,89±52,33 a
Promedio*	-1,54±0,08	-2,52±0,10	218,44±11,52	-2,08±0,12	-3,05±0,09	268,63±17,52

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

Fuente: geobiota, 2025. En base a resultados de Laboratorio SAP, UChile (2025), Anexo 09.

5.1.6.1.3 Comparación de Algarrobos con y sin riego

En la Tabla 5-4 se muestran los resultados obtenidos comparando los individuos con y sin riego para las mediciones de enero y abril de 2025. En el mes de enero, se encontraron diferencias solo en la conductancia estomática ($p=0,0008$), con los valores más bajos en los algarrobos sin riego (180,01 mmol m⁻² s⁻¹). Por el contrario, no se encontraron diferencias en el potencial hídrico en pre-alba ($p=0,1537$) y mediodía ($p=0,0942$), con una media de -1,54 y -2,52 MPa, respectivamente. Por otra parte, en abril se encontraron diferencias solo en la conductancia estomática ($p=0,0065$), con los valores más bajos en los algarrobos sin riego (232,72 mmol m⁻² s⁻¹). Por el contrario, no se encontraron diferencias en el potencial hídrico medido en pre-alba ($p=0,0538$) y al mediodía ($p=0,8613$), con una media de -2,08 y -3,05 MPa, respectivamente.

Tabla 5-4. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba (Ψ_{pa}), potencial hídrico de ramilla de mediodía (Ψ_{md}) y conductancia estomática (gs) promedios para individuos con y sin riego

Ubicación respecto de la tubería	Enero 2025			Abril 2025		
	Ψ_{pa} (MPa)	Ψ_{md} (MPa)	gs (mmol m ⁻² s ⁻¹)	Ψ_{pa} (MPa)	Ψ_{md} (MPa)	gs (mmol m ⁻² s ⁻¹)
Con riego	-1,43±0,09 a	-2,37±0,15 a	250,95±13,44 a	-1,87±0,07 a	-3,07±0,12 a	299,01±23,12 a
Sin riego	-1,67±0,14 a	-2,71±0,12 a	180,01±11,69 b	-2,31±0,22 a	-3,04±0,15 a	232,72±23,34 b
Promedio	-1,54±0,08	-2,52±0,10	218,44±11,52	-2,08±0,12	-3,05±0,09	268,63±17,52

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

Fuente: geobiota, 2025. En base a resultados de Laboratorio SAP, UChile (2025), Anexo 09.

5.1.7 Biomasa de algarrobos

En base a los parámetros evaluados para cada árbol perteneciente a las series A, B, C y D, se determinó la biomasa de la población. Dentro del Anexo 10 se exponen, para cada serie, las variables dendrométricas comprometidas en el marco de la Acción N° 24 del PdC y que son parte de las mediciones necesarias para la estimación de la biomasa (diámetro máximo de la copa (mcw), diámetro de copa a los 90° del mcw, altura total, diámetro basal, diámetro a la altura del pecho, largo del vástago y diámetro del fuste más largo, entre otros).

La base de datos correspondiente al monitoreo de enero de 2025 presenta 266 registros correspondientes a árboles del género *Neltuma* (ex *Prosopis*) (Series A, B, C, D) de los cuales fue posible ubicar y medir 195 árboles (73,3%). Los 71 árboles restantes (26,6%) no fue posible ubicarlos o se encuentran incompletos o desprendidos de su raíz en el lugar (desenterrados) y no fue posible su medición en terreno. Un 52,8% de los árboles (103 árboles) medidos se encuentran vivos, presentando algún nivel de vitalidad en sus vástagos y copas. El 47,2% restante (92 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 5-5, la mayor parte de los individuos (79,4%, 155 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 0,7 m. Los individuos de mayor tamaño (>20 cm) sólo representan el 6,2% (12 árboles) de la población y pueden alcanzar en promedio hasta los 7,09 m de altura.

La mayoría de los individuos (81,0%, 158 árboles) presentan más de un vástago (plurifustales), fluctuando entre 2 y 71 vástagos por individuo.

El área basal es baja, alcanzando los 2,1028 m² para el total de la población, en donde el 67,8% de esta lo acumulan seis individuos de gran tamaño (Dbe>30 cm).

El promedio de las áreas de la copa fluctúa entre 0,079 y 88,051 m², mostrando una claro mayor desarrollo en los individuos de mayores dimensiones, los cuales son capaces de superar los 30 m² de área de copa.

Se registra la presencia de frutos solo en 14 individuos de la población (7,2% de los árboles medidos), distribuidos en las Series A y B, con diámetros basales entre 14,0 y 70,0 cm, y alturas entre 1,70 y 7,09 cm.

Tabla 5-5. 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 2025

Rango Dbe (cm)	N° de individuos			N° Vástagos promedio por individuo			Altura media (m)			Área basal acumulada (m²)			Área de copa (m²)		
	vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos*	Total
0 - 2,5	64	70	134	4,3	2,6	3,4	0,15	0,09	0,12	0,0086	0,0082	0,0168	0,107	0,053	0,079
2,6 - 5	11	10	21	13,6	4,2	9,1	0,29	0,69	0,48	0,0099	0,0107	0,0206	0,183	1,589	0,853
5,1 - 7,5	3	2	5	18,3	5,0	13,0	0,53	0,69	0,59	0,0081	0,0054	0,0135	1,536	0,811	1,246
7,6 - 10	1	4	5	9,0	14,8	13,6	0,70	0,84	0,81	0,0076	0,0275	0,0351	1,941	2,563	2,438
10,1 - 12,5	5	-	5	24,2	-	24,2	1,38	-	1,38	0,0527	-	0,0527	7,530	-	7,530
12,6 - 15	2	4	6	7,0	7,5	7,3	2,04	0,99	1,34	0,0302	0,0563	0,0865	9,736	1,888	4,504
15,1 - 17,5	2	1	3	28,0	4,0	20,0	2,06	0,61	1,58	0,0421	0,0229	0,0650	14,188	0,628	9,668
17,6 - 20	4	-	4	5,0	-	5,0	2,57	-	2,57	0,1156	-	0,1156	12,763	-	12,763
20,1 - 22,5	4	-	4	7,3	-	7,3	3,10	-	3,10	0,1475	-	0,1475	20,410	-	20,410
25,1 - 27,5	1	-	1	4,0	-	4,0	3,65	-	3,65	0,0573	-	0,0573	19,085	-	19,085
27,6 - 30	1	-	1	14,0	-	14,0	3,35	-	3,35	0,0657	-	0,0657	21,927	-	21,927
30,1 - 32,5	-	1	1	-	4,0	4,0	-	2,45	2,45	-	0,0772	0,0772	-	13,430	13,430
47,6 - 50	1	-	1	2,0	-	2,0	5,36	-	5,36	0,1911	-	0,1911	81,328	-	81,328
50,1 - 52,5	2	-	2	10,5	-	10,5	4,7	-	4,7	0,4224	-	0,4224	75,716	-	75,716
65,1 - 67,5	1	-	1	1,0	-	1,0	7,09	-	7,09	0,3505	-	0,3505	88,051	-	88,051
70,1 - 72,5	1	-	1	9,0	-	9,0	5,46	-	5,46	0,3853	-	0,3853	55,400	-	55,40
Total/Media	103	92	195	7,6	3,6	5,7	0,84	0,27	0,57	1,8946	0,2082	2,1028	6,318	0,577	3,610

(*) 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 2, Anexo 10 Informe "Estimación biomasa de una población del género *Prosopis* emplazada en la quebrada de Camar" (Enero 2025).

La Tabla 5-6 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 6.553,66 kg para el total de la población medida (103 árboles “Vivos” y 92 árboles “Secos”), con un valor promedio por individuos de 33,6 kg. El 93,9% de la biomasa proviene de individuos vivos y sólo el 6,1% restante a individuos secos.

El 76,6% de la biomasa aérea se concentra en cinco individuos monofustales de gran tamaño de la serie B, con diámetros que van entre los 49 y los 70 cm y con alturas que van entre los 3,90 m hasta 7,09 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 (Parrés, 2001; ver capítulo 1.3).

La biomasa aérea total de los individuos se distribuye porcentualmente de la siguiente forma: un 11,4% corresponde al fuste, 85,2% a ramas, 3,4% 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 puede determinar exactamente cuál es la proporción real de cada componente, ya que estos no presentan hojas. Los árboles registran una biomasa acumulada de frutos de 12,4 kg (Peso fresco), con valores entre los 0,49 kg/árbol y los 3,14 kg/árbol, alcanzando una media de 0,89 kg/árbol.

Tabla 5-6. 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 2025

Rango Dbe (cm)	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
0 - 2,5	11,30	10,66	21,96	9,58	8,69	18,27	1,54	1,36	2,90	-	-	-	10,56	9,66	20,22
2,6 - 5	8,92	10,21	19,13	17,98	20,47	38,45	2,24	2,42	4,66	-	-	-	14,30	18,20	32,50
5,1 - 7,5	6,70	2,91	9,61	8,61	4,35	12,96	1,65	0,50	2,15	-	-	-	18,22	9,84	28,06
7,6 - 10	2,82	15,01	17,83	0,92	2,20	3,12	0,18	1,27	1,45	-	-	-	18,03	61,60	79,63
10,1 - 12,5	29,58	-	29,58	7,16	-	7,16	6,22	-	6,22	-	-	-	122,88	-	122,88
12,6 - 15	15,99	21,74	37,73	3,56	7,94	11,50	3,82	1,11	4,93	-	0,08	0,08	65,96	126,51	192,47
15,1 - 17,5	14,81	12,66	27,47	3,82	6,10	9,92	5,16	-	5,16	0,16	-	0,16	78,92	60,86	139,78
17,6 - 20	40,78	-	40,78	3,79	-	3,79	11,84	-	11,84	0,24	-	0,24	211,76	-	211,76
20,1 - 22,5	57,14	-	57,14	82,23	-	82,23	20,11	-	20,11	1,16	-	1,16	341,53	-	341,53
25,1 - 27,5	19,22	-	19,22	35,83	-	35,83	5,67	-	5,67	0,35	-	0,35	129,11	-	129,11
27,6 - 30	20,65	-	20,65	21,99	-	21,99	6,09	-	6,09	0,65	-	0,65	121,27	-	121,27
30,1 - 32,5	-	18,41	18,41	-	11,23	11,23	-	2,82	2,82	-	-	-	-	113,40	113,40
47,6 - 50	65,53	-	65,53	1.251,43	-	1.251,43	23,01	-	23,01	1,85	-	1,85	1.038,60	-	1.038,60
50,1 - 52,5	119,92	-	119,92	1.686,25	-	1.686,25	48,98	-	48,98	4,00	-	4,00	1.675,54	-	1.675,54
65,1 - 67,5	145,43	-	145,43	1.358,65	-	1.358,65	38,81	-	38,81	2,06	-	2,06	1.486,51	-	1.486,51
70,1 - 72,5	104,40	-	104,40	443,39	-	443,39	21,08	-	21,08	1,85	-	1,85	820,40	-	820,40
Total	663,19	91,60	754,79	4.935,19	60,98	4.996,17	196,40	9,48	205,88	12,32	0,08	12,40	6.153,59	400,07	6.553,66

(-) 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 3, Anexo 10 Informe "Estimación biomasa de una población del género *Prosopis* emplazada en la quebrada de Camar" (Enero 2025).

La estimación de la biomasa en abril de 2025 presenta 269 registros correspondientes a árboles del género *Neltuma* (ex *Prosopis*) (Series A, B, C, D) de los cuales solo fue posible ubicar y medir 198 árboles (73,6%). Los 71 árboles restantes (26,4%) no fue posible ubicarlos o se encuentran incompletos o desprendidos de su raíz en el lugar (desenterrados) y no fue posible su medición en terreno. Un 53,5% de los árboles medidos (106 árboles) se encuentran vivos, presentando algún nivel de vitalidad en sus vástagos y copas. El 46,5% restante (92 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 5-7, la mayor parte de los individuos (81,3%, 161 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 8,6% (17 árboles) de la población y pueden alcanzar en promedio hasta los 7,1 m de altura.

La mayoría de los individuos (79,1%, 156 árboles) presentan más de un vástago (plurifustales), fluctuando entre los 2 y los 53 vástagos por individuo.

El área basal es baja, alcanzando los 2,9870 m² para el total de la población, en donde el 69,7% de esta lo acumulan seis individuos de gran tamaño (Dbe>60 cm).

El promedio de las áreas de la copa fluctúa entre 0,072 y 88,051 m², mostrando un claro mayor desarrollo en los individuos de mayores dimensiones, los cuales son capaces de superar los 30 m² de área de copa.

Se registra la presencia de frutos solo en 4 individuos de la población (2,0% de los árboles medidos), específicamente en las Series B, con diámetros basales entre 60,6 y 68,2 cm, y alturas entre 4,2 y 7,1 m.

Tabla 5-7. 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 de 2025

Rango Dbe (cm)	N° de individuos			N° Vástagos promedio por individuo			Altura media (m)			Área basal acumulada (m²)			Área de copa (m²)		
	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos*	Total
0 - 2,5	75	68	143	3,8	2,2	3,0	0,16	0,08	0,12	0,0096	0,0069	0,0165	0,095	0,045	0,071
2,6 - 5	5	13	18	5,0	3,9	4,2	0,46	0,68	0,62	0,0045	0,0150	0,0195	0,360	1,674	1,309
5,1 - 7,5	1	2	3	10,0	10,0	10,0	1,74	0,64	1,01	0,0041	0,0058	0,0099	12,722	1,703	5,376
7,6 - 10	3	4	7	27,3	5,0	14,6	0,88	1,16	1,04	0,0212	0,0226	0,0438	3,570	2,371	2,885
10,1 - 12,5	1	1	2	11,0	13,0	12,0	2,33	0,49	1,41	0,0122	0,0096	0,0218	13,657	1,491	7,574
12,6 - 15	4	-	4	8,3	-	8,3	1,71	-	1,71	0,0642	-	0,0642	8,541	-	8,541
15,1 - 17,5	1	2	3	6,0	6,5	6,3	2,96	1,16	1,76	0,0224	0,0375	0,0599	12,488	1,865	5,406
17,6 - 20	1	-	1	7,0	-	7,0	0,72	-	0,72	0,0309	-	0,0309	0,602	-	0,602
20,1 - 22,5	2	1	3	9,5	1,0	6,7	3,41	0,89	2,57	0,0674	0,0343	0,1017	20,527	2,335	14,463
22,6 - 25	2	-	2	6,5	-	6,5	3,10	-	3,10	0,0857	-	0,0857	18,183	-	18,183
25,1 - 27,5	2	-	2	3,5	-	3,5	2,24	-	2,24	0,1107	-	0,1107	12,465	-	12,465
27,6 - 30	1	-	1	1,0	-	1,0	2,57	-	2,57	0,0616	-	0,0616	13,395	-	13,395
30,1 - 32,5	1	-	1	1,0	-	1,0	3,47	-	3,47	0,0755	-	0,0755	18,623	-	18,623
32,6 - 35	-	1	1	-	4,0	4,0	-	2,51	2,51	-	0,0946	0,0946	-	13,31	13,309
35,1 - 37,5	1	-	1	2,0	-	2,0	3,55	-	3,55	0,1084	-	0,1084	16,74	-	16,741
60,1 - 62,5	2	-	2	11,0	-	11,0	4,96	-	4,96	0,5807	-	0,5807	68,176	-	68,176
62,6 - 65	2	-	2	4,5	-	4,5	3,99	-	3,99	0,6569	-	0,6569	42,21	-	42,212
67,6 - 70	1	-	1	2,0	-	2,0	7,1	-	7,1	0,3655	-	0,3655	88,05	-	88,051
77,6 - 80	1	-	1	5,0	-	5,0	5,9	-	5,9	0,4792	-	0,4792	80,90	-	80,900
Total/Media	106	92	198	5,1	3,0	4,1	0,84	0,29	0,59	2,7607	0,2263	2,9870	5,982	0,644	3,516

(*) 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.

Tabla 5-7. 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 de 2025

Rango Dbe (cm)	N° de individuos			N° Vástagos promedio por individuo			Altura media (m)			Área basal acumulada (m²)			Área de copa (m²)		
	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos*	Total

Fuente: Cuadro 2, Anexo 10 Informe “Estimación biomasa de una población del género *Prosopis* emplazada en la quebrada de Camar” (Abril 2025).

La Tabla 5-8 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 8.159,37 kg para el total de la población medida (106 árboles “Vivos” y 92 árboles “Secos”), con un valor promedio por individuos de 41,2 kg. El 94,8% de la biomasa proviene de individuos vivos y sólo el 5,2% restante a individuos secos.

El 77,9% de la biomasa aérea se concentra en seis individuos monofustales de gran tamaño de la serie B, con diámetros que van entre los 60 y los 70 cm y con alturas que van entre los 3,9 m hasta 7,1 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 (Parrés, 2001; ver capítulo 1.3).

La biomasa aérea total de los individuos se distribuye porcentualmente de la siguiente forma: un 11,7% corresponde al fuste, 85,5% 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 puede determinar exactamente cuál es la proporción real de cada componente, ya que estos no presentan hojas. Los árboles registran una biomasa acumulada de frutos de 1,73 kg (Peso fresco), con valores entre los 0,33 kg/árbol y los 1,43 kg/árbol, alcanzando una media de 0,43 kg/árbol.

Tabla 5-8. 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 2025

Rango Dbe (cm)	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
0 - 2,5	12,84	9,33	22,17	10,18	6,91	17,09	1,74	-	1,74	-	-	-	11,75	8,31	20,06
2,6 - 5	4,12	12,95	17,07	8,24	28,95	37,19	1,03	-	1,03	-	-	-	6,59	26,16	32,75
5,1 - 7,5	2,43	2,97	5,40	0,49	4,06	4,55	1,10	-	1,10	-	-	-	7,74	13,15	20,89
7,6 - 10	15,97	12,40	28,37	2,42	1,47	3,89	1,17	-	1,17	-	-	-	52,13	53,17	105,30
10,1 - 12,5	5,58	3,10	8,68	1,36	1,37	2,73	2,92	-	2,92	-	-	-	24,19	23,25	47,43
12,6 - 15	25,43	-	25,43	10,10	-	10,10	6,41	-	6,41	-	-	-	140,38	-	140,38
15,1 - 17,5	9,55	13,96	23,51	3,65	5,02	8,67	3,25	-	3,25	-	-	-	42,44	83,36	125,80
17,6 - 20	16,50	-	16,50	10,25	-	10,25	0,07	-	0,07	-	-	-	72,68	-	72,68
20,1 - 22,5	32,96	7,60	40,56	31,65	12,30	43,95	11,34	-	11,34	-	-	-	153,37	80,78	234,16
22,6 - 25	29,66	-	29,66	12,92	-	12,92	9,12	-	9,12	-	-	-	151,76	-	151,76
25,1 - 27,5	28,38	-	28,38	6,04	-	6,04	5,07	-	5,07	-	-	-	191,55	-	191,55
27,6 - 30	16,43	-	16,43	10,03	-	10,03	2,96	-	2,96	-	-	-	98,26	-	98,26
30,1 - 32,5	22,64	-	22,64	94,64	-	94,64	5,25	-	5,25	-	-	-	212,38	-	212,38
32,6 - 35	-	21,24	21,24	-	16,11	16,11	-	-	-	-	-	-	-	136,91	136,91
35,1 - 37,5	29,70	-	29,70	51,96	-	51,96	4,97	-	4,97	-	-	-	209,92	-	209,92
60,1 - 62,5	156,93	-	156,93	2.896,47	-	2.896,47	43,96	-	43,96	1,46	-	1,46	2.453,06	-	2.453,06
62,6 - 65	141,20	-	141,20	718,72	-	718,72	26,45	-	26,45	0,18	-	0,18	1.113,85	-	1.113,85
67,6 - 70	149,32	-	149,32	1.115,97	-	1.115,97	38,81	-	38,81	0,08	-	0,08	1.345,00	-	1.345,00
77,6 - 80	133,75	-	133,75	1.110,56	-	1.110,56	30,69	-	30,69	-	-	-	1.447,23	-	1.447,23
Total	833,39	83,55	916,94	6.095,65	76,19	6.171,84	196,31	-	196,31	1,72	-	1,72	7.734,28	425,09	8.159,37

(-) 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 2, Anexo 10 Informe "Estimación biomasa de una población del género *Prosopis* emplazada en la quebrada de Camar" (Abril 2025).

5.2 Evaluación de ejemplares de *Neltuma alba* (ex *Prosopis alba*) (algarrobo) con sistema de riego

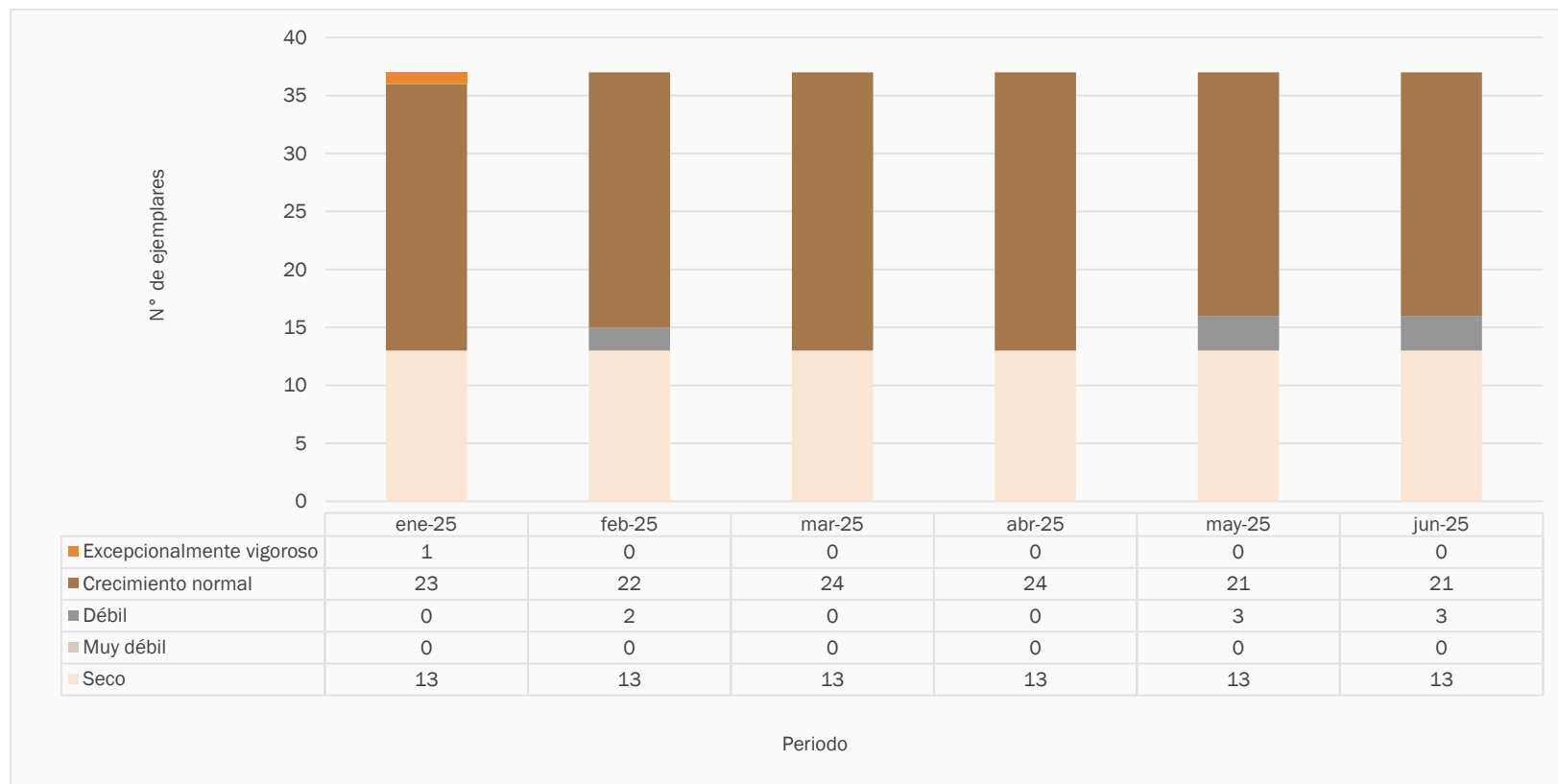
Durante el primer semestre de 2025, el equipo de Gerencia de Medio Ambiente (GMA) de SQM Salar Spa efectuó 19 prospecciones en la quebrada de Camar, con el objetivo de regar a los 37 ejemplares en estudio y evaluar los componentes del sistema de riego. Cabe señalar que, desde la implementación del riego, hasta septiembre de 2024, los parámetros de vitalidad y copa viva fueron registrados por la GMA; sin embargo, a partir de octubre de ese año dejaron de incluirse en los reportes de SQM debido a inconsistencias de criterio respecto del censo mensual realizado por geobiota. En este contexto, los resultados y análisis de esta sección se sustentan en los censos mensuales, cuyo detalle se entrega en el Anexo 1, mientras que los reportes de riego se presentan en el Anexo 8.

5.2.1 Vitalidad

De los 37 individuos con riego, 13 se mantuvieron secos durante todo el semestre. Dado que estos ejemplares ya se encontraban en este estado antes del inicio del periodo evaluado, no se evidencia un deterioro adicional en este semestre. El resto permaneció mayoritariamente en la categoría de Crecimiento normal, aunque tres ejemplares descendieron a Débil en mayo y junio.

Los resultados sugieren que el riego estaría cumpliendo un rol positivo al atenuar el deterioro estacional en los individuos, marcado por la aproximación del invierno. No obstante, al registrarse un descenso en el vigor en algunos pocos ejemplares en los meses de mayo y junio, se podría inferir que si bien el riego contribuye a mantener la condición de la mayoría de los árboles, su efecto no es uniforme en todos los individuos. En consecuencia, el riego favorece la mantención del vigor en la mayoría de los individuos, aunque no logra contrarrestar completamente los efectos estacionales observados en la población.

Figura 5-23. Evolución de la vitalidad de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego



* Los números en la tabla corresponden a la cantidad de ejemplares por categoría de vigor.

Fuente: geobiota, 2025.

5.2.2 Porcentaje de copa viva

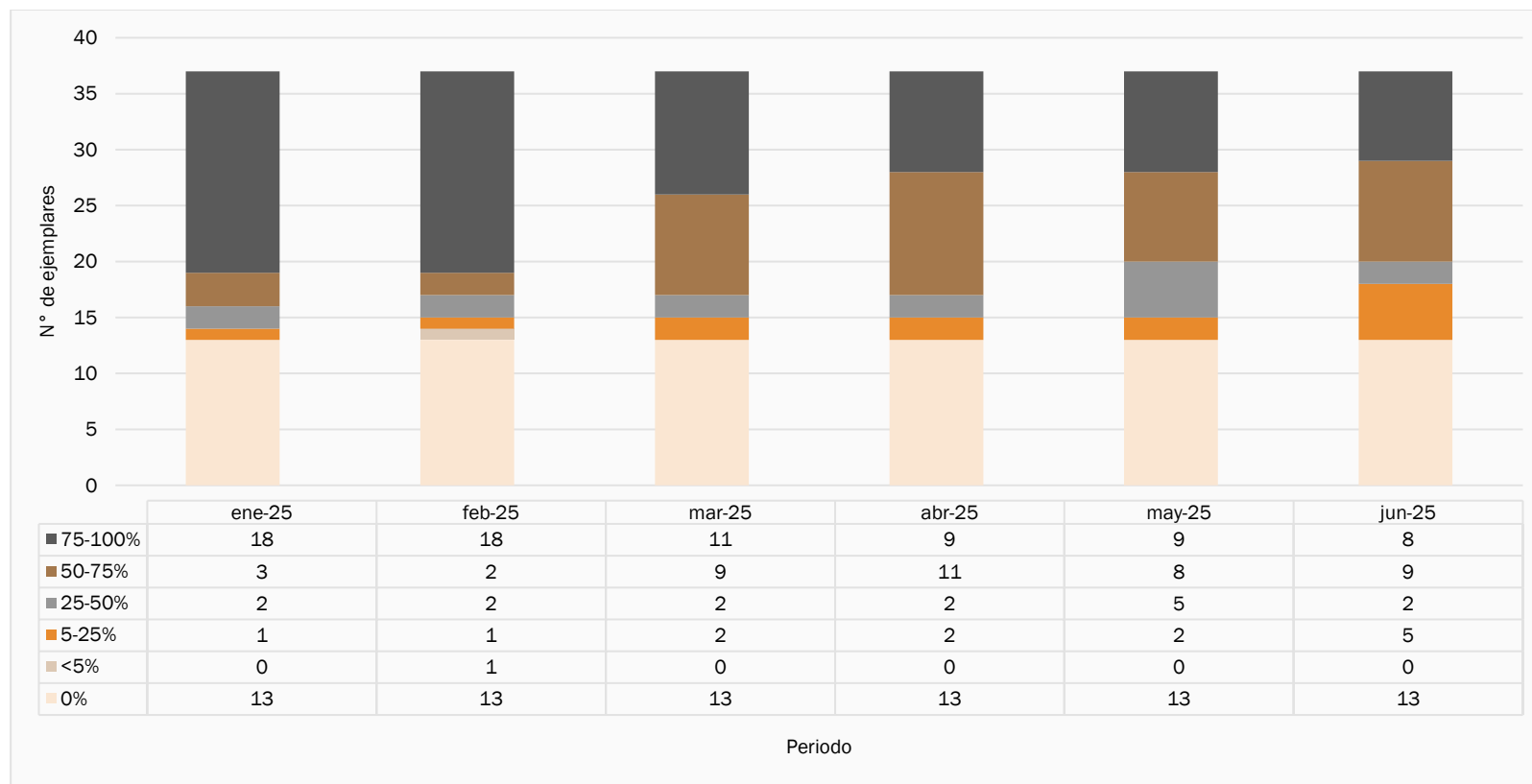
La Figura 5-24, muestra la proporción de copa viva clasificada en seis categorías de porcentaje: 0%, <5%, 5-25%, 25-50%, 50-75% y 75-100%, para los individuos de algarrobo con riego monitoreados durante el primer semestre del 2025.

Las categorías de copa viva más altas (50-75% y 75-100%) predominan al inicio del semestre, pero comienzan a disminuir gradualmente a medida que se acerca el invierno. En paralelo, se observa un aumento en las categorías intermedias (5-25% y 25-50%) hacia la parte final del semestre. En los meses de mayo y junio, este comportamiento se hace más evidente, lo que se relacionaría a la estacionalidad. Por su parte, el número de árboles sin copa viva no presenta variaciones, con 13 individuos durante todo el semestre.

Estos resultados son consistentes con los parámetros de vigor descritos en la sección anterior, ya que no se observa un deterioro persistente de la copa ni individuos completamente secos o sin follaje. Más bien, se aprecia una disminución del follaje desde las categorías altas hacia intermedias, con pocos ejemplares en las categorías más bajas.

Como se mencionó anteriormente, los árboles vivos con riego, al contar con buena disponibilidad hídrica, presentan únicamente un leve descenso en su vitalidad y una reducción de copa viva al ser especies caducifolias. En este contexto, resulta fundamental mantener en buen estado el sistema de riego mediante revisiones y mantenciones periódicas. Sin embargo, considerando la presión por ramoneo ejercida por los burros salvajes, el riego por sí solo podría ser insuficiente como medida de protección para asegurar altos niveles de vitalidad en estos individuos. Asimismo, se recomienda priorizar el seguimiento de ejemplares en categorías de menor vigor y porcentaje de copa viva, con el fin de prevenir un deterioro progresivo.

Figura 5-24. Evolución del porcentaje de copa viva de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego



* Los números en la tabla corresponden a la cantidad de ejemplares por categoría de copa viva.

Fuente: geobiota, 2025.

5.2.3 Estado de los elementos asociados al programa de riego

A través de las prospecciones semanales (ver Anexo 8), se constata que los desperfectos en los componentes del sistema de riego corresponden a filtraciones en las cañerías y líneas de riego.

En la Tabla 5-9 se muestran los principales desperfectos ocurridos durante el primer semestre de 2025. Los días 06 y 20 de junio no se llevó a cabo el riego por instrucción directa de la unidad ambiental de la comunidad de Camar, debido a filtraciones en la línea de riego entre los individuos A-33 y A-36.

Tabla 5-9. Principales desperfectos detectados en los componentes del sistema de riego

Fecha de detección	Tipo de afectación	Árbol afectado	Reparación
08.02.2025	Filtraciones en las cañerías	-	-
21.02.2025	Filtraciones en las cañerías	-	-
07.03.2025	Filtraciones en las cañerías	-	-
14.03.2025	Daño en tazas y goteros	-	14.03.2025
21.03.2025	Filtraciones en las cañerías	-	-
28.03.2025	Filtraciones en las cañerías	-	-
09.05.2025	Daño en gotero	A-07	09.05.2025
06.06.2025	Filtraciones en líneas de riego	A-33 y A-36	-

Fuente: geobiota, 2025. En base a los reportes de riego de la Gerencia de Medio Ambiente de SQM (Anexo 8).

5.3 Caracterización de la flora y vegetación

A continuación, se presentan los resultados asociados al monitoreo trimestral de la flora y vegetación del primer semestre de 2025, el cual contempla los monitoreos de enero y abril de 2025. La base datos obtenida en las campañas se presenta en el Anexo 2 (Flora) y Anexo 3 (Vegetación).

5.3.1 Vegetación

5.3.1.1 Superficie

La quebrada de Camar registró durante el monitoreo de enero y abril de 2025 una superficie total de 4.044,04 ha, de las cuales aproximadamente un 10% están ocupadas por vegetación y el resto (90%) por otras superficies (tales como zonas de vegetación escasa, zonas agrícolas, red vial y zonas pobladas, entre otras). La Tabla 5-10 muestra las superficies y porcentajes de representatividad en el área de estudio según las formaciones vegetales en el primer semestre del 2025:

Tabla 5-10. Formaciones vegetales y otras superficies presentes en la quebrada de Camar

Formación	Cobertura (%)	Superficie enero 2025		Superficie abril 2025	
		(ha)	Participación (%)	(ha)	Participación (%)
Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> - <i>Ephedra multiflora</i> (Rica rica - Pingo pingo)	Ralo	11,45	0,28	8,17	0,20
	Muy abierto	23,66	0,59	5,79	0,14
	Abierto	0,00	0,00	17,87	0,44
Subtotal		35,11	0,87	31,83	0,79
Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i> - <i>Atriplex imbricata</i> (Cachiyuyo - Ojalar)	Ralo	8,57	0,21	1,97	0,05
	Muy abierto	9,97	0,25	1,15	0,03
	Abierto	1,47	0,04	22,66	0,56
Subtotal		20,01	0,49	25,78	0,64
Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> (Brea)	Rala	46,12	1,14	49,25	1,22
	Muy abierto	165,50	4,09	65,95	1,63
	Abierto	29,25	0,72	127,01	3,14
	Semidenso	1,43	0,04	1,43	0,04
Subtotal		242,30	5,99	243,64	6,02
Matorral de <i>Tiquilia atacamensis</i> (Káuchal)	Ralo	67,70	1,67	67,87	1,68
	Muy abierto	29,33	0,73	28,09	0,69
	Abierto	0,17	0,00	0,17	0,00*
Subtotal		97,20	2,40	96,13	2,38
Total Matorrales	-	394,62	9,76	397,38	9,83
Bosque de <i>Neltuma alba</i> (algarrobo)	-	9,40	0,23	9,40	0,23
Subtotal		9,40	0,23	9,40	0,23
Pradera de <i>Distichlis spicata</i> (Gramma salada)	Ralo	3,31	0,08	0,24	0,01
	Muy abierto	0,24	0,01	0,24	0,01
Subtotal		3,55	0,09	0,48	0,01
Total superficie cubierta por vegetación		407,57	10,08	407,26	10,07
Zona agrícola	-	7,36	0,18	7,36	0,18
Zona de vegetación escasa	-	3.583,89	88,62	3.584,20	88,63
Zona poblada	-	5,13	0,13	5,13	0,13
Áreas intervenidas	-	8,51	0,21	8,51	0,21
Tranque	-	0,24	0,01	0,24	0,01
Red vial	-	31,34	0,77	31,34	0,77

Tabla 5-10. Formaciones vegetales y otras superficies presentes en la quebrada de Camar

Formación	Cobertura (%)	Superficie enero 2025		Superficie abril 2025	
		(ha)	Participación (%)	(ha)	Participación (%)
Subtotal otras superficies		363,47	89,92	3.636,78	89,93
Total general		4.044,04	100,00	4.044,04	100,00

(*) Cifra menor al 0,01%.

Fuente: geobiota, 2025.

Tal como se señala en la tabla anterior, las formaciones vegetales con mayor superficie dentro de la quebrada corresponden a los matorrales con 394,62 ha (enero) y 397,38 ha (abril), lo que representa el 9,76% y 9,83% de la superficie total de la quebrada respectivamente. En menor proporción, se encuentran las formaciones boscosas con 9,40 ha (0,23% de la quebrada) en cada mes, y praderas con 3,55 ha (0,09% de la quebrada) en enero, y 0,48 ha (0,01% de la quebrada) en abril. La mayor parte de la quebrada corresponde a zonas de vegetación escasa, cuya cobertura de especies vegetales es menor al 5%. En enero, éstas registraron una superficie de 3.583,89 ha (88,62% de la quebrada), y en abril una superficie de 3.584,20 ha (88,63% de la quebrada). El 1,30% de la superficie restante se divide en el área ocupada por la red vial (31,34 ha), las zonas agrícolas (7,36 ha), zonas pobladas (5,13 ha), áreas intervenidas (8,51 ha) y el tranque de agua asociadas al pueblo de Camar (0,24 ha), cuyas superficies no variaron en el período analizado.

Cabe destacar que las variaciones en las superficies registradas para algunas formaciones vegetacionales se deben principalmente a mejoras en la precisión metodológica. El uso combinado de imágenes satelitales y observaciones en terreno permite una delimitación más exacta de los límites de las diferentes formaciones, lo que a su vez facilita actualizar y perfeccionar los mapas de vegetación de cada trimestre. Los mapas correspondientes a enero y abril de 2025 se adjuntan en el Anexo 4.

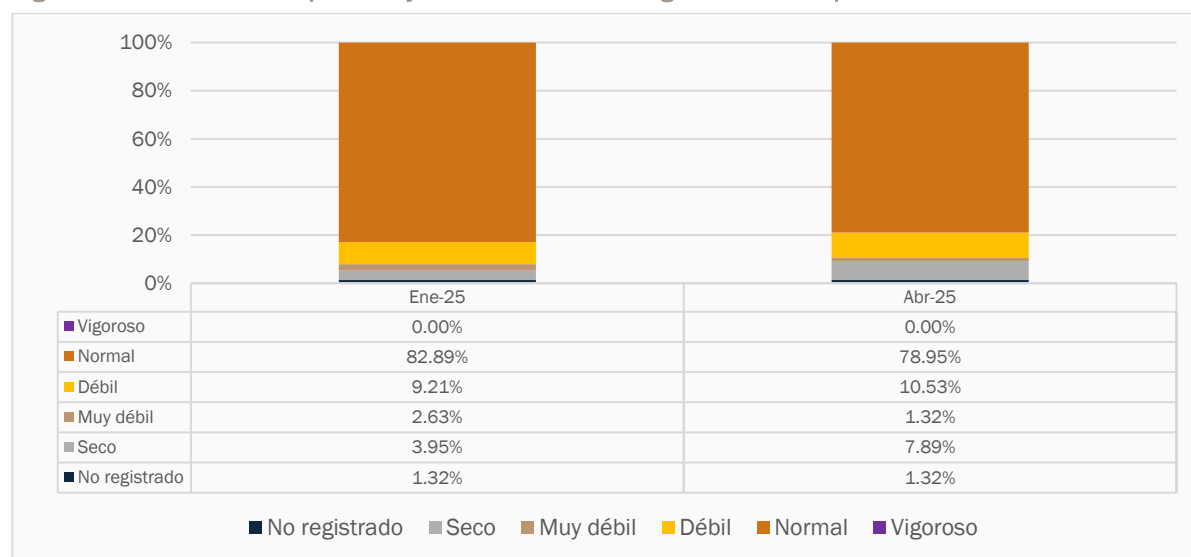
5.3.1.2 Vitalidad

Las prospecciones de vegetación realizadas durante el primer semestre de 2025 (Figura 5-25) evidencian que, en términos de vitalidad, la mayoría de las unidades vegetacionales se concentraron en la categoría de Crecimiento normal, con proporciones similares entre enero (82,89%) y abril (78,95%). En una menor proporción, se registraron unidades en condición Débil, también con valores cercanos en ambos periodos (9,21% en enero y 10,53% en abril). Un porcentaje reducido correspondió a unidades con vigor Muy débil, mientras que las unidades secas mostraron un incremento de 3,95% en enero a 7,98% en abril.

Estos resultados evidencian una cierta estabilidad en las condiciones de vitalidad durante el primer semestre de 2025; no obstante, entre las principales variaciones destaca el aumento de unidades en estado Seco hacia abril. En el monitoreo actual, de los 76 puntos analizados, dicha condición se registra en 3 formaciones vegetacionales de *Tiquilia atacamensis* y en 3 puntos de zonas de vegetación escasa.

Respecto al estado fitosanitario de los polígonos visitados, además de lo registrado respecto a la afectación antrópica y/o natural por daño animal (ver acápite 5.3.1.5), no se observan signos de otros tipos de daños.

Figura 5-25. Variación del porcentaje de vitalidad en la vegetación de la quebrada de Camar



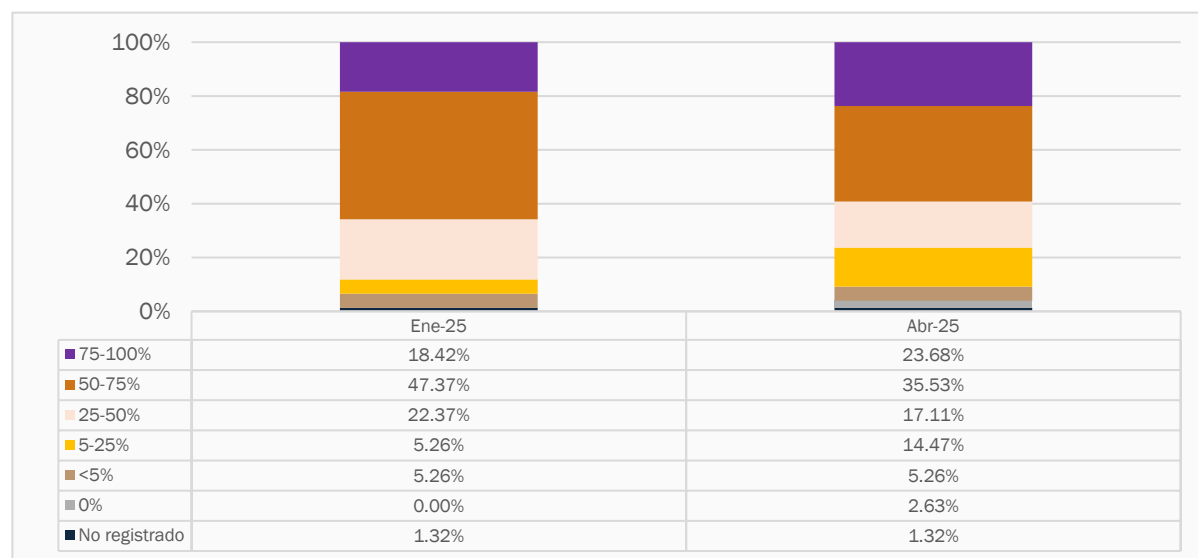
Fuente: geobiota, 2025.

5.3.1.3 Porcentaje de copa viva

Los resultados del porcentaje de copa viva de las unidades vegetacionales objeto de estudio se presentan en la Figura 5-26. Se observa que la mayoría de los registros se concentraron en la categoría 50-75% en ambos periodos, aunque con una reducción desde 47,37% en enero a 35,53% en abril. Por el contrario, la categoría 75-100% sostuvo un aumento entre los periodos, pasando del 18,42% a 23,68%. Por otra parte, la categoría 25-50% descendió levemente, mientras que la categoría 5-25% registró un aumento importante, pasando de un 5,26% en enero a 14,57% en abril. Así mismo, la categoría 0% se presentó únicamente en abril, con un 2,63%.

Estos resultados muestran que entre enero y abril existe un desplazamiento en la distribución de los porcentajes de copa viva hacia categorías más bajas. La reducción en los rangos intermedios (50-75% y 25-50%), junto con el aumento en las categorías menores (5-25% y 0%), podría ser una respuesta de las plantas al comienzo de la época de receso vegetativo propia del periodo otoño. No obstante, el aumento en la categoría 75-100% indica que ciertas unidades mantienen un buen desarrollo de su copa, posiblemente relacionado con mejores condiciones microambientales.

Figura 5-26. Variación del porcentaje de copa viva en la vegetación de la quebrada de Camar

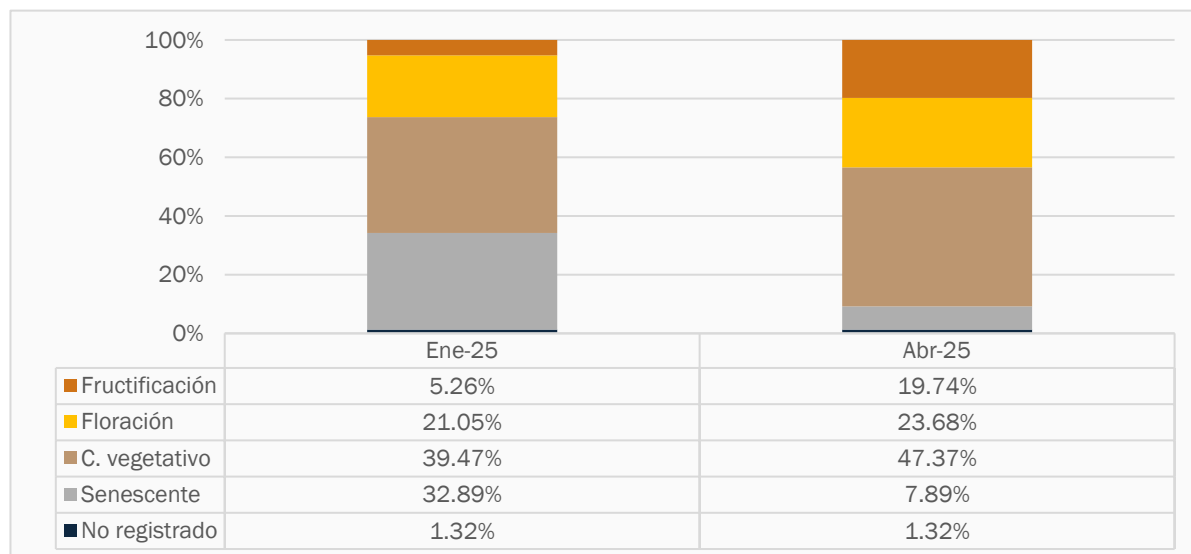


Fuente: geobiota, 2025.

5.3.1.4 Estado fenológico

La variación del estado fenológico de las 75 unidades vegetacionales visitadas y descritas en el primer semestre del 2025 se presenta en la Figura 5-27. La categoría más representada en ambos meses fue Crecimiento vegetativo, abarcando el 39,47% de las muestras en enero y aumentando al 47,37% en abril. La etapa de Floración también estuvo presente en ambas campañas, con un leve incremento desde el 21,05% en enero al 23,68% en abril. En cuanto a la etapa de Fructificación, esta fue más frecuente en abril (19,74%) en comparación con enero (5,26%). Por otro lado, la categoría Senescente presentó una disminución considerable entre ambos períodos, pasando del 32,89% en enero al 7,89% en abril.

Figura 5-27. Variación del estado fenológico en la vegetación de la quebrada de Camar



Fuente: geobiota, 2025.

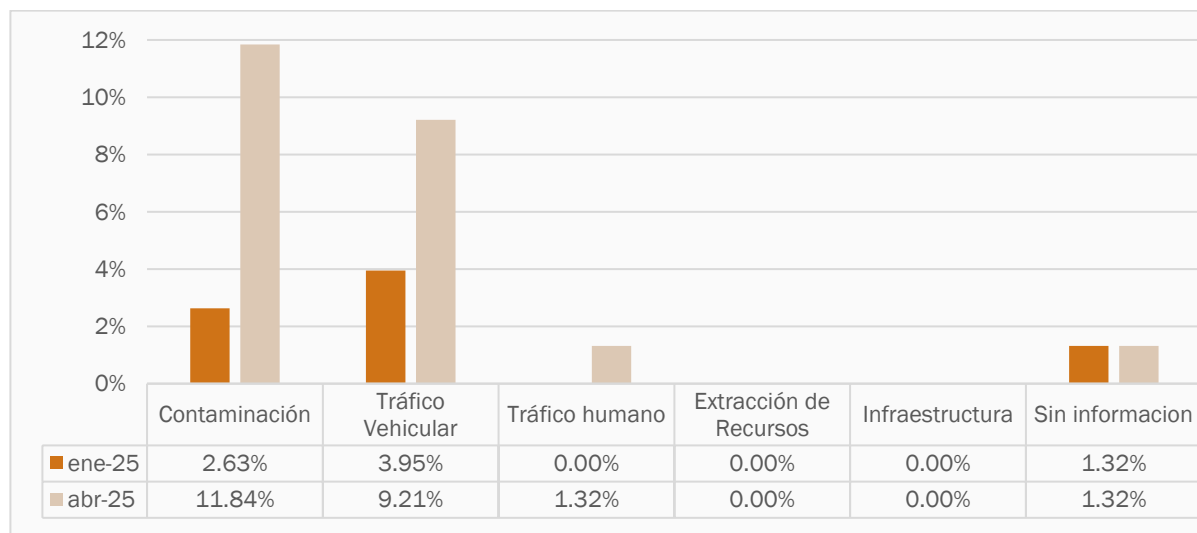
5.3.1.5 Afectación antrópica y/o natural

Los resultados relativos a la afectación antrópica sobre la vegetación dentro de la quebrada de Camar se presentan en la Figura 5-28. De las 75 unidades vegetacionales (polígonos) visitadas en enero de 2025, se registraron signos de intervención antrópica en un 6,58% de los polígonos, el 2,63% corresponde a la categoría de Contaminación y 3,95% en la categoría de Tráfico vehicular. El 92,11% de las muestras vegetacionales no presenta intervención. Por otra parte, en abril de 2025, se registraron signos de intervención antrópica en un 22,37% de las unidades vegetacionales, donde el 11,84% corresponde a la categoría de Contaminación, el 9,21% a Tráfico vehicular y 1,32% a Tráfico humano. En el 76,32% de los polígonos no se observaron signos de intervención antrópica. Cabe destacar que en ambos periodos (enero y abril) un 1,32% se registró como sin información, ya que no fue posible acceder un polígono¹⁵. Los tipos de intervención registrados en el primer semestre del 2025 se pueden ver en la Fotografía 5-1¹⁶.

¹⁵ El punto P-001 no pudo ser monitoreado, ya que, se encuentra dentro de un recito privado.

¹⁶ Las categorías de intervención antrópica y natural fueron reestructuradas con el fin de estandarizar los distintos tipos de afectación registrados históricamente en la quebrada, lo que permite facilitar su comparación en diferentes periodos.

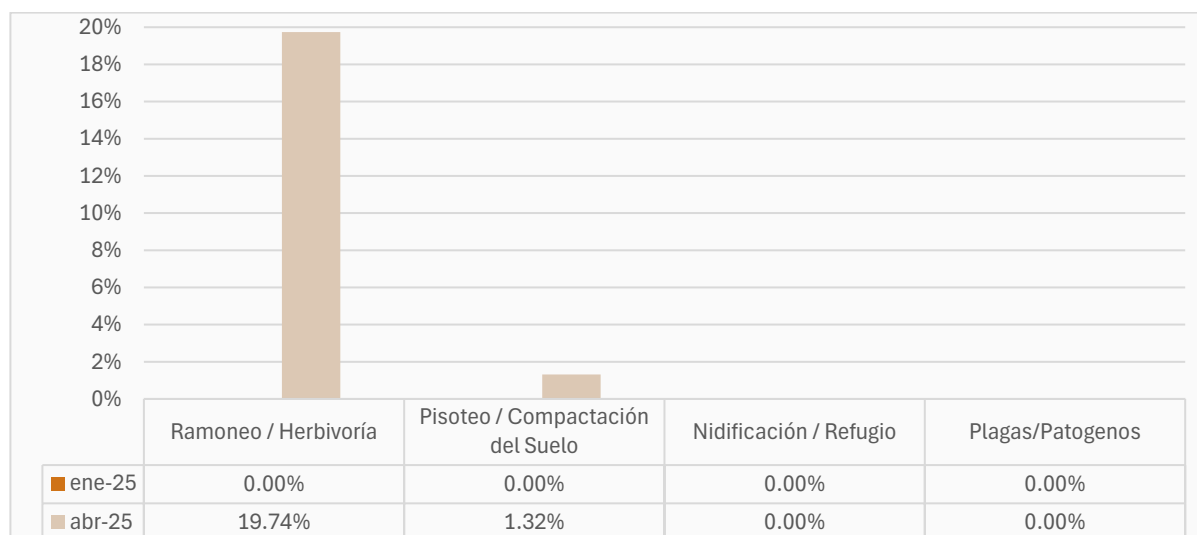
Figura 5-28. Tipos de daño antrópico



Fuente: geobiota, 2025.

En la Figura 5-29 se muestra la afectación natural (animal, presencia de plagas o patógenos) en el primer semestre de 2025. Se reportó información respecto a la presencia de animales en la quebrada únicamente en el mes de abril, a través del registro de Ramoneo/herbívora de burros en un 19,74% de los puntos, y además, Pisoteo/compactación del suelo en un 1,32%.

Figura 5-29. Tipos de daño animal



Fuente: geobiota, 2025.

Fotografía 5-1. Registros fotográficos de afectación natural y antrópica en el área de estudio



Fuente: Registro fotográfico en terreno, enero y abril de 2025.

5.3.2 Flora

La quebrada de Camar, se emplaza en la formación vegetal Desierto del Salar de Atacama, la cual abarca la gran cuenca del Salar de Atacama y sus alrededores. Además, posee una gran homogeneidad en cuanto a paisaje y presenta grandes extensiones carentes completamente de vegetación, especialmente en el interior del Salar. Sin embargo, en su borde y hacia el sur, se encuentran comunidades esteparias desarrolladas (Gajardo, 1994).

Además de los ambientes naturales mencionados, se debe señalar que, dentro de los límites de la cuenca del Salar de Atacama se pueden apreciar algunas áreas con formación de especies del género *Prosopis*¹⁷ (Gajardo, 1994), o establecimiento de poblaciones de forma natural. Estas áreas, en muchos casos, son de pequeña superficie.

5.3.2.1 Riqueza florística

En la Tabla 5-11 se muestran los resultados correspondientes a la riqueza registrada durante el primer semestre de 2025. El análisis de la flora registrada en la quebrada de Camar, de acuerdo con su origen fitogeográfico para los meses de enero y abril de 2025, da cuenta de un total de 10 taxones en enero y 13 en abril. Las especies registradas en los transectos durante enero incluyen a *Aloysia deserticola*, *Atriplex atacamensis*, *Atriplex imbricata*, *Distichlis spicata*, *Ephedra multiflora*, *Tarasa operculata*, *Tessaria absinthioides*, *Tiquilia atacamensis* y *Strombocarpa tamarugo*, mientras que en abril se registraron las mismas especies, con la adición de *Cistanthe celosioides*, *Exodeconus integrifolius* y *Hoffmannseggia doellii*. Además, se encuentra presente dentro de la quebrada la especie arbórea *Neltuma alba* en ambos períodos.

De las especies identificadas en la quebrada de Camar, el 84,62% (11 de los 13 taxa) se ubican en regiones con escasa disponibilidad hídrica, mientras que dos (*Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata*) poseen una amplia distribución nacional. En cuanto al hábito de crecimiento de las especies, en enero, el 70% (7 especies) presentó hábito arbustivo, el 10% (1 especies) correspondió a herbáceas y el 20% restante (2 especies)

¹⁷ Desintegración del género en *Neltuma*, *Strombocarpa* y *Prosopis* en 2022.

a especies arbóreas. En abril, un 53,85% (7 especies) de las especies son arbustos, el 30,77% (4 especies) fueron herbáceas, y el otro 15,38% (2 especies) arbóreas.

Tabla 5-11. Riqueza de especies presentes en el área de estudio

Nº	Nombre científico	Familia	Hábito de crecimiento	Origen	Enero 2025	Abril 2025
1	<i>Aloysia deserticola</i>	Verbenaceae	Arbusto	Nativo	X	X
2	<i>Atriplex atacamensis</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Endémico	X	X
3	<i>Atriplex imbricata</i> var. <i>Imbricata</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Nativo	X	X
4	<i>Cistanthe celosioides</i>	Montiaceae	Hierba anual	Nativo	-	X
5	<i>Distichlis spicata</i>	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X
6	<i>Ephedra multiflora</i>	Ephedraceae	Arbusto	Nativo	X	X
7	<i>Exodeconus integrifolius</i>	Solanaceae	Hierba anual	Nativo	-	X
8	<i>Hoffmannseggia doellii</i>	Fabaceae	Hierba perenne	Endémica	-	X
9	<i>Neltuma alba</i>	Fabaceae	Árbol	Nativo	(*)	(*)
10	<i>Strombocarpa tamarugo</i>	Fabaceae	Árbol	Endémico	X	(*)
11	<i>Tarasa operculata</i>	Malvaceae	Arbusto	Nativo	X	X
12	<i>Tessaria absinthioides</i>	Asteraceae	Arbusto	Nativo	X	X
13	<i>Tiquilia atacamensis</i>	Boraginaceae	Arbusto	Endémico	X	X
Riqueza dentro de los puntos de muestreo					9	11
Riqueza fuera de los puntos de muestreo					1	2
Riqueza total					10	13

X = Presencia de la especie; - = Ausencia de la especie; (*) Especie fuera de transecto

Fuente: geobiota, 2025.

5.3.2.2 Abundancia

En la Tabla 5-12 se presenta la frecuencia y cobertura de las especies registradas en enero y abril de 2025, de acuerdo con la cantidad de puntos de monitoreo donde apareció cada taxa. La especie más frecuente en ambos trimestres fue *Tessaria absinthioides* presente en 56 puntos de monitoreo en enero y 55 en abril. Esto corresponde al 74,67% y 73,33% del total de puntos de muestreo, respectivamente. La segunda especie más abundante es *Atriplex atacamensis* con 28 y 20 registros en enero y abril respectivamente (37,33% y 26,67% del total). Le sigue *Distichlis spicata*, que se registró en 24 puntos (32% del total) en enero y 19 puntos (25,33% del total) en abril. Por su parte, la especie *Tiquilia atacamensis* estuvo presente en 14 puntos de monitoreo (18,67% del total) en enero y 13 puntos (17,33% del total de puntos) en abril. La especie *Aloysia deserticola* se registró en 10 puntos de monitoreo (13,33% del total) en enero, y 12 puntos (16% del total) en abril. *Atriplex imbricata* se presentó en 11 y 3 puntos (14,67% y 4%) en enero y abril, respectivamente.

Por último, se registraron en menor proporción, con participaciones inferiores al 10% en ambos períodos, las especies *Ephedra multiflora* y *Tarasa operculata*. Adicionalmente, *Strombocarpa tamarugo* tuvo un registro durante el período de enero.

Los resultados indican que la cobertura en que se presentan las especies en la quebrada de Camar es baja, y presenta una escasa variación entre los meses de enero y abril (Tabla 5-12). La especie con mayor cobertura fue *Tessaria absinthioides*, con cerca de un 10% en ambos periodos, seguida de *Atriplex atacamensis*, que registró un 1,38% en enero y 2% en abril. Le sigue *Aloysia deserticola*, con un 0,65% en enero y un 1,03% en abril; mientras que el resto de las especies se presentan con coberturas inferiores al 1% en ambos periodos.

Tabla 5-12. Cobertura y frecuencia de las especies dentro de los transectos

N°	Especie	Enero 2025		Abril 2025	
		N° de puntos de muestreo	% de cobertura	N° de puntos de muestreo	% de cobertura
1	<i>Tessaria absinthioides</i>	56	9,37%	55	10,44%
2	<i>Atriplex atacamensis</i>	28	1,38%	20	2,00%
3	<i>Distichlis spicata</i>	24	0,54%	19	0,30%
4	<i>Tiquilia atacamensis</i>	14	0,42%	13	0,39%
5	<i>Aloysia deserticola</i>	10	0,65%	12	1,03%
6	<i>Ephedra multiflora</i>	2	0,06%	1	0,03%
7	<i>Atriplex imbricata</i>	11	0,42%	3	0,04%
8	<i>Tarasa operculata</i>	1	0,00%	1	0,03%
9	<i>Strombocarpa tamarugo</i>	1	0,04%	0	0,00%

Fuente: geobiota, 2025.

5.4 Parámetros del suelo

5.4.1 Monitoreo mensual de CHS

El monitoreo del contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) se realiza desde febrero 2022 con el objetivo de dar cuenta de su evolución temporal y su posible relación con la vitalidad de la población de Algarrobos presente en la quebrada de Camar. Para ello, se toman muestras mensualmente de 40 puntos (ver Tabla 4-17).

De acuerdo con los análisis de laboratorio realizados por la Entidad Técnico Fiscalizadora “ALS Life Sciences Chile” (código ETFA 029-03), el CHS da cuenta de un promedio semestral del $1,38\% \pm 0,97\%$.

Por otro lado, tal como se ha observado en otros monitoreos de suelo dentro de la cuenca del Salar de Atacama, hay sectores donde se da un gradiente de algunos parámetros (entre ellos del CHS) en función de su cercanía al núcleo, dada la existencia de una napa freática que se hace más somera hacia el núcleo del salar. En este sentido, los valores de CHS fueron ordenados de este a oeste, para detectar si la posición espacial

de las muestras guarda alguna relación con el CHS, estos resultados se ilustran en la Figura 5-30 y se entregan en detalle en el Anexo 6.

En el área de la quebrada de camar, el contenido de humedad del suelo se presenta de manera uniforme, es decir, no se observa un patrón espacial marcado en la variable. Lo que es de esperar dada la gran distancia que hay desde la quebrada al núcleo y que la napa freática en el sector se ubica a más de 50 m de profundidad.

Tal como se observa en la Figura 5-30, donde se muestran los valores mensuales de CHS para el primer semestre de 2025, el mayor valor promedio general se registra en el mes de febrero con un $3,26\% \pm 2,41\%$. Por otro lado, el menor valor promedio general se observa en el mes de enero, con un $0,45\% \pm 0,93\%$.

Figura 5-30. Contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) en la quebrada de Camar – primer semestre 2025

Puntos se encuentran ordenados en sentido oeste-este, en función de la cercanía al Salar de Atacama.

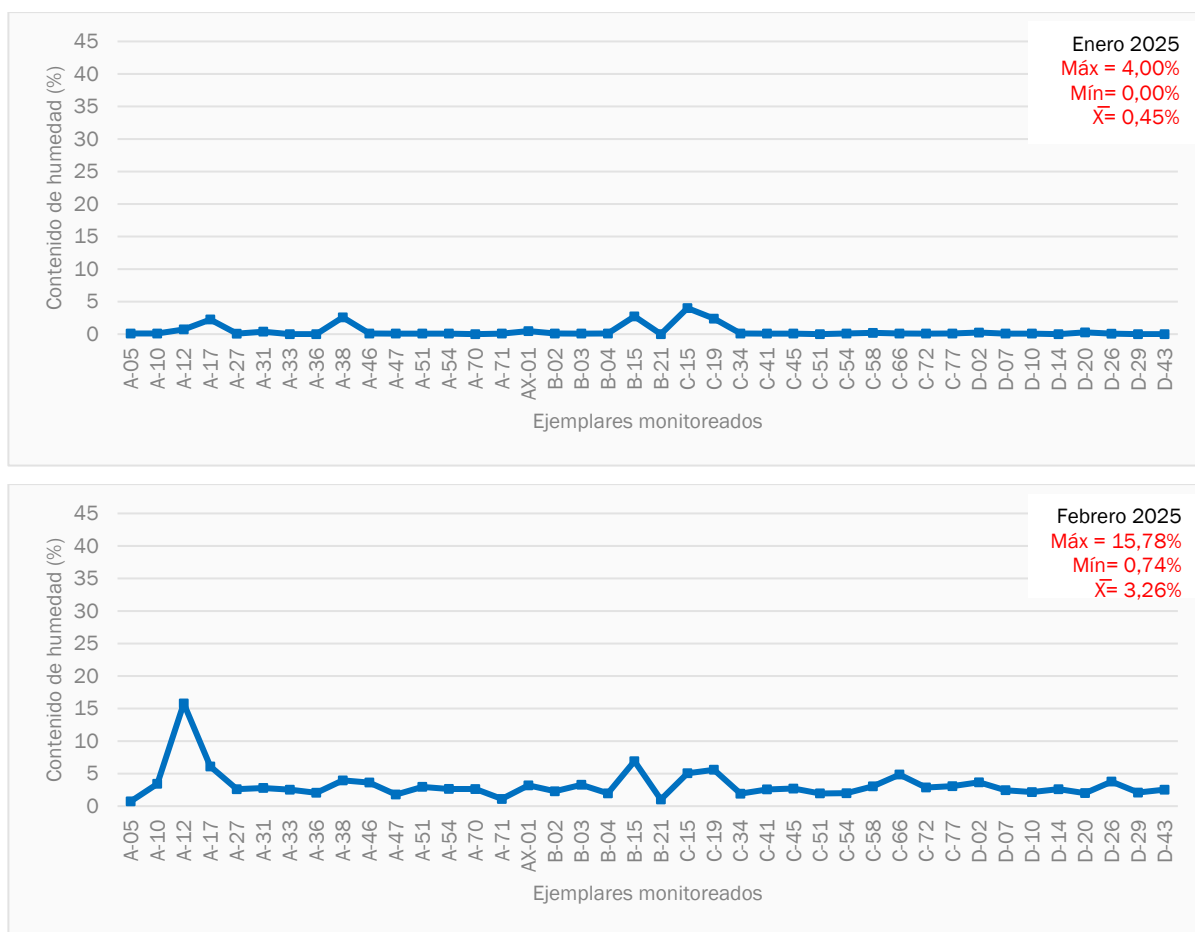


Figura 5-30. Contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) en la quebrada de Camar – primer semestre 2025

Puntos se encuentran ordenados en sentido oeste-este, en función de la cercanía al Salar de Atacama.

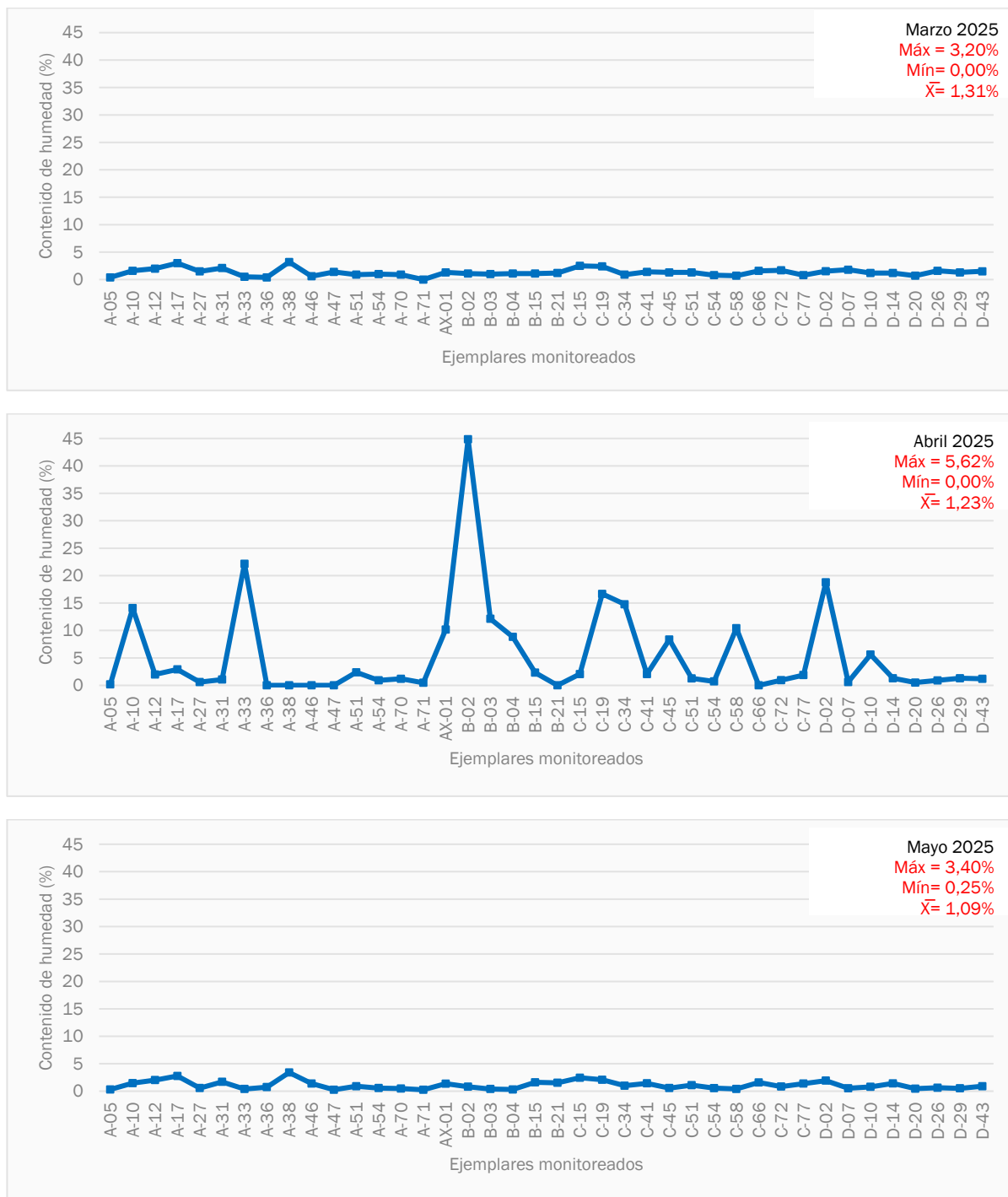
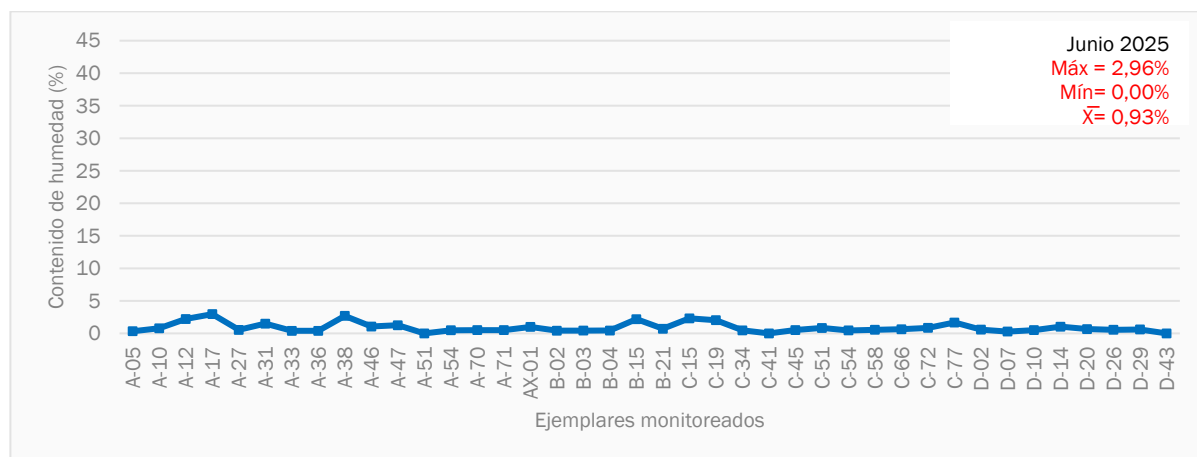


Figura 5-30. Contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) en la quebrada de Camar – primer semestre 2025

Puntos se encuentran ordenados en sentido oeste-este, en función de la cercanía al Salar de Atacama.



Fuente: geobiota, 2025.

Cabe destacar que en noviembre 2022 se aplicó la Acción N°28 del Programa de cumplimiento (implementación de un sistema de riego en algunos individuos de Algarrobos), cuya ejecución comenzó en diciembre de 2022. Al respecto, el promedio de CHS mensual aumentó, presentando mayor variabilidad que los meses anteriores. Un mayor análisis respecto a la evolución del CHS en el tiempo y el efecto de la implementación del sistema de riego se aborda en la sección 6.4. de las discusiones.

Tal como se observa en la Tabla 5-13 y en la Figura 5-31, existe una variación en el tiempo respecto al porcentaje de humedad del suelo en los individuos con y sin sistema de riego. En el monitoreo del primer semestre de 2025, se puede ver que el valor máximo fue 15,78% y se registró en el punto A-12 (individuo con riego) en el monitoreo de febrero, mientras que el valor mínimo fue 0% (<0,01%) y fue registrado en varios puntos durante diferentes meses, con predominancia en el mes de abril.

El valor máximo registrado se desvía considerablemente del promedio y no refleja el comportamiento general de los demás individuos, por lo que se especula que podrían haber sido influenciados por condiciones específicas del momento y lugar de medición. En todos los casos, los individuos con riego presentaron un promedio mayor de CHS que los individuos sin riego.

Tabla 5-13. CHS en individuos de *Neltuma alba* con y sin sistema de riego

Individuo	Sistema	Coordenada este	Coordenada norte	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
A12	Con riego	597.220	7.409.970	0,73	15,78	1,99	1,99	2,01	2,21
A17	Con riego	597.603	7.409.916	2,25	6,1	2,99	2,91	2,77	2,96
A31	Con riego	597.789	7.409.950	0,38	2,79	2,1	1,06	1,7	1,5
A33	Con riego	598.756	7.409.890	0,00	2,53	0,50	22,14*	0,39	0,40
A36	Con riego	598.727	7.409.760	0,00	2,05	0,40	0,00	0,73	0,40

Tabla 5-13. CHS en individuos de *Neltuma alba* con y sin sistema de riego

Individuo	Sistema	Coordenada este	Coordenada norte	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
A38	Con riego	598.674	7.409.690	2,58	3,96	3,20	0,00	3,40	2,70
A46	Con riego	598.490	7.409.730	0,10	3,63	0,60	0,00	1,39	1,06
A47	Con riego	598.580	7.409.760	0,09	1,78	1,39	0,00	0,26	1,26
C15	Con riego	598.603	7.409.690	4,00	5,05	2,50	2,06	2,45	2,31
C19	Con riego	598.630	7.409.700	2,38	5,60	2,40	16,67*	2,08	2,03
AX01	Con riego	598.302	7.409.800	0,46	3,19	1,30	10,18*	1,36	1,00
A05	Sin riego	598.000	7.409.770	0,10	0,74	0,40	0,19	0,31	0,33
A10	Sin riego	597.084	7.409.690	0,10	3,43	1,60	14,07*	1,46	0,79
A27	Sin riego	597.676	7.409.910	0,07	2,60	1,49	0,60	0,57	0,54
A51	Sin riego	598.486	7.409.650	0,09	2,96	0,90	2,38	0,90	100,00*
A54	Sin riego	598.413	7.409.640	0,09	2,64	1,00	0,92	0,56	0,48
A70	Sin riego	598.021	7.409.880	0,00	2,63	0,90	1,20	0,48	0,51
A71	Sin riego	597.816	7.409.790	0,08	1,10	0,00	0,47	0,25	0,50
B02	Sin riego	599.016	7.409.890	0,10	2,29	1,09	44,86*	0,81	0,42
B03	Sin riego	599.710	7.409.940	0,09	3,28	1,00	12,13*	0,39	0,43
B04	Sin riego	600.761	7.410.290	0,10	1,96	1,10	8,84*	0,31	0,44
B15	Sin riego	601.710	7.410.670	2,73	6,91	1,10	2,32	1,61	2,19
B21	Sin riego	602.313	7.411.000	0,00	1,02	1,19	S/I**	1,52	0,72
C34	Sin riego	598.117	7.409.480	0,10	1,92	0,90	14,78*	1,00	0,47
C41	Sin riego	598.133	7.409.490	0,09	2,57	1,40	2,05	1,43	99,43*
C45	Sin riego	598.150	7.409.470	0,09	2,71	1,30	8,34*	0,56	0,52
C51	Sin riego	598.156	7.409.530	0,00	1,95	1,30	1,27	1,09	0,84
C54	Sin riego	598.131	7.409.520	0,10	1,99	0,80	0,72	0,55	0,46
C58	Sin riego	598.113	7.409.510	0,19	3,05	0,70	10,41*	0,41	0,56
C66	Sin riego	598.557	7.409.720	0,10	4,86	1,59	0,00	1,58	0,64
C72	Sin riego	598.575	7.409.720	0,09	2,87	1,69	0,94	0,83	0,85
C77	Sin riego	598.102	7.409.488	0,10	3,07	0,80	1,88	1,38	1,67
D02	Sin riego	599.297	7.409.920	0,24	3,66	1,53	18,79*	1,92	0,58
D07	Sin riego	599.227	7.410.000	0,09	2,44	1,80	0,61	0,53	0,29
D10	Sin riego	598.731	7.409.610	0,09	2,16	1,19	5,62	0,79	0,50
D14	Sin riego	598.603	7.409.720	0,00	2,60	1,19	1,30	1,41	1,04

Tabla 5-13. CHS en individuos de *Neltuma alba* con y sin sistema de riego

Individuo	Sistema	Coordenada este	Coordenada norte	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
D20	Sin riego	598.550	7.409.620	0,27	2,00	0,70	0,51	0,45	0,67
D26	Sin riego	598.113	7.409.460	0,07	3,77	1,60	0,90	0,63	0,56
D29	Sin riego	598.107	7.409.900	0,00	2,09	1,30	1,30	0,52	0,60
D43	Sin riego	598.117	7.410.210	0,00	2,53	1,50	1,20	0,90	0,00

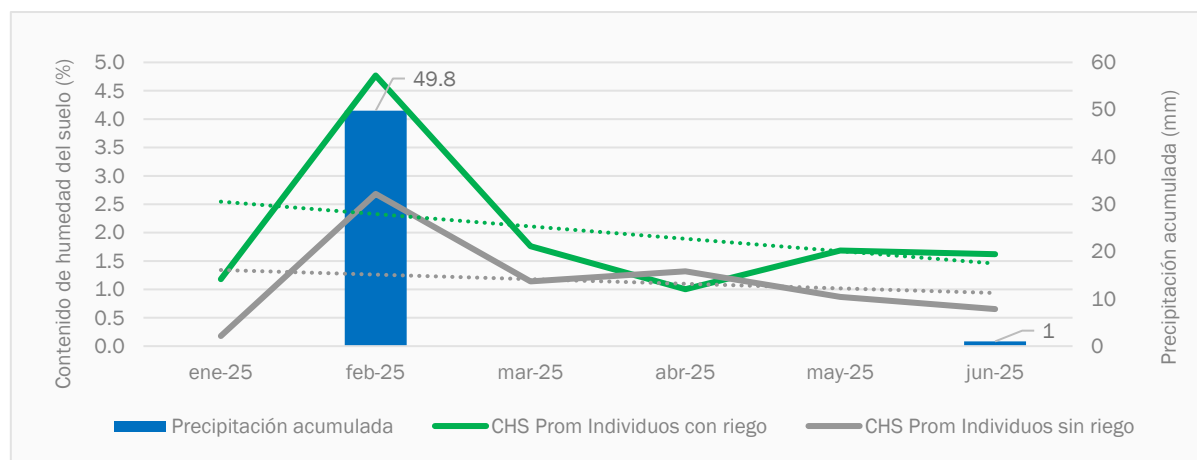
(*) Datos excluidos del análisis al ser considerados anormales al alejarse significativamente de los valores obtenidos históricamente.

(**) No se realiza el muestreo en el punto B-21, ya que se encontraba un burro muerto en estado de descomposición.

Fuente: geobiota, 2025.

La Figura 5-31 muestra los valores promedio de los individuos con riego (11 individuos, correspondientes a las series A y C) y sin riego (29 individuos, correspondientes a las series A, B, C y D) durante el primer semestre de 2025.

El promedio máximo y mínimo de contenido de humedad del suelo de los individuos con riego fue de 4,77% y 1%, en febrero y abril respectivamente. En cuanto a los ejemplares sin sistema de riego, los valores máximo y mínimos fueron 2,68% y 0,18%, en febrero y enero respectivamente. Tanto los individuos con riego como los sin riego, presentan un aumento en el porcentaje del CHS en febrero, concordando con la presencia de las precipitaciones registradas en ese mes (49,8 mm)¹⁸. En ambos casos se observa una leve tendencia a la disminución del CHS en los meses siguientes, sin embargo, en los individuos sin riego esta tendencia es más fuerte.

Figura 5-31. Variación mensual del contenido de humedad del suelo en individuos de *Neltuma alba* con y sin sistema de riego

¹⁸ Los datos climáticos utilizados en el presente informe fueron obtenidos desde la Estación Agrometeorológica Camar, perteneciente a la Red de Monitoreo Agroclimático del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

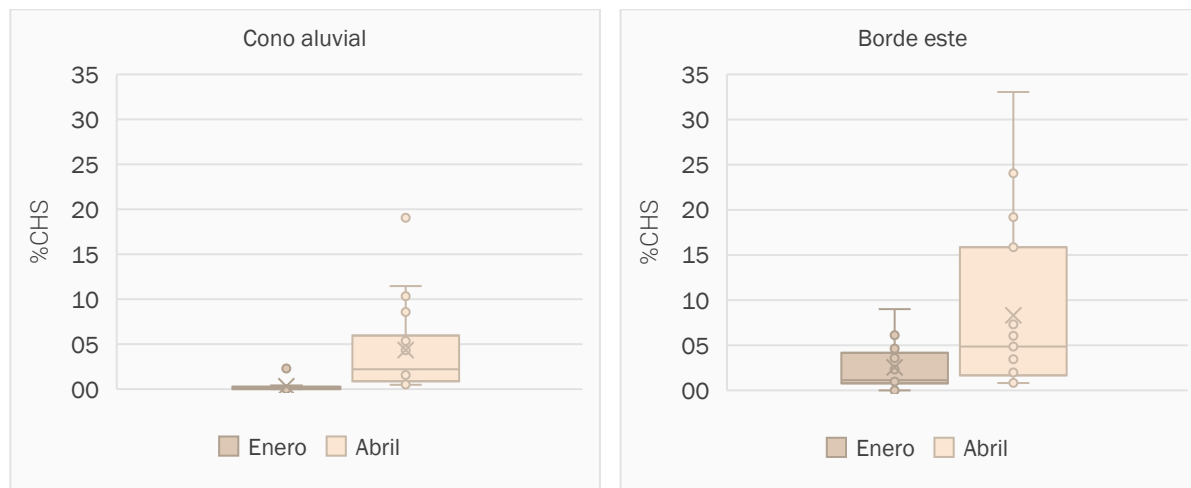
5.4.2 Fuente: geobiota, 2025. Monitoreo trimestral de CHS, pH y CE

5.4.2.1 Contenido de humedad

Los resultados asociados a los 43 puntos de monitoreo de suelos se resumen en la Figura 5-32 y se presentan en detalle en el Anexo 12. A nivel general esta variable muestra un alza de enero a abril en el 90,7% de los puntos de muestreo, pasando de 1,31% a 6,14% de humedad promedio entre ambos periodos. Al observar de manera espacial los datos, se observa que tanto en enero como en abril, los puntos del borde este poseen un mayor contenido de humedad promedio que aquellos ubicados en el cono aluvial; y con un alza hacia abril para ambos sectores, pasando de un promedio de 2,55% a 8,31% en los puntos del borde este y de un 0,33% a 4,35% en el cono aluvial. El incremento del contenido de humedad del suelo en la quebrada podría estar relacionado con las intensas precipitaciones estivales del invierno altiplánico, que en febrero de 2025 registraron un total de 49,8 mm.

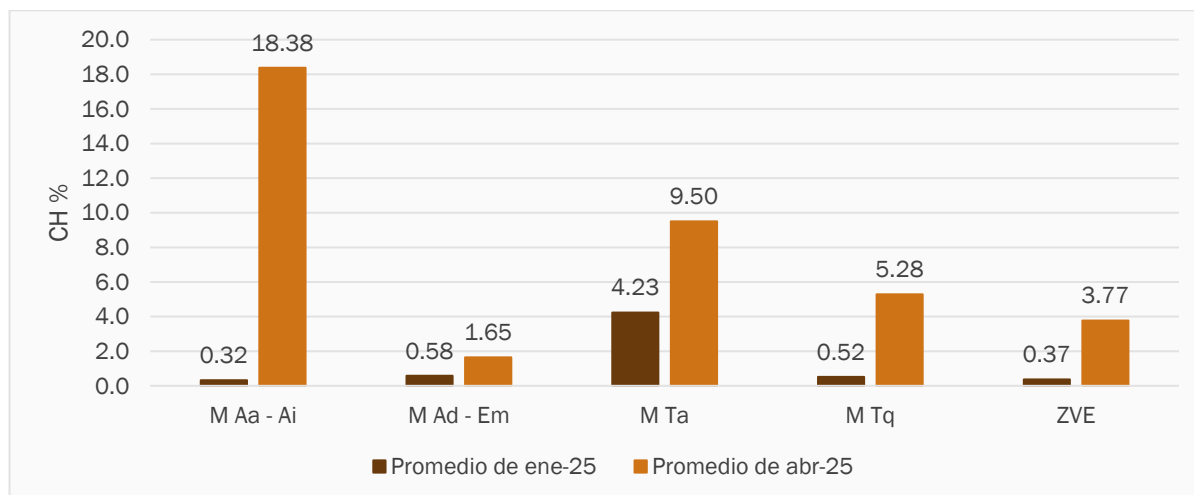
A nivel general los mayores valores para todas las formaciones se observan en el monitoreo de abril (Figura 5-33), seguramente debido a las precipitaciones ocurridas en febrero. Bajo un contexto previo a las lluvias se observa que los mayores niveles de humedad se daban en el matorral de *Tessaria absinthioides* con un valor muy por sobre el resto de las formaciones (4,23% de humedad en contraste con valores que no superan un 0,6% de humedad). Mientras que, tras las lluvias, el contenido de humedad del suelo se dispara en todas las formaciones y en la zona de vegetación escasa, alcanzando el máximo del 18,38% en el matorral de *Atriplex atacamensis* - *Atriplex imbricata*.

Figura 5-32. Contenido de humedad de suelos en los puntos monitoreados de la quebrada de Camar



Fuente: geobiota, 2025.

Figura 5-33. Variación trimestral del contenido de humedad promedio del suelo en la quebrada de Camar



M Ad - Em = Matorral de *Aloysia deserticola* - *Ephedra multiflora*; M Aa - Ai = Matorral de *Atriplex atacamensis*; - *Atriplex imbricata*; M Tq = Matorral de *Tiquilia atacamensis*; M Ta = Matorral de *Tessaria absinthioides*; ZVE = Zona de vegetación escasa.

Fuente: geobiota, 2025.

5.4.2.2 pH del sustrato

Los resultados del pH del sustrato correspondientes a los monitoreos de enero y abril de 2025 para los suelos de la quebrada de Camar se resumen en la Tabla 5-14 y Figura 5-34. Se observa que tanto en enero como en abril la mayoría de los puntos de monitoreo se sitúan en las categorías moderada y fuertemente alcalino, concentrado cerca del 75% de las muestras.

A nivel de ubicación dentro de la quebrada, en el cono aluvial se observa una alta variabilidad del pH en enero, con una mediana cercana a 8,5. Mientras que, en abril, la mediana descendió hacia valores próximos a 8,0, acompañado de una dispersión más acotada, lo que sugiere condiciones más homogéneas en el área. No obstante, se detectaron algunos valores atípicos por sobre 9,0, reflejando sectores puntuales con condiciones más alcalinas (Figura 5-34). Por su parte, en el borde este, los valores de pH se mantuvieron estables entre enero y abril, con medianas cercanas a 8,5 y baja variabilidad general. Sin embargo, se observan valores atípicos en ambos periodos (Figura 5-34).

A nivel de formación (Figura 5-35), en el mes de enero, el matorral de *Tiquilia atacamensis* y en la zona de vegetación escasa (ZVE) registraron valores de pH fuertemente alcalino, mientras que, las formaciones con mayor cobertura vegetal tendieron a presentar valores moderadamente alcalinos. En contraste, tras las lluvias estivales de febrero, en el mes de abril, se observó un aumento del pH en los sectores con más vegetación, alcanzando la categoría de fuertemente alcalino, seguido de una disminución a niveles moderadamente alcalinos para el matorral de *Tiquilia atacamensis* y la ZVE.

Tabla 5-14. Resultados de pH del suelo

Categorías de pH	pH	Enero 2025 (%)	Abril 2025 (%)
Extremadamente ácido	3,5 - 4,4	-	-

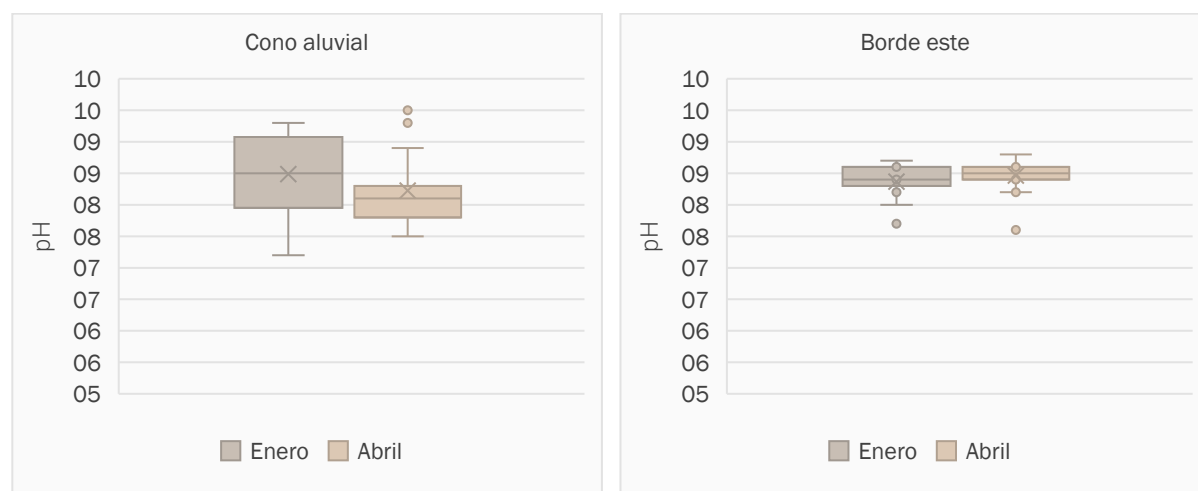
Tabla 5-14. Resultados de pH del suelo

Categorías de pH	pH	Enero 2025 (%)	Abril 2025 (%)
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	2,33%	-
Ligeramente alcalino	7,4 – 7,8	6,98%	19,05%
Moderadamente alcalino	7,9 – 8,4	39,53%	38,10%
Fuertemente alcalino	8,5 – 9,0	37,21%	35,71%
Muy fuertemente alcalino	> 9,0	13,95%	7,14%
Total		100%	100%

* (-) indica que no hubo puntos de monitoreo dentro de la categoría en este período.

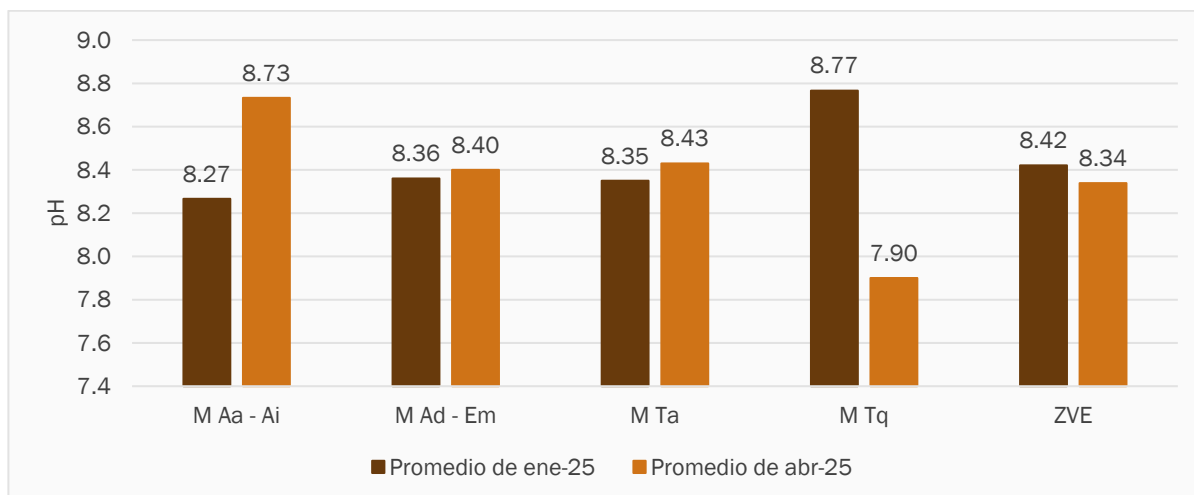
Fuente: geobiota, 2025. A partir de Schoeneberger et al., 2002.

Figura 5-34. pH de suelos en los puntos monitoreados de la quebrada de Camar



Fuente: geobiota, 2025.

Figura 5-35. Variación trimestral del pH promedio en el suelo en la quebrada de Camar



M Ad - Em = Matorral de *Aloysia deserticola* - *Ephedra multiflora*; M Aa - Ai = Matorral de *Atriplex atacamensis*; - *Atriplex imbricata*; M Tq = Matorral de *Tiquilia atacamensis*; M Ta = Matorral de *Tessaria absinthioides*; ZVE = Zona de vegetación escasa

Fuente: geobiota, 2025.

5.4.2.3 Salinidad del sustrato

Los resultados asociados a la salinidad del suelo medida como conductividad eléctrica (CE), durante los monitoreos de enero y abril de 2025, se muestra en la Tabla 5-15. Se observa que, tanto en enero como en abril, la mayoría de los puntos indicaron suelos no salinos, seguidos por suelos fuertemente salinos. Entre ambos meses se observa que la proporción de muestras en estas categorías varía, siendo mayor la proporción de unidades no salinas en enero que en abril (83,72% vs 50%) y por el contrario, las unidades fuertemente salinas aumentan de enero a abril (11,63% vs 23,81%).

A nivel de ubicación dentro de la quebrada, en el cono aluvial, la conductividad eléctrica se mantuvo en valores bajos y con escasa variabilidad tanto en enero como en abril, aunque en este último mes se detectaron outliers más notorios hacia niveles de CE mayores. En cambio, en el borde este los valores fueron considerablemente más altos, destacando además una mayor variabilidad en enero respecto de abril. Sin embargo, en enero aún se observaron muestras No salinas mientras que en abril todas evidenciaron algún grado de salinidad (Figura 5-36).

En la Figura 5-37 se aprecia que tanto en enero como en abril los mayores valores de conductividad se encuentran en el matorral de *Aloysia deserticola* - *Ephedra multiflora* y el matorral de *Tessaria absinthioides*, destacando también con valores relativamente altos, la zona de vegetación escasa. Se observa que la salinidad de enero a abril aumenta tras las lluvias de febrero en todas las formaciones, excepto en el matorral de *Tiquilia atacamensis*, que mantiene un bajo valor (0,1 dS/m).

Tabla 5-15. Resultados de conductividad eléctrica del suelo

Categorías de salinidad	Conductividad eléctrica (dS/m)	% enero 2025	% abril 2025
No salino	0 - 0,98	83,72%	50,00%

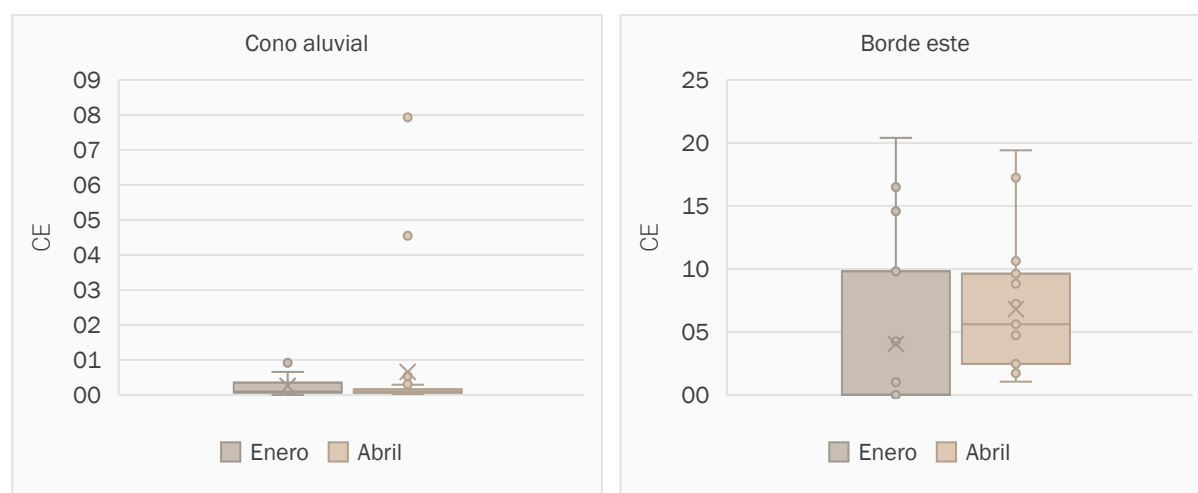
Tabla 5-15. Resultados de conductividad eléctrica del suelo

Categorías de salinidad	Conductividad eléctrica (dS/m)	% enero 2025	% abril 2025
Muy ligeramente salino	0,98 – 1,71	2,33%	2,38%
Ligeramente salino	1,71 – 3,16	0,00%	16,67%
Moderadamente salino	3,16 – 6,07	2,33%	7,14%
Fuertemente salino	> 6,07	11,63%	23,81%
Total		100,00	100,00

“-“ indica que no hubo puntos de monitoreo dentro de la categoría en este período.

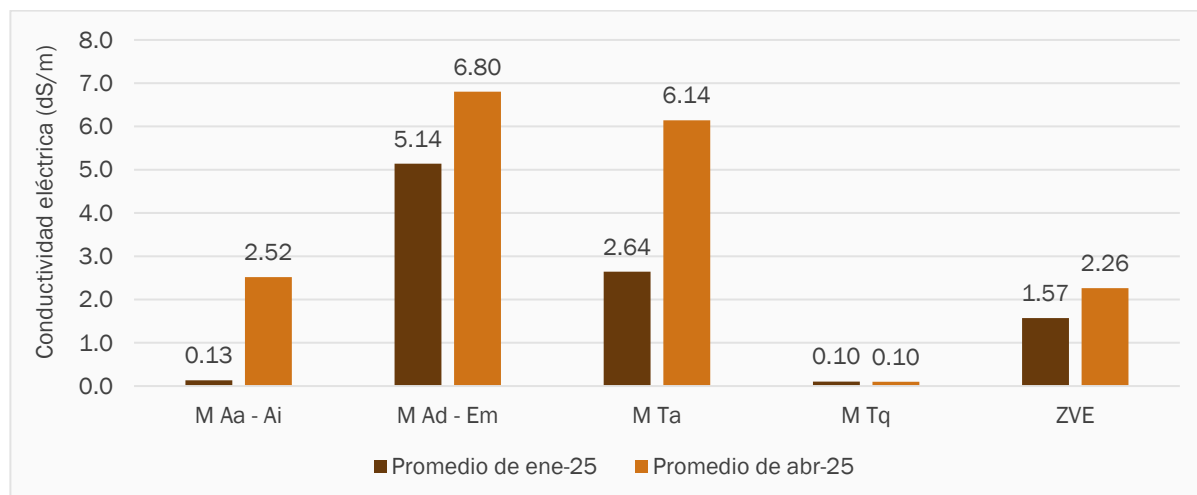
Fuente: Elaboración propia, a partir de USDA NRCS, 2001.

Figura 5-36. Salinidad de suelos en los puntos monitoreados de la quebrada de Camar



Fuente: geobiota, 2025.

Figura 5-37. Variación trimestral de la salinidad promedio del suelo en la quebrada de Camar



M Ad - Em = Matorral de *Aloysia deserticola* - *Ephedra multiflora*; M Aa - Ai = Matorral de *Atriplex atacamensis*; - *Atriplex imbricata*; M Tq = Matorral de *Tiquilia atacamensis*; M Ta = Matorral de *Tessaria absinthioides*; ZVE = Zona de vegetación escasa

Fuente: geobiota, 2025.

Para mayor detalle, en el Anexo 7 se presentan los informes de laboratorio ETFa y en el Anexo 12 la Base de datos suelo trimestral (CHS, pH y CE).

6 Discusiones

6.1 Monitoreo de ejemplares de *Neltuma alba* (ex *Prosopis alba*) (algarrobos)

A la fecha de junio de 2025, entre todas las series monitoreadas, existe un acumulado de 103 ejemplares desaparecidos o desprendidos. De estos, 12 fueron desprendidos por aluviones en temporadas previas al 2020. A lo anterior, se suman eventos de escorrentías luego de las precipitaciones registradas en los meses de febrero y marzo de 2023¹⁹, los que causaron el desprendimiento de al menos 13 individuos en abril 2023²⁰. A la fecha, la causa de la desaparición del resto de los ejemplares no ha podido establecerse con precisión. Sin embargo, se cree que este fenómeno podría estar relacionado con factores abióticos, tales como la acción del viento y el consecuente desplazamiento de arenas, que generan condiciones de inestabilidad y eventual soterramiento de individuos. De igual forma, factores bióticos como el ramoneo y el daño mecánico provocado por el tránsito de animales pudo contribuir a la pérdida de estructuras aéreas. Adicionalmente, no se descarta la incidencia de perturbaciones de origen antrópico, ya sea por extracción o pisoteo.

Por otra parte, a la fecha (junio de 2025), se han identificado 17 individuos de *Strombocarpa tamarugo*. Esta especie no se ha encontrado en su etapa adulta dentro de la quebrada, por lo que, según conversaciones con comuneros de Camar, es posible que estos individuos se hayan establecido en la zona a través de semillas provenientes del sector de Tambillo, debido a que la comunidad ha utilizado pasto para forraje proveniente de esa zona.

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, trasladados, e individuos de *S. tamarugo* son excluidos de los análisis. De esta forma, se analizan los resultados de los 365 ejemplares que se encuentran en pie hasta la fecha (junio de 2025).

6.1.1 Vitalidad

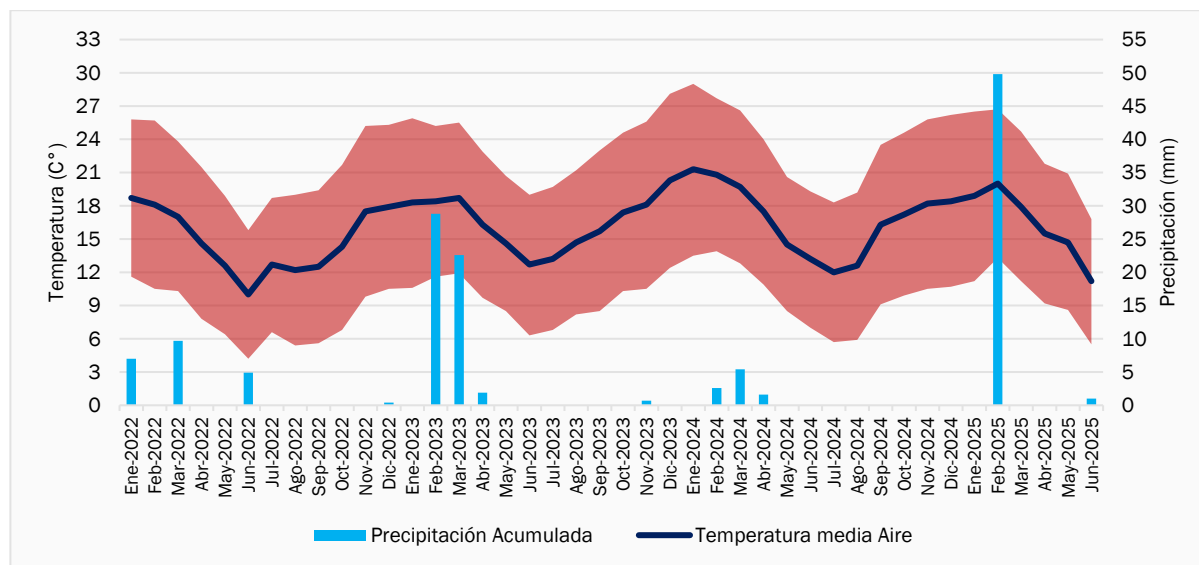
Respecto a la vitalidad de los algarrobos, se observa en todas las series fluctuaciones que responden al cambio de estacionalidad, mejorando o empeorando en diferentes intensidades la vitalidad de las series. La variabilidad de la respuesta entre las series podría deberse al rango etario que compone a cada serie, así como su ubicación y tamaño. En todas las series se observa una mejora en el estado de vitalidad durante las temporadas de primavera y verano, temporadas en las que se presentan mayores temperaturas y se registran

¹⁹ SQM en línea, <https://www.sqmsenlinea.com/meteorology> y Red Agrometeorológica de INIA. Estación Camar, San Pedro de Atacama. www.agrometeorologia.cl

²⁰ En abril 2023 se sumaron 32 individuos desaparecidos. Sin embargo, no se puede determinar con certeza que todos los individuos hayan desaparecido en ese período y producto de las escorrentías debido a que en marzo 2023 el terreno fue suspendido y no fue posible registrar un total de 179 de individuos. De los 179 individuos no registrados en marzo, 27 se registraron desaparecidos en el mes de abril y de ellos, 11 registran observaciones explícitas de desaparición producto de la escorrentía.

precipitaciones (Figura 6-1). En todas las series se observa que el periodo invernal 2022 es el de mayor deterioro, dominando las categorías de menor vitalidad como Seco, Muy débil y Débil.

Figura 6-1. variación mensual de temperatura y precipitaciones en Camar



Fuente: geobiota, 2025.

Respecto a la variación histórica en la vitalidad de la serie A (ver Figura 6-2) durante el periodo 2022-2025, los individuos muestran marcados periodos de mejora o deterioro coincidiendo con cambios estacionales, mejorando durante primavera-verano y con mayor deterioro en otoño-invierno. A lo largo del periodo estudiado, la categoría de Crecimiento normal es la más frecuente, con un promedio de representatividad del 31,40% a la fecha, y con un máximo de 53,33% registrado en marzo de 2024. La categoría Débil es la segunda de mayor representatividad a lo largo del tiempo, presentándose mayoritariamente durante la época invernal, desde mayo a septiembre, registrando su máximo en septiembre de 2023 con una representatividad del 30% y un promedio a la fecha de 8,54%. Durante la primavera de 2024 y verano de 2025 disminuyen las categorías Muy débil y Débil, y aumentan las categorías Crecimiento normal y Seco, esto dado que muchos individuos en categorías Débil o Muy débil pasaron a Seco y en menor medida a Crecimiento normal, quedando ambas categorías en junio de 2025 con un 65% y 28,33% de representatividad respectivamente. Durante el periodo restante del 2025 la situación se mantiene estable, con leves oscilaciones entre los meses en las categorías Débil y Crecimiento normal.

Los individuos de la serie B (ver Figura 6-2) muestran una mayor capacidad de recuperación, con una mayor participación en el tiempo de las categorías Ex. Vigoroso y Crecimiento normal en comparación a la serie A. Al igual que en el caso anterior, las variaciones en la mejora o deterioro del estado de vitalidad de los individuos coinciden con los cambios estacionales, registrando un menor vigor durante el periodo invernal. En contraparte, durante el verano, la categoría de Crecimiento normal tiende a tener una mayor representatividad, siendo categoría de mayor representatividad a lo largo del tiempo de estudio, con un promedio 37,39%.

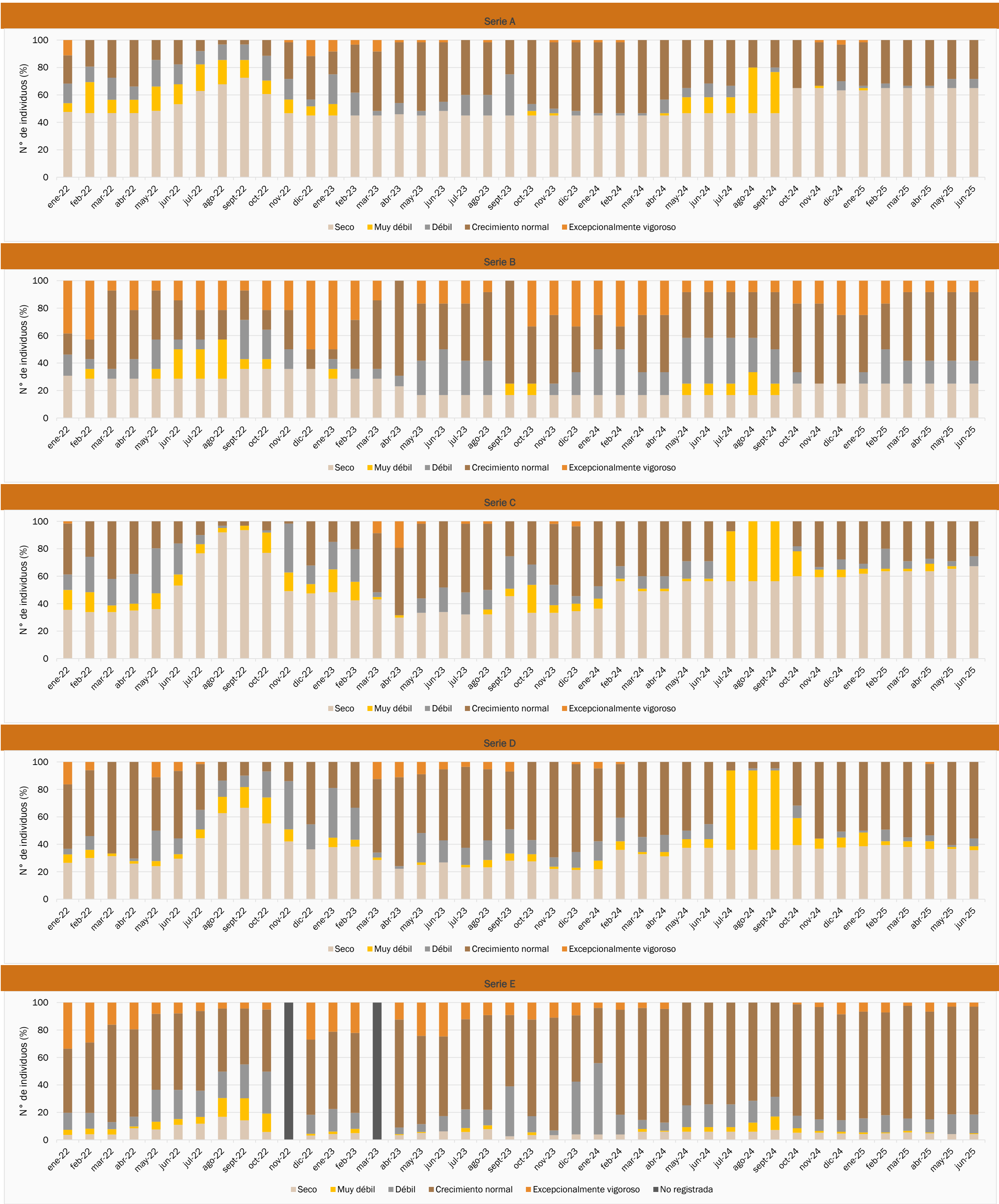
La serie C (Figura 6-3) se comporta de igual forma mejorando el estado de vitalidad hacia las temporadas de primavera y verano, sin embargo, presenta una mayor tendencia a estados de vitalidad más bajos. Durante

la temporada invernal de 2022, tanto en agosto como en septiembre casi el 100% de los individuos se catalogaron en estado Seco, situación que comienza a mejorar en primavera con mayor cantidad de individuos Débiles y en Crecimiento normal. Durante los meses de febrero y marzo se registraron eventos de precipitaciones (Figura 6-1), lo cual se refleja en un drástico cambio en el estado de vitalidad de los individuos con un aumento en la categoría de Crecimiento normal, marcando en mayo su punto máximo con un 54,39% de representatividad. Es importante mencionar que la categoría Ex. Vigoroso se presenta casi exclusivamente durante 2023 en esta serie, principalmente en los meses posteriores a las precipitaciones. Si bien durante la temporada invernal 2023 vuelve a reflejarse un deterioro en la vitalidad, durante primavera se vuelve a revertir, aunque con menor intensidad y mayor variabilidad de las categorías Muy débil y Débil, continuando la tendencia hacia el deterioro la cual vuelve a bajar durante primavera 2024 pero con mayor representatividad de las categorías de vitalidad más baja en especial la categoría seca que llega a junio 2025 con un 67,27%.

Respecto a la variación histórica en la vitalidad de la serie D (Figura 6-2), La categoría Crecimiento normal destaca como la más representativa, alcanzando su máximo en abril de 2022 con un 70,37%, y mostrando consistencia al mantenerse en niveles superiores al 50% durante gran parte de 2023, 2024 y 2025, a excepción del periodo invernal de 2024 donde se vio considerablemente disminuida debido a aumentos en la categoría Muy débil. Por otro lado, la categoría Ex. vigoroso mostró valores bajos y dispersos, con algunos máximos como en enero de 2022 (16,33%) y marzo de 2023 (12,50%), pero con un promedio histórico de 2,49%. En cuanto a las categorías de menor vitalidad (Muy débil y Débil), presentaron grandes variaciones en el periodo estudiado. La categoría Muy débil presentó un promedio de 9,16%, con algunos valores destacablemente altos en julio, agosto y septiembre del 2024. Mientras que la categoría Débil promedió un 10,58%, con algunos máximos aislados, como en enero de 2023 (36,21%) y noviembre de 2022 (35,09%). Por último, la categoría Seco se mantuvo como una de las más representativas, con valores altos en varios meses, particularmente en los meses de invierno como agosto y septiembre de 2022, con 62,71% y 66,67%.

Respecto a la variación histórica en la vitalidad de la serie E (Figura 6-3) la categoría de Crecimiento normal predomina como el estado de vitalidad con mayor número de individuos. Esta categoría alcanzó un máximo en abril de 2024 con un 82,78%, y con valores altos registrados consistentemente en varios momentos del periodo analizado, principalmente en los meses en que las condiciones ambientales son favorables, identificando una mejora en el estado vital de los individuos en primavera y verano. Por otro lado, la categoría Ex. vigoroso, presentó variaciones moderadas, con algunos máximos relevantes en meses como en enero y febrero de 2022 (33,58% y 29,05%). Para esta categoría, es posible identificar una tendencia de disminución en el tiempo, destacando que en 2025 promedia un 9,71%, a diferencia del 10,58% promediado el año anterior. En cuanto a las categorías de menor vitalidad, la categoría Débil mostró incrementos destacados en ciertos periodos, como diciembre de 2023 (38,41%) y enero de 2024 (51,95%). Por su parte, las categorías Muy débil y Seco se mantuvieron con valores bajos y relativamente estables, con algunos máximos ocasionales. Finalmente, respecto a los individuos secos, estos se han mantenido constantes y bajos durante todo el periodo analizado.

Figura 6-2. Variación histórica de la vitalidad en los individuos de algarrobo



*Valores no registrados en serie E: en noviembre de 2022 se suspendió la campaña debido al robo de pertenencias al equipo de terreno. En marzo de 2023, se suspendió la campaña debido a eventos de precipitaciones. En junio de 2023 se registraron datos, pero se suspendió la campaña por motivos de seguridad. En septiembre de 2023 se registraron datos, pero la campaña fue suspendida debido a problemas de salud de los profesionales, y no fue posible reprogramar el monitoreo debido a la falta de autorización por parte de la comunidad. En la gráfica y el análisis, los meses en que si se registraron datos (junio y septiembre de 2023), se consideran solamente los individuos medidos.

Fuente: geobiota, 2025.

6.1.2 Copa viva

Respecto a las categorías de copa viva, se observa el mismo comportamiento para todas las categorías (Figura 6-3). Con un aumento en las categorías de menor follaje durante los meses de la época invernal, en especial durante julio y agosto, y un aumento de la copa hacia épocas más favorables. Este comportamiento, correspondería a una respuesta típica de las plantas, caracterizada por la pérdida foliar a medida que desciende la temperatura del ambiente (Figura 6-1). Estas observaciones podrían indicar que las condiciones favorables para un mayor porcentaje de copa viva se dan entre finales de primavera y comienzos del otoño. Por otro lado, la categoría de copa viva 0% es la de mayor representación en las series A, C y D, mientras en las series B y E, corresponde a la categoría 75-100%, lo que indicaría un mayor deterioro foliar en las primeras series mencionadas. Cabe mencionar que las series B y E están compuestas principalmente por individuos de mayor rango etario y tamaño de individuo y copa, a diferencia de las series C y D que son en su mayoría individuos juveniles de 0 – 1 metro de altura. Mientras que la serie A posee individuos de mayor copa que las series C y D, sin embargo, gran parte de ellos están secos o desaparecidos.

En la serie A, tal como se mencionó anteriormente, el porcentaje de copa viva evidencia una distribución dominada por la categoría 0%, la cual representa una proporción elevada y relativamente estable a lo largo del periodo analizado (Figura 6-3Figura 6-3), alcanzando hasta junio de 2025 un promedio de 53,91%.

Durante mayo 2022 a septiembre 2022 se observa una disminución en las categorías de mayor porcentaje de copa verde y un aumento en las categorías de follaje menor al 25%, concordando con el periodo invernal. Por su parte, en la época de primavera a partir de octubre 2022 se observa una mejora en el estado foliar de la serie, aumentando las categorías mayores al 25%, especialmente las categorías intermedias como 25-50% y 50-75%, las cuales van a comenzar a disminuir a partir de mayo y en mayor medida en julio con la época invernal 2023. Durante 2024 se repite el mismo comportamiento, sin embargo, durante la época invernal, el deterioro foliar registrado es mayor al del año 2023, aumentando la categoría seco y registrando durante julio, agosto y septiembre solo categorías inferiores al 25% a diferencia de 2023 donde se registraba aun la categoría 25-50%, esta diferencia podría ser resultado de la menor cantidad de precipitaciones registradas en Camar durante 2024 (Figura 6-1) en comparación al año anterior. El periodo 2025 se observa más estable, dominando la categoría 0%, mientras que el resto de las observaciones oscilan principalmente entre la categoría 50-75% y 75-100% durante el primer semestre.

La variación histórica del porcentaje de copa viva de la serie B (Figura 6-3), muestra un mejor desempeño que la serie A. La categoría dominante en esta serie corresponde a 75-100% con un promedio de 41,34% a junio de 2025. En septiembre de 2022 registró un aumento de las categorías intermedias 25-50% y 50-75% (y por ende una disminución de categorías de mayor cobertura), sin embargo, desde noviembre de 2022 hasta septiembre de 2023 se observa una recuperación sostenida alcanzado el máximo de 66,67% durante diciembre 2023 y enero 2024. Desde febrero 2024 hasta septiembre 2024 se observa un nuevo periodo de deterioro con aumento de las categorías intermedias, registrando el máximo de 33,33% de la categoría 5-25% en septiembre 2024 y sin registrar la categoría 75-100% durante agosto y septiembre 2024. Durante el 2025 se observa el mismo comportamiento, con aumento de las categorías de mayor porcentaje durante primavera 2024 y verano 2025, seguido por una disminución de estas y aumento de las categorías intermedias durante otoño e invierno 2025.

La Figura 6-3 muestra la variación histórica en la copa viva de la serie C. se observa que las categorías menores al 50% dominan a lo largo del periodo estudiado, sin embargo, la categoría 75–100% es la segunda de mayor representación, con un promedio de 15,07% a junio de 2025, solo por debajo de la categoría 0% la cual registra un promedio de 53,17%. Se observa el mismo comportamiento que en las series previas, donde en los meses de la época invernal hay un mayor deterioro foliar, siendo invierno de 2022 e invierno de 2025, donde se registran los máximos de la categoría 0% con un 93,33% en septiembre de 2022 y un 89,04% en septiembre de 2024. Si bien durante invierno de 2023 se observa un deterioro, ese corresponde a un aumento de categorías bajas e intermedias, principalmente las categorías <5% y 5-25%, además, durante este periodo aún se observan individuos en categoría 75-100%. Tanto en abril 2023 como en marzo 2025 se observa una mejora foliar, aumentando la categoría 75-100%, en ambos casos en los meses previos, se registraron precipitaciones importantes, lo cual puede explicar la mejora.

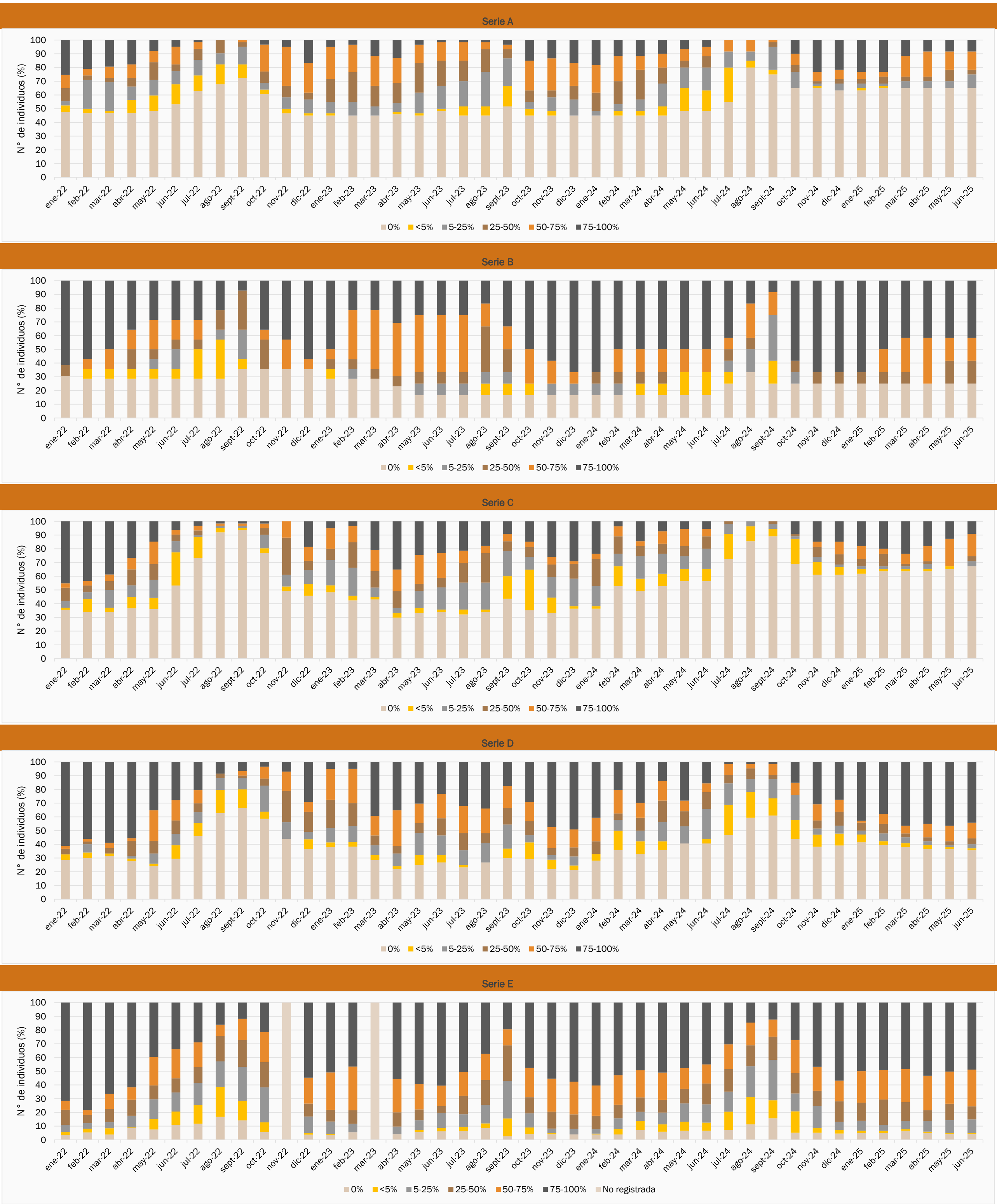
La Figura 6-3 muestra la variación histórica del porcentaje de copa viva de los individuos pertenecientes a la serie D. El comportamiento de la serie D es bastante similar al observado en la serie C, sin embargo, hay una mayor participación de la categoría 75-100%, la cual registra un promedio de 28,75% a junio de 2025. Por su parte, la categoría de copa verde 0%, registra un promedio de 36,84%, lo cual indicaría un mejor estado foliar de la serie D, en comparación a la serie C. Durante la época invernal de los años 2022 y 2023, son los únicos periodos en que no se registran las categorías 50-75% y 75-100%. Durante el periodo estudiado, la categoría de copa viva <5% es la de menor participación, registrando un promedio de 6,43% a junio del 2025. A diferencia de otras series, en la serie D no se observa un mayor efecto en el follaje de los individuos producto de las precipitaciones registradas en 2023 y 2025 (Figura 6-1)

En la Figura 6-3 también se muestra la variación histórica del porcentaje de copa viva de la serie E. A lo largo del periodo estudiado (2022-2025), esta serie es la que registra un mejor estado foliar a lo largo del tiempo, siendo las categorías de copa viva mayor a 50% las predominantes la mayor parte del tiempo. Se observa que la categoría de copa verde 75-100% es la de mayor participación, con un promedio de 45,52% a junio 2025, seguida por la categoría 50-75% con un promedio de 18,68%.

Las categorías intermedias 5-25% y 25-50% registran un aumento desde mayo de 2022, manteniendo valores medios a lo largo del periodo de estudio. Se observa que el aumento de estas categorías se da en los meses invernales de cada año, especialmente durante septiembre, donde se registran los máximos, para la categoría 5-25% en septiembre 2024 con un 29,41% y para la categoría 25-50% en septiembre 2023 con un 25,97%. Las categorías de menor follaje registran una baja participación a lo largo del tiempo, con un promedio de 6,49% a junio de 2025 para la categoría 0% y de 5,46% para <5% de copa verde. En ambos casos el máximo se da en el mes de agosto de 2022 con un 16,67% y 21,74% respectivamente.

El estado foliar de la serie E no parece responder a los eventos de precipitación, lo que indicaría que el recurso hídrico en esta serie no sería una limitante, la respuesta parece estar determinada por la temperatura, a menor temperatura, peor estado foliar (Figura 6-1). Cabe mencionar que los individuos de la serie E se encuentran en la parte de la quebrada junto al pueblo, por lo que reciben mayor cantidad de agua de canales de regadío cercanos, a diferencia de las otras series que dependen de la escorrentía y aguas subterráneas.

Figura 6-3. Variación histórica del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo



6.1.3 Fenología

La variación histórica de la fenología de los algarrobos de la quebrada de Camar muestra el predominio de la categoría Crecimiento vegetativo durante el periodo de estudio, excepto en las series A y C que poseen un mayor deterioro en el tiempo. Por otra parte, las series C y D solo varían en la categoría de Crecimiento vegetativo y Senescente, dado que están compuestas completamente por individuos juveniles o regeneración, por lo que no tendrán flores ni frutos. La baja estatura de los individuos de estas series (la mayoría son de 0 - 25 cm) los hace susceptibles a ramoneo por parte de burros silvestres, lo que impide el desarrollo óptimo de la copa y, por consiguiente, la producción de estructuras reproductivas.

La variación histórica del estado fenológico de la serie A se muestra en la Figura 6-4, donde es posible apreciar un leve predominio de la senescencia en invierno y Crecimiento vegetativo en primavera-verano, esta tendencia se aprecia principalmente durante 2022, 2024 y lo que va del 2025, mientras que en el año 2023 se presentó una mayor estabilidad en ambas categorías, alcanzando el Crecimiento vegetativo valores máximos de 55% en julio, agosto y septiembre de 2023, así como en febrero, marzo y abril de 2024, indicando que corresponden a periodos de mayor actividad y desarrollo de los ejemplares. Por otra parte, es posible relacionar la estacionalidad a las fases de Floración y Fructificación, comenzando a aparecer la Floración en los meses iniciales de la primavera, que posteriormente dan paso a que aumenten los individuos en estado de Fructificación a finales de primavera e inicios del verano; esta situación se da en un bajo porcentaje de individuos y en periodos del año donde las condiciones climáticas son más favorables para la producción de flores y la maduración de frutos.

La variación histórica en el estado fenológico de la serie B, se muestran en la Figura 6-4, donde se aprecia claramente que el Crecimiento vegetativo es dominante en el ciclo fenológico, especialmente en primavera y verano. Reflejando una intensa actividad de brote y desarrollo durante las estaciones cálidas, mientras disminuye en los meses invernales. Por otra parte, la floración se concentra principalmente en la primavera, con máximos de 58,33%, registrados en octubre de 2023 y 2024, lo que es consistente con las condiciones favorables de la primavera. En contraste, la Fructificación está más presente en verano, con máximos en diciembre de 2023 y 2024, enero de 2024 y enero y febrero de 2025. Sin embargo, desaparece casi por completo en otoño e invierno, reflejando un patrón reproductivo estacional similar a lo observado para la serie A. Sin embargo, en 2025 la fructificación se registra en todos los meses, pero en menor medida en invierno, cabe mencionar que el registro de los frutos es considerando presente al encontrar frutos verdes, maduros y en dispersión, lo que explicaría, la persistencia de individuos con frutos en los meses de mayo y junio, los que probablemente estén en una etapa de desarrollo más avanzada en esa época.

La fase Senescente tiene una baja representación en el periodo de estudio, con un comportamiento estable en la mayor parte del tiempo, alcanzando máximos en el invierno de 2022 (42,86% en julio) y disminuyendo en los meses de primavera y verano.

La variación histórica en el estado fenológico de la serie C se muestran en la Figura 6-4, donde se observa que la fase de Crecimiento vegetativo predomina en primavera y verano, reflejando la intensa actividad de desarrollo durante las estaciones cálidas. En agosto y septiembre de 2022, los valores son mínimos (8,06%

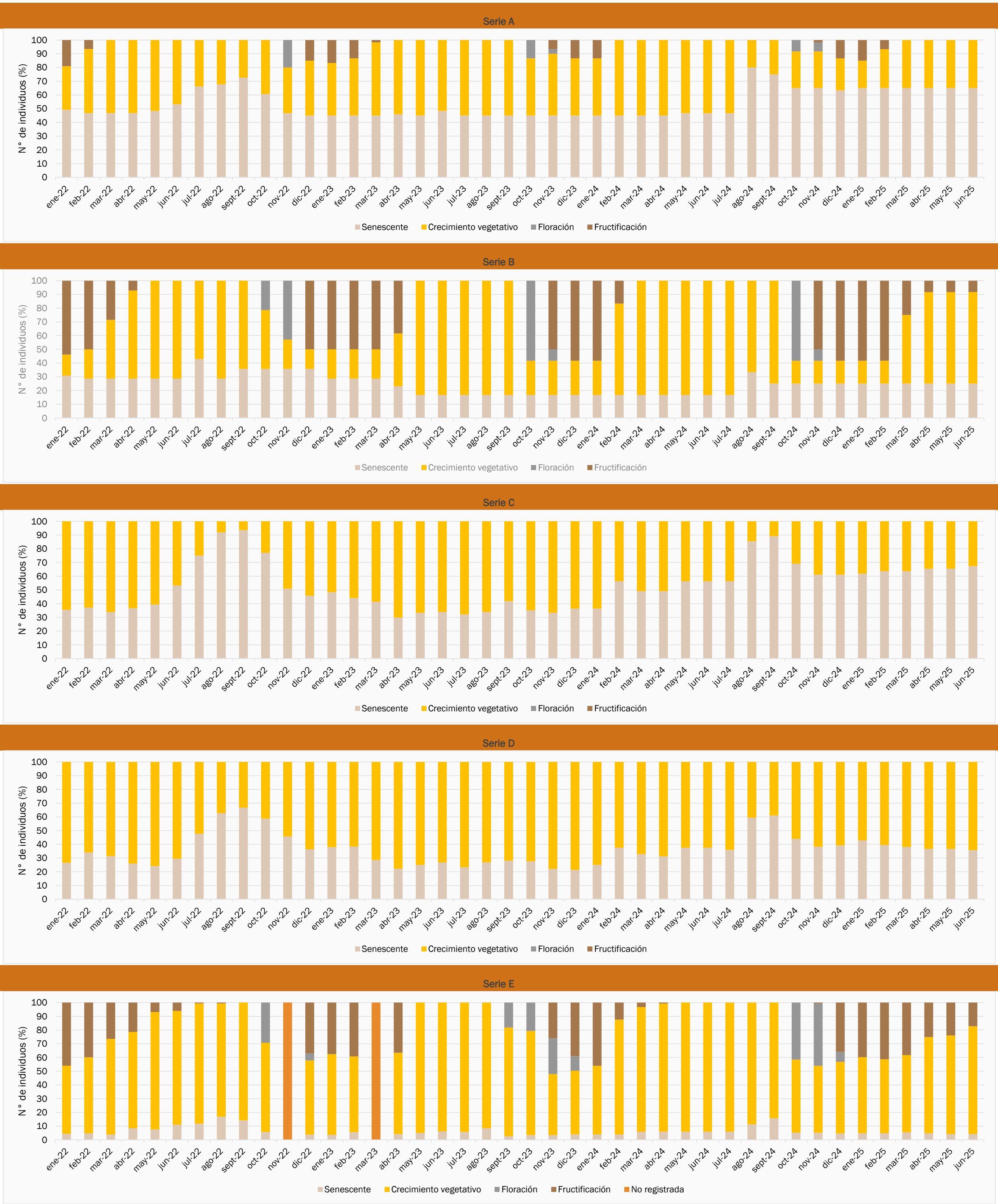
y 6,45%), pero aumentan considerablemente a partir de la primavera, alcanzando su punto máximo en abril de 2023 (70,18%) y manteniendo valores elevados durante este periodo.

Por su parte, la fase Senescente domina en los meses más fríos, alcanzando sus máximos en invierno, tanto para 2022 como para 2024, manteniendo valores elevados hasta septiembre. Posteriormente, disminuye en primavera y verano, con los valores más bajos observados en abril de 2023 (29,82%), posterior a los meses más cálidos. La ausencia de un patrón estacional marcado durante el invierno de 2023 podría estar relacionado con las precipitaciones registradas en febrero (28,80mm), marzo (22,60mm) y abril (1,90mm) de ese año (ver Figura 6-1). Dado que, debido a su magnitud, estas lluvias mantuvieron un alto contenido de humedad en el suelo durante los meses siguientes, lo que habría evitado que se presente un aumento de individuos senescentes durante el invierno. En 2025 nuevamente se registran precipitaciones y se observa que la cantidad de individuos senescentes tiende a estabilizarse, si bien aumentan durante abril y junio 2025, la variación es mínima.

La variación histórica en el estado fenológico, en el caso de la serie D se muestran en la Figura 6-4. La fase de Crecimiento vegetativo domina en primavera y verano, presentando los máximos anuales en dichos periodos, reflejando la respuesta de los árboles a las condiciones climáticas favorables para su desarrollo y actividad vegetativa. Así mismo, la fase Senescente es predominante durante los meses fríos, particularmente en invierno de 2022 y 2024. Por ejemplo, en septiembre de 2022 (terminando la época invernal), se alcanza un valor máximo de 66,67%. A su vez en agosto y septiembre de 2024 se alcanzan valores de 59,38% y 60,94%. Esto coincide con el periodo de menor actividad de crecimiento en los árboles. En invierno de 2023, al igual que en la serie C, no se presentó un aumento de la senescencia, lo cual es atribuible a las precipitaciones que mantuvieron el suelo con un alto contenido de humedad en el periodo invernal. A diferencia de la serie C, durante 2025, aunque leve, se registra un aumento de individuos en crecimiento vegetativo y disminución de individuos senescentes.

En la serie E, el Crecimiento vegetativo es dominante en todo el periodo analizado (Figura 6-4), con un promedio de 72,39%, y un máximo de 95% registrado en mayo del 2023. En cuanto a la Floración y Fructificación, nuevamente es posible relacionarla directamente a la estacionalidad, comenzando a aparecer la Floración en los meses iniciales de la primavera, que posteriormente dan paso a que aumenten los individuos en estado de Fructificación a finales de primavera e inicios del verano. Durante el periodo favorable, aproximadamente el 40% de la población total de la serie presenta frutos. Además, dado que esta serie tiene la mayor cantidad de individuos, se espera que sea la que cuente con el mayor potencial de crecimiento futuro a través de regeneración natural, durante 2025, la fructificación se registró en meses ya de otoño e invierno. Finalmente, la senescencia aumenta en el invierno (especialmente en los meses de agosto y septiembre de 2022 con 16,77% y 14,20% y, agosto y septiembre de 2024 con un 11,26% y 15,69%), mientras que se ve disminuida en las demás estaciones.

Figura 6-4. Variación histórica del estado fenológico en los individuos de algarrobos



*Valores no registrados en serie E: en noviembre de 2022 se suspendió la campaña debido al robo de pertenencias al equipo de terreno. En marzo de 2023, se suspendió la campaña debido a eventos de precipitaciones. En junio de 2023 se registraron datos, pero se suspendió la campaña por motivos de seguridad. En septiembre de 2023 se registraron datos, pero la campaña fue suspendida debido a problemas de salud de los profesionales, y no fue posible reprogramar el monitoreo debido a la falta de autorización por parte de la comunidad. En la gráfica y el análisis, los meses en que si se registraron datos (junio y septiembre de 2023), se consideran solamente los individuos medidos.

Fuente: geobiota, 2025.

6.1.4 Etapa de crecimiento

La etapa de crecimiento de los individuos pertenecientes a las distintas series evaluadas se ajustó de acuerdo con los criterios establecidos en la Tabla 4-8, de la metodología, los cuales se establecieron considerando las particularidades morfológicas y fenológicas de los individuos prospectados. Su implementación, implicó un cambio en la categorización de algunos individuos durante el primer semestre de 2023, pertenecientes a la serie C, D y E, dado que se encontraba en categoría Regeneración desde el inicio de los reportes. Estos cambios se abordan en los párrafos y figuras siguientes, para cada una de las series evaluadas.

En particular, la serie A (Figura 6-5) se compone principalmente de individuos adultos, teniendo a la fecha un promedio de 46,35% (equivalente a cerca de 28 individuos), y una variación del 8,1%. Hasta junio de 2022 se observan algunos pocos ejemplares juveniles, los que, a partir de julio de ese mismo año, se comienzan a catalogar como adultos. Posterior a esto, los individuos adultos se mantienen relativamente constantes en torno al 55% hasta septiembre de 2024, donde disminuyen a cerca de un 35% en los meses siguientes, debido al cambio de categorización a Secos. En cuanto a la Regeneración, solo se registró un individuo en noviembre y diciembre de 2022. Por otra parte, un porcentaje importante de individuos se catalogan como secos (promedio 51,93%).

Al igual que la serie A, la serie B se compone principalmente de individuos adultos (Figura 6-5), donde en promedio el 72,64% presentan esta etapa de crecimiento. La segunda mayor proporción corresponde a ejemplares secos, los que en promedio ocupan el 35,71% de los individuos de la serie. Durante todo el 2022, se constató la presencia de algunos ejemplares juveniles, los que a partir del 2023 se comenzaron a catalogar como adultos.

La serie C se caracteriza por ser una población de individuos juveniles (Figura 6-5). Durante 2022 y comienzos de 2023, prácticamente la totalidad de los individuos corresponden a Regeneración. Posteriormente, a partir de abril de 2023 comienzan a predominar los individuos juveniles, llegando a ser cerca del 60% hasta la fecha. Los ejemplares secos presentan un promedio de 67,27%, y es posible identificar una tendencia a aumentar durante el invierno de 2022, y levemente durante el 2024 y 2025. Durante 2025 el máximo de individuos juveniles se registró en enero con un 38,18%, lo que indica que continua la tendencia al deterioro de los individuos de la serie C.

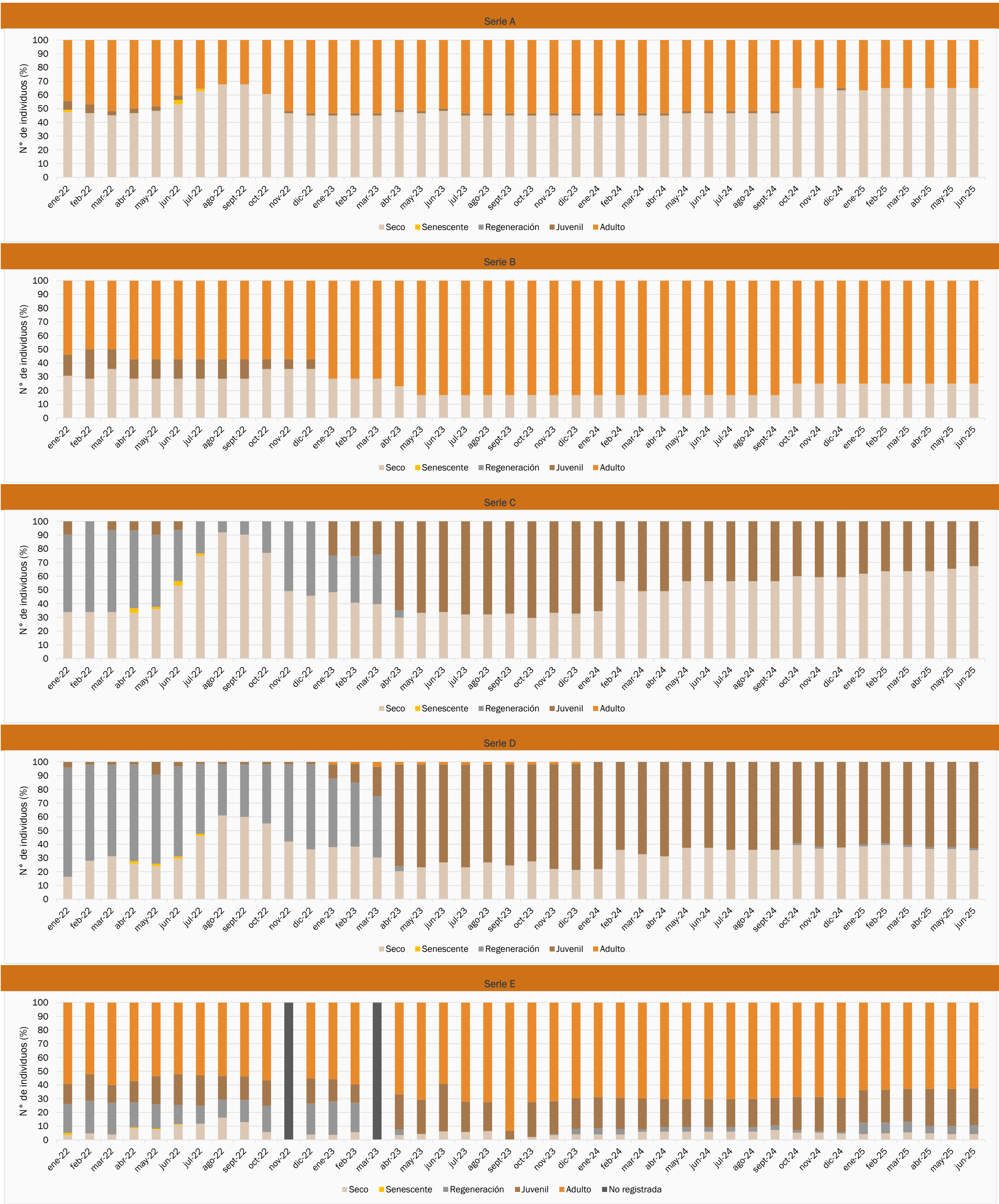
Al igual que la serie C, la serie D se caracteriza por ser una población de individuos juveniles, los que hasta abril de 2023 correspondían a ejemplares provenientes de Regeneración (Figura 6-5), pero posteriormente pasaron a identificarse como individuos juveniles, llegando a ser el 62,86% a la fecha, con un promedio de 44,94%. Esto se explica por la recategorización de individuos en etapa de Regeneración a etapa Juvenil que se realizó durante el primer semestre de 2023. Cabe destacar que, al igual que en la serie C, el estado Regeneración y Juvenil de muchos de estos individuos se ha mantenido así por un largo período. En cuanto a los individuos en estado Seco, estos representan en promedio un 33,85% de los ejemplares de la serie a nivel histórico, y durante 2024 hasta la fecha, se han mantenido relativamente estables.

Cabe destacar que el estado Regeneración y Juvenil de muchos de los individuos de las series C y D se ha mantenido así por años. Lo anterior se debe directamente al ramoneo, ya que este ha generado la pérdida de la dominancia apical y la emisión de varios rebrotes en un mismo individuo. El ramoneo en estos individuos

es tan frecuente que ha impedido que estos alcancen a desarrollar estructuras reproductivas y, por ende, alcancen la etapa Adulta.

Por su parte, la serie E, corresponde a una población variada en términos etarios, donde existen individuos en todas las categorías de etapa de crecimiento (Figura 6-5). Predominan los ejemplares adultos, donde en promedio se ubica el 64,60% de los ejemplares. Le sigue la categoría Juvenil con un promedio del 21,32%. En menor medida, hay ejemplares de Regeneración y secos, los que llegan al 8,32% y 5,68% respectivamente. Los individuos senescentes registran un pequeño porcentaje de árboles, llegando a un promedio de 0,08%.

Figura 6-5. Variación histórica de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobos



*Valores no registrados en serie E: en noviembre de 2022 se suspendió la campaña debido al robo de pertenencias al equipo de terreno. En marzo de 2023, se suspendió la campaña debido a eventos de precipitaciones. En junio de 2023 se registraron datos, pero se suspendió la campaña por motivos de seguridad. En septiembre de 2023 se registraron datos, pero la campaña fue suspendida debido a problemas de salud de los profesionales, y no fue posible reprogramar el monitoreo debido a la falta de autorización por parte de la comunidad. En la gráfica y el análisis, los meses en que si se registraron datos (junio y septiembre de 2023), se consideran solamente los individuos medidos.

Fuente: geobiota, 2025.

6.1.5 Afectación antrópica y/o natural

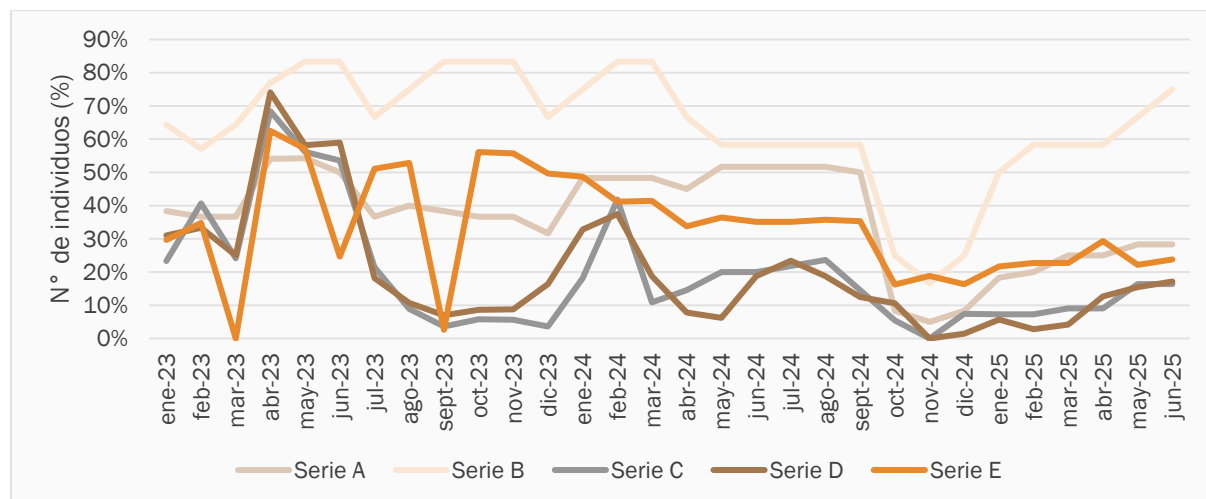
Desde el comienzo de los reportes mensuales del Programa de Cumplimiento se han observado algunos signos que evidencian el daño animal en varios ejemplares de *Neltuma alba* en la quebrada de Camar. entre los que destaca la presencia de fecas, huellas y desgarró de ramas. Esta última se define como ramoneo y es la principal evidencia de la presencia de burros silvestres en el área.

En el caso de los renovales que sufren afectación por ramoneo, se observa la pérdida de la dominancia apical y la emisión de varios rebrotes en un mismo individuo, dando como resultado plantas con varios fustes (Donoso et al., 2013), y además, el proceso de desarrollo de sus estructuras vegetativas y reproductivas puede verse afectado, retrasados y/o inhibidos por estos factores como la interrupción del ciclo de fructificación (frutos sin la presencia de semillas), la pérdida de follaje o el debilitamiento de individuos debido a los daños generados en la corteza de los mismos (Cruz, 1997), situación que se observa en la mayoría de los individuos correspondientes a las series C y D.

En la Figura 6-6 se muestra la afectación animal desde enero de 2023 hasta junio de 2025. En la serie A, el promedio histórico de afectación fue de $36,78\% \pm 14,41\%$, con un valor máximo de $54,24\%$ (32 individuos) registrado en mayo de 2023. La serie B alcanzó un promedio de $64,03\% \pm 17,57\%$, siendo la serie más afectada a nivel histórico, con un máximo de $83,33\%$ (10 individuos), valor que se repitió en diversos monitoreos de 2023 y 2024. En la serie C, la afectación promedio llegó a $19,30\% \pm 16,90\%$, con un máximo de $68,42\%$ (39 individuos) en abril de 2023. De manera similar, la serie D registró un promedio de $19,90\% \pm 17,90\%$, con un máximo de $74,07\%$ (40 individuos) en abril de 2023. Finalmente, en la serie E se observó un promedio de $34,95\% \pm 14,80\%$, con un valor máximo de $62,50\%$ (90 individuos), también reportado en abril de 2023.

La serie B destaca por presentar el nivel más alto y persistente de afectación animal, mientras que las series C y D, aunque exhiben promedios generales bajos, alcanzan valores máximos elevados en determinados momentos, lo que evidencia una marcada variabilidad. Por su parte, las series A y E se sitúan en un nivel intermedio de afectación y con mayor estabilidad. En todas las series se identificó una tendencia consistente al comparar la afectación por ramoneo con los registros mensuales de vitalidad y copa viva, observándose que los periodos con mejor condición fisiológica de los ejemplares coinciden con mayores niveles de ramoneo. Asimismo, en abril de 2023, la mayoría de las series registró los valores máximos de ramoneo, en un contexto posterior a un período de altas precipitaciones que promovió el aumento de la copa viva y la vitalidad de los ejemplares.

Figura 6-6. Variación histórica del ramoneo por serie



Fuente: geobiota, 2025.

En la Fotografía 6-1 se observan individuos pertenecientes a la serie A y D con afectación natural por causa animal.

Fotografía 6-1. Afectación animal – Primer semestre 2025



E-164 (Coordenadas UTM 604.745 E – 7.411.336 N)

Junio, 2025



A-47 (Coordenadas UTM 598.581 E – 7.409.758 N)

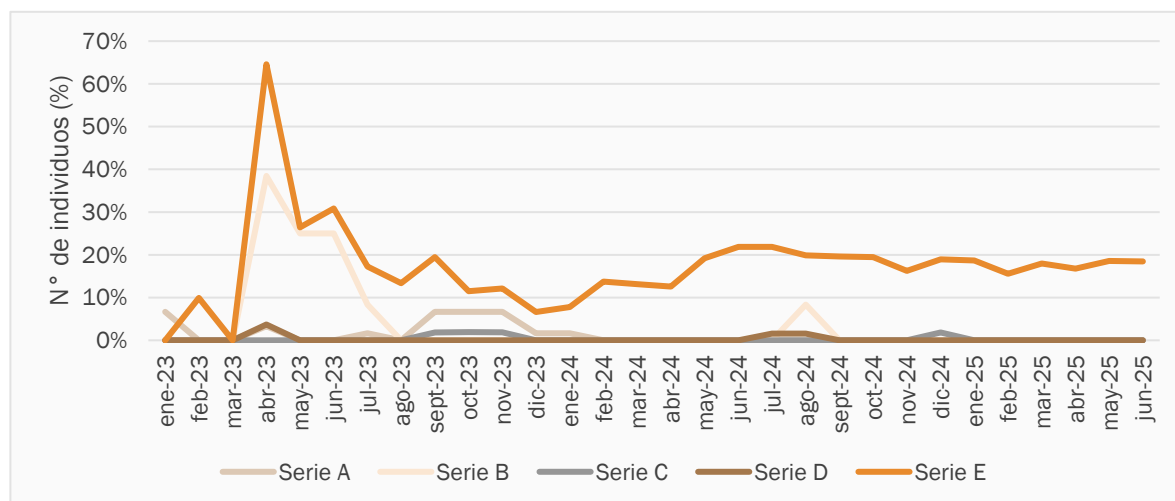
Mayo, 2025

Fuente: Registro fotográfico terreno, 2025.

En la Figura 6-7 se muestra el porcentaje de individuos afectados por intervención antrópica. Las series A, B, C y D, prácticamente no presentan afectación, salvo por pequeñas perturbaciones ocasionales, como la registrada en la serie B entre abril y junio de 2023, o en la serie A entre septiembre y noviembre del mismo año. En particular, la serie A, se registra un promedio anual de $1,16\% \pm 2,32\%$, registrándose un valor máximo de afectación de 6,67% (4 individuos) en enero, septiembre, octubre y noviembre de 2023. La serie B registra un promedio acumulado de $3,50\% \pm 9,28\%$ con un valor máximo de 38,46% (5 individuos) en abril de 2023. La serie C registra un promedio de $0,25\% \pm 0,65\%$ y el valor máximo se registró en octubre de 2023 con un 1,92% (1 individuo). La serie D registra un promedio acumulado de $0,23\% \pm 0,77\%$, con un valor máximo de

3,70% (2 individuos) registrado en abril de 2023. Por último, la serie E es la que registra el mayor valor promedio con un valor de $18,02\% \pm 10,78\%$, con un máximo de 64,58% (93 individuos) registrado en abril de 2023. Cabe destacar que la serie E registra los valores más altos de afectación debido principalmente a la ubicación de los individuos dentro del poblado de Camar, los que suelen estar más cercanos a caminos y son susceptibles a sufrir intervenciones no programadas, lo cual es llevado a cabo por los propios habitantes del lugar (ver Fotografía 6-2).

Figura 6-7. Variación histórica de la intervención antrópica por serie



Fuente: geobiota, 2025.

Fotografía 6-2. Afectación antrópica – Primer semestre 2025



E-146 (Coordenadas UTM 606.046 E - 7.410.927 N)

Junio, 2025



E-021 (Coordenadas UTM 601.604 E - 7.410.553 N)

Junio, 2025

Fuente: Registro fotográfico terreno, geobiota, 2025.

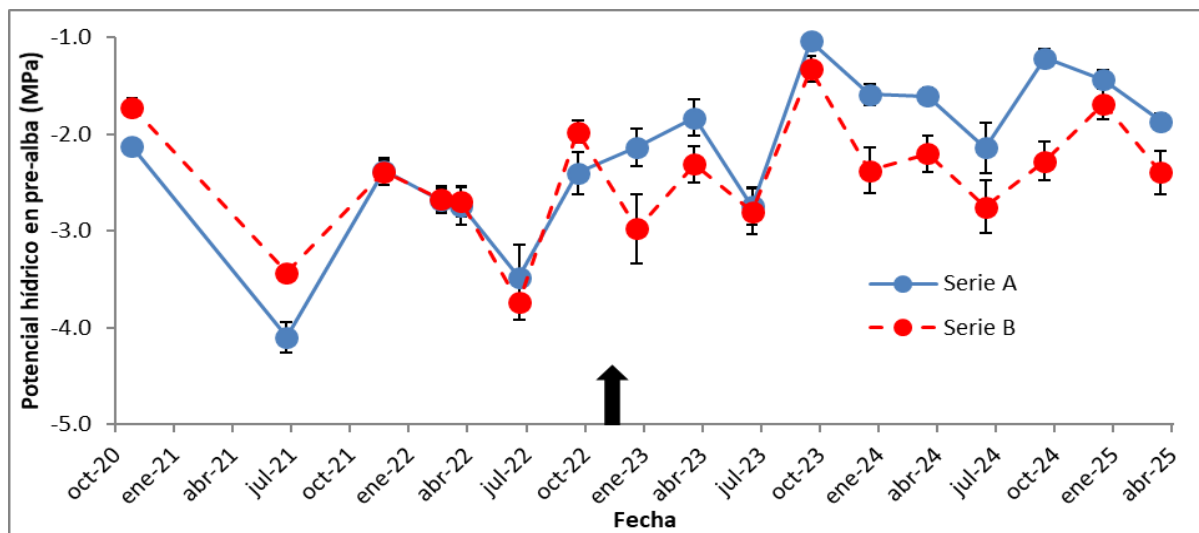
6.1.6 Fisiología de algarrobos

Respecto al análisis de los resultados, es importante señalar que, si bien el diseño experimental contemplaba la medición del potencial hídrico y la conductancia estomática en 31 individuos, solo en 24 fue posible evaluar ambas variables debido a la ausencia de ramillas aptas para la medición en el resto de los individuos.

Además, la falta de ramillas podría estar directamente asociada al estado fisiológico de los individuos. En este sentido, se observa que la mayoría de los ejemplares sin datos se encuentran en categoría Seco desde octubre de 2024, lo que sugiere que la imposibilidad de medición no sería aleatoria, sino vinculada a un mayor nivel de deterioro.

En la Figura 6-8. se observa la evolución en el tiempo (desde octubre de 2020 a abril de 2025) 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 otra parte, 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 B-11, B-17, B-20 y B-21. Estos árboles se encuentran distribuidos cercanos a la ruta CH-23, donde los árboles B-20 y B-21 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 todas las mediciones posteriores, hasta la fecha actual. 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.

Figura 6-8. Variación histórica del potencial hídrico en pre-alba para árboles de las series A y B*



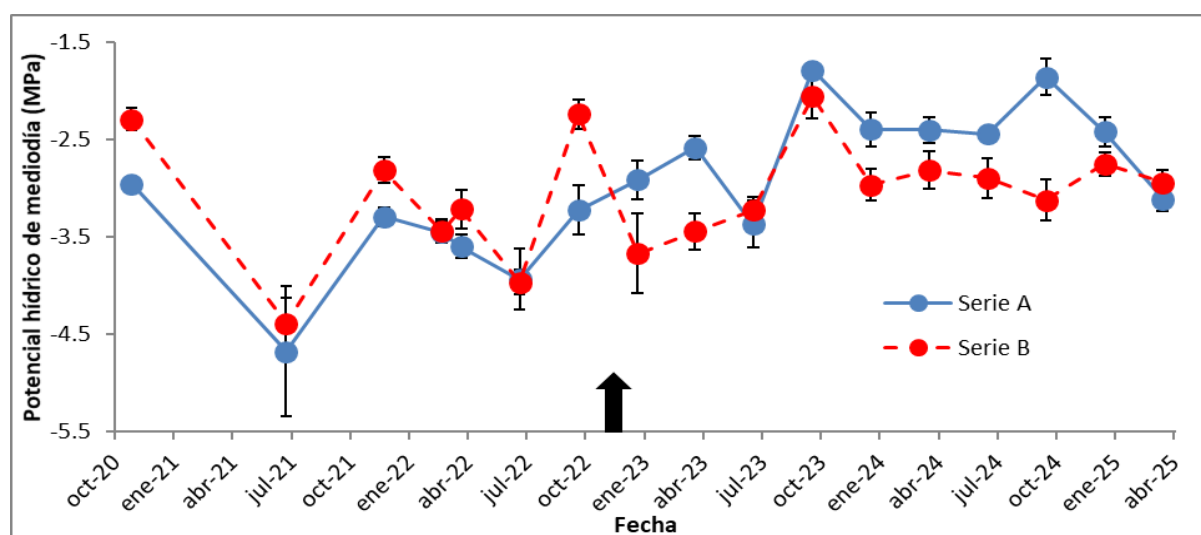
*Las barras verticales representan el error estándar de la media. La flecha representa el inicio de la aplicación de riego en los árboles de la serie A.

Fuente: Informe de estado hídrico en algarrobo de la quebrada de Camar, Anexo 09.

En la Figura 6-9 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. Lo anterior es esperable debido a que en el mes de julio el potencial tiende a ser el más negativo de cada año (Informe de Estado hídrico en Algarrobo de la quebrada de Camar, julio 2024)²¹. Antes de la aplicación del riego, la serie B alcanzó una media superior a la de la serie A, mientras que, tras la aplicación del riego en la serie A, en todas las campañas siguientes, a excepción de julio de 2023 y abril de 2025, 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). En el monitoreo de abril de 2025, el valor más alto de potencial hídrico medido al mediodía se debió a condiciones ambientales, ya que hubo una mayor humedad relativa y menor temperatura del aire el día en que se midió la serie B (hubo presencia de nubes y el día anterior hubo precipitaciones en zonas cercanas como San Pedro de Atacama).

Figura 6-9. Variación histórica del potencial hídrico de mediodía para árboles de las series A y B

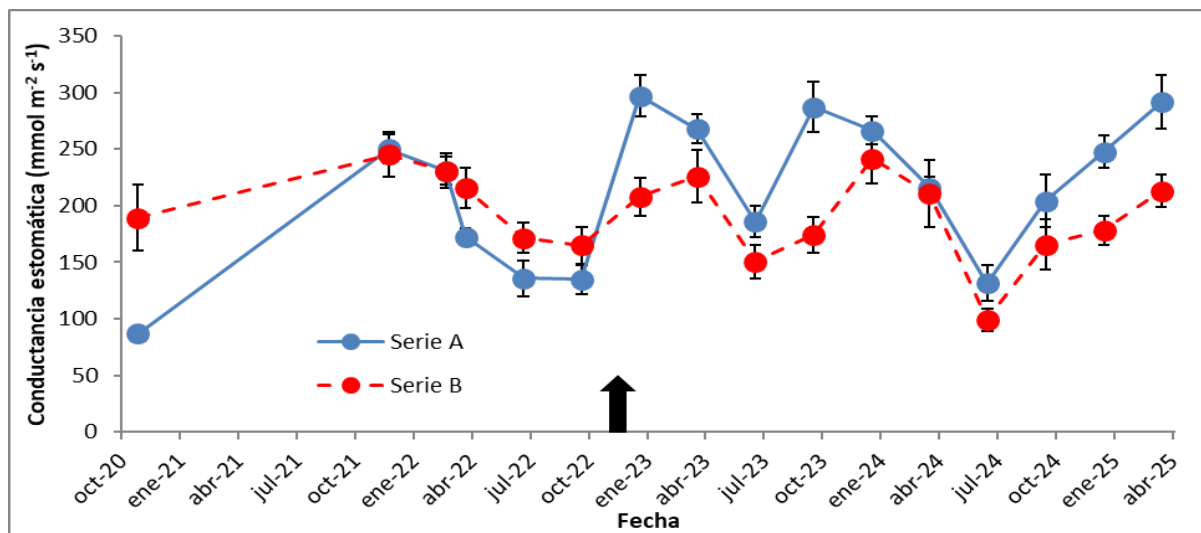


Fuente: Informe de estado hídrico en algarrobo de la quebrada de Camar, Anexo 09.

Al analizar la variación histórica en la conductancia estomática en los árboles de la serie A y B (Figura 6-10), 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 campañas posteriores a la implementación del riego en la serie A, esta alcanza valores superiores a los de la serie B. Los valores de la serie A de enero y octubre de 2023, son los valores más altos del seguimiento. En 2024 se redujo la diferencia entre la serie A y B, manteniendo la tendencia de mayor conductancia en la serie A, y en 2025 se vuelven a diferenciar. Se observa la tendencia de menor conductancia estomática en las campañas de julio, alcanzando los valores más bajos de cada año.

²¹ Para más información, consultar en Informe Estado de Hídrico en Algarrobo en la quebrada de Camar, Fundación Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, julio de 2024.

Figura 6-10. 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 09.

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 generalmente los más bajos de cada año, tanto para la serie A como para la serie B. Por el contrario, para ambas series, los valores más altos son registrados en los meses de octubre. 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 aprecia un efecto de la aplicación del riego, ya que antes de esta intervención, los valores de potencial hídrico y conductancia estomática de la serie B eran superiores o similares a los de la serie A. Sin embargo, una vez iniciado el riego en los árboles de la serie A, los valores superaron a los de serie B. Estos resultados son consistentes con lo observado por Giordano *et al.* (2011), donde árboles de algarrobo con mayor acceso al agua presentan valores más altos de potencial hídrico y de conductancia estomática, diferenciándose de árboles con menor acceso al agua.

Con respecto a los algarrobos ubicados aguas arriba y aguas abajo de la tubería que atraviesa la quebrada. En octubre 2023, se observaron diferencias con los valores más bajos en los árboles ubicados aguas arriba, lo que se podría explicar debido a la cantidad de árboles sin riego que hay aguas arriba de la tubería (48%), mientras que aguas abajo solo dos árboles (18%) no tienen sistema de riego. Por otra parte, en julio de 2024 no se observó diferencias significativas en el potencial hídrico en pre-alba, mediodía ni en la conductancia estomática. Esto, posiblemente debido al receso invernal de estos árboles (MMA, 2012a; MMA, 2012b), los cuales en esa época presentan una disminución de la cobertura, mayor senescencia de hojas y disminución de la producción de ramillas nuevas. En abril de 2025, se observaron diferencias solo en el potencial hídrico en pre-alba, lo que es inusual, ya que en campañas anteriores no se observan diferencias al comparar respecto a este factor. Sin embargo, es importante señalar que de los árboles ubicados aguas abajo, solo se pudo medir tres de los diez árboles presentes, lo que dificulta tener una visión más certera del estado hídrico en este sector.

6.1.7 Biomasa de algarrobos

Respecto a la biomasa aérea, la última medición da cuenta de un incremento en la proporción de los individuos censados que presenta algún nivel de vitalidad en sus fustes (53,5%, 106 árboles), y en un 46,5%, (92 árboles), no fue posible determinar su vitalidad en forma precisa, registrándose estos temporalmente como secos. Los resultados a la fecha son consistentes y muestran una alta proporción de individuos (11,0%) que cambia su clasificación de vitalidad entre mediciones (media de $29,7 \pm 19,8$ individuos). Este fenómeno guarda relación con el hábito arbóreo-arbustivo, con más de un vástago o fuste (plurifustales) (79,1%) y varias ramas principales predominante, daría cuenta de la capacidad de los individuos del género *Neltuma* (ex *Prosopis*) de retoñar vigorosamente después que el fuste y ramas principales son destruidas por fenómenos ambientales y/o antrópicos (Fisher, 1977). Esta característica originaria esta variabilidad natural de los individuos que se traduciría en cambio temporales en su clasificación de vitalidad.

Al respecto, Caron y Ortin (2010) evaluaron la recuperación por medio de rebrote en 3 especies de *Prosopis* (*P. alba*, *P. nigra* y *P. flexuosa*) posterior a un incendio en Salta, Argentina, concluyendo que en los algarrobos predomina la capacidad para rebrotar de yemas basales con un promedio de 6 rebrotes por ejemplar. Por otro lado, Meier et al., (2012) ha estudiado como algunas especies tienen mecanismos para rebrotar a partir de brotes epicórmicos. Este mecanismo fue descrito por Atanasio (2014) para *P. alba* en el Chaco, Argentina, quien concluyó que cortas intensas de ramas vivas en proporción a la copa viva remanente, producen un factor de estrés que estimula fuertemente el desarrollo de las yemas durmientes debajo la corteza del tronco, emitiendo en corto tiempo una gran cantidad de brotes epicórmicos para reemplazar la biomasa aérea perdida. Además, se ha observado que en caso de cortas totales (tala rasa) de los árboles de *P. alba*, estos al rebrotar tienden a adquirir un hábito arbustivo (Karlin et al., 1997).

En el caso de los Algarrobos de Camar, la estructura de la población se ha mantenido estable en los periodos de medición para el año 2025, donde a la fecha los individuos de mayor tamaño (>20, cm de Dbe) representan una baja proporción (8,6%) y pueden alcanzar hasta los 7,1 m de altura.

Para el último periodo analizado (enero 2025 - abril 2025), se registra un incremento de la biomasa de Fustes (162,12 kg 21,5%), Ramas (1.117,70 kg 23,5%) y Biomasa Total (1.605,72 kg 24,5%), así como también un aumento de la media del diámetro basal equivalente (0,50 cm 9,4%), media de la altura 0,02 m (3,5%) y área basal acumulada 0,8839 m² (42,0%) y una leve disminución de la biomasa de hojas (0,06 kg 0,04%), las cuales no presentan diferencias estadísticamente significativas. Esto indicaría que, en términos de desarrollo, la población se mantiene constante en el último periodo y los cambios registrados pueden estar asociados a diferencias puntuales atribuidas a errores instrumentales, así como también a la sensibilidad propia de los modelos de regresión utilizados en la estimación de la biomasa.

Producto del programa de monitoreo trimestral llevado a cabo se observa que los resultados muestran una cierta tendencia a la reducción de la biomasa total de la población a partir de la medición de julio de 2024 hasta la medición de enero 2025. Esta tendencia se quiebra en la última medición, pero con variaciones que se encuentran dentro de lo observado en mediciones anteriores para la población. Esto reafirma la importancia de seguir monitoreando la totalidad de los individuos ("Vivos" y "Secos") como se ha realizado hasta la fecha, para establecer posibles patrones en el comportamiento de la población, sobre todo respecto a la dinámica de retoñación periódica de estos.

6.2 Evaluación de ejemplares de *Neltuma alba* (ex *Prosopis alba*) (algarrobos) con sistema de riego

Se ha evaluado la vitalidad y porcentaje de copa viva de 37 ejemplares de algarrobos sometidos a riego, a partir de 31 mediciones mensuales realizadas entre diciembre de 2022 y junio de 2025. A continuación, se presenta la evolución temporal de estos parámetros para dicho periodo. Cada uno de los reportes del censo se exponen en el Anexo 1, y los reportes de riego en el Anexo 8.

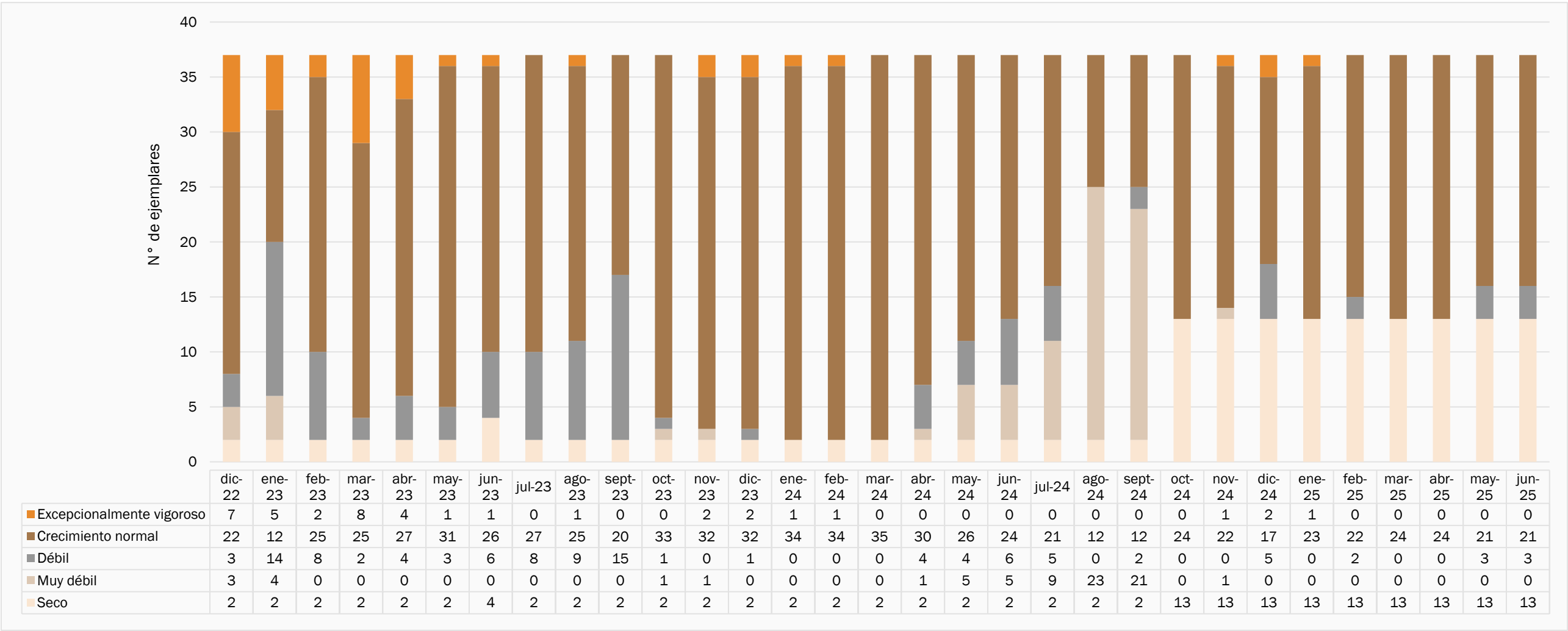
6.2.1 Vitalidad

A nivel histórico, la categoría Crecimiento normal es la predominante en los individuos con riego, presentando fluctuaciones atribuibles a la estacionalidad, con un promedio de 21 ± 8 individuos. En diciembre de 2024 se alcanzó el máximo de 35 individuos, mientras que en agosto y septiembre de 2022 se registraron los mínimos con 2 individuos. Por otra parte, las categorías Débil y Muy débil presentan una alta variabilidad en los monitoreos, con incrementos de la categoría Débil durante el invierno del 2023, y aumentos aún más marcados de la categoría Muy débil durante invierno del 2024. En cuanto a los individuos Ex. vigorosos, estos se observan principalmente entre los monitoreos de diciembre de 2022 y abril de 2023, mientras que posteriormente se registran de manera escasa e intermitente. Los ejemplares que cumplen con los criterios para ser catalogados como secos mostraron un aumento en la época invernal del 2022, llegando al máximo de 19 individuos en septiembre, para luego disminuir a 2 individuos en épocas más favorables de ese año y durante casi todo el 2023. En octubre de 2024 el número de individuos en esta condición aumentó a 13, sin registrarse disminuciones en los meses posteriores a ese invierno, tendencia que se ha mantenido durante lo que va de 2025. Cabe señalar que, si bien estos ejemplares cumplen con los criterios para ser clasificados como secos, solo uno de ellos (A-06) se considera efectivamente muerto. Los demás aún presentan potencial de recuperación, ya que han transcurrido menos de 15 monitoreos desde la última vez que evidenciaron algún grado de vitalidad²².

En el último semestre, la tendencia de los individuos vivos ha sido la esperada según la estacionalidad. En los meses posteriores a las lluvias estivales aumentan los individuos en categoría Crecimiento normal, junto con presencia de individuos Ex. Vigoroso, mientras que hacia el otoño, se observa un leve aumento de los individuos en estado Débil.

²² Corresponde al número máximo de meses observados entre que un individuo fue catalogado como seco y posteriormente mostró signos de recuperación.

Figura 6-11. Evolución de la vitalidad de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego



* Los números en la tabla corresponden a la cantidad de ejemplares por categoría de vigor.

Fuente: geobiota, 2025.

6.2.1.1 Evaluación de vitalidad de los árboles bajo sistema de riego respecto al primer semestre del año 2024

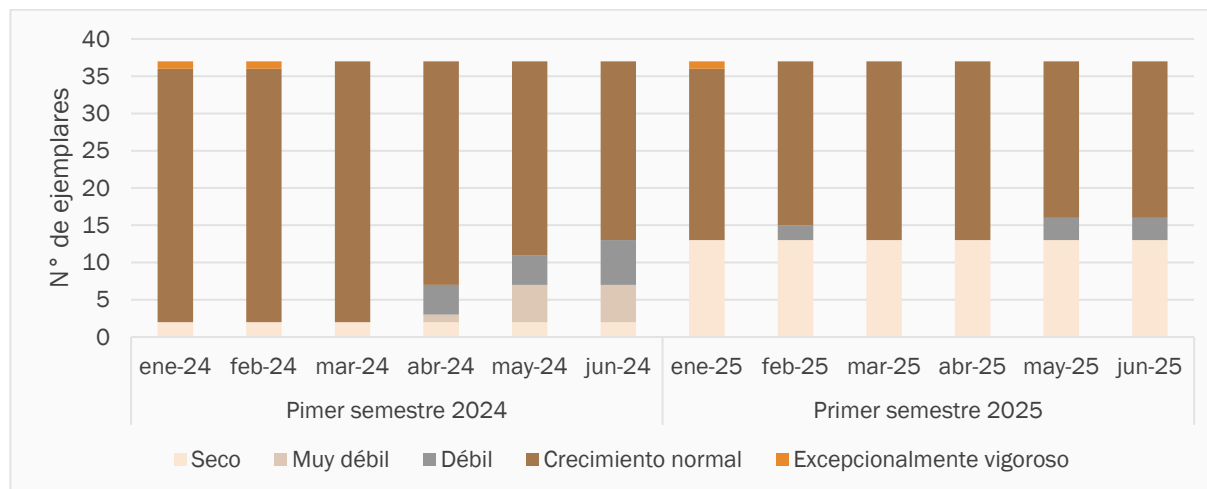
Para evaluar la vitalidad de los ejemplares bajo sistema de riego en el primer semestre de 2025, se ha comparado este parámetro con los datos colectados durante el primer semestre de 2024 (Figura 6-12).

En términos generales, se evidencia un incremento progresivo de los individuos clasificados en la categoría Seco al comparar ambos periodos, destacado por un aumento abrupto en octubre de 2024, tras el cual los valores se mantienen relativamente estables en los meses siguientes. En contraste, los individuos en la categoría de Crecimiento normal muestran una disminución manteniéndose durante todo el primer semestre de 2025 con cerca de 20 individuos. En menor medida, los individuos en la categoría Débil presentan su mayor proporción durante abril, mayo y junio de 2024, mientras que en 2025 su presencia es esporádica. Por otra parte, la categoría Muy Débil se registra únicamente en los últimos meses de 2024, sin manifestarse durante el periodo de 2025. La mayor representación de individuos clasificados como Débiles o Muy Débiles hacia el final de cada semestre resulta consistente con las condiciones ambientales de dicha época, las cuales restringen el vigor y limitan la capacidad de recuperación de las plantas al aproximarse el invierno. Respecto a los individuos Ex. vigorosos, estos son muy escasos y se han dado únicamente a comienzos del primer semestre para ambos años.

Considerando que los individuos evaluados cuentan con un sistema de riego activo, el incremento de ejemplares clasificados como Secos en octubre de 2024 y su nula recuperación en los meses posteriores constituye un aspecto crítico. Este patrón sugiere que el riego no estaría siendo suficiente para contrarrestar las condiciones de extrema aridez que caracterizan el ambiente en que se desarrollan los algarrobos.

De manera alternativa, esta situación podría estar asociada a fallas en la infraestructura de riego. Las inspecciones realizadas han evidenciado desperfectos que podrían estar comprometiendo la correcta distribución del agua, producto de filtraciones o roturas en el sistema. Esta situación podría estar generando una distribución heterogénea del recurso, con sectores que reciben un aporte insuficiente y otros con anegamientos puntuales. Estas condiciones pueden derivar en estrés hídrico sostenido, disminución de la producción foliar y, en consecuencia, reducción de la copa viva, además de alteraciones en la absorción de nutrientes y mayor susceptibilidad frente a los factores ambientales propios del salar.

Figura 6-12. Evolución de la vitalidad de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego



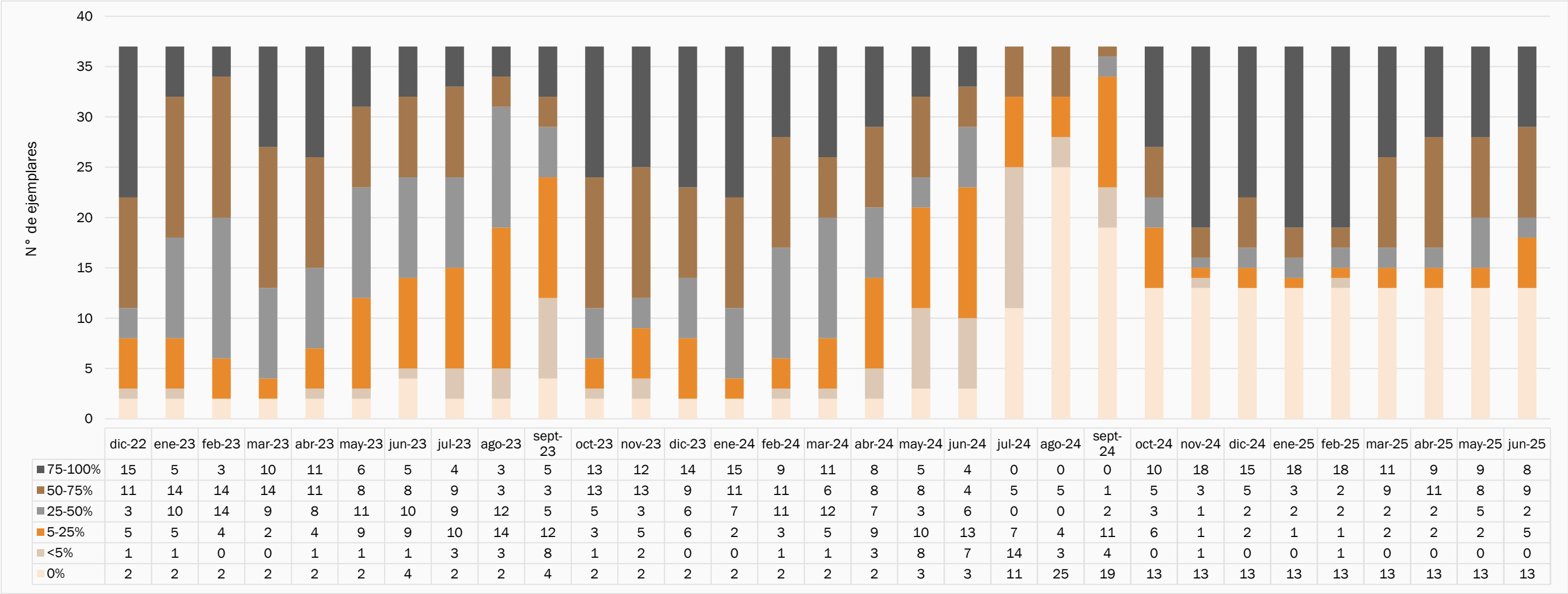
Fuente: geobiota, 2025.

6.2.2 Porcentaje de copa viva

Tal como se mencionó en la sección anterior, los ejemplares sin copa viva al igual que los individuos en categoría de vigor Seco, se han mantenido relativamente constantes y bajos durante las prospecciones realizadas entre 2022 y la primera mitad de 2024. Sin embargo, hacia la segunda mitad de 2024, se observan aumentos en esta categoría, alcanzando un máximo de 25 individuos en agosto, para posteriormente descender a los 13 individuos registrados en los últimos 9 monitoreos. Los ejemplares con copa viva <5% presentan un mínimo de 0 individuos, registrado en reiteradas ocasiones durante 2023, 2024 y 2025. Mientras que el máximo alcanzó 14 individuos en la campaña de julio de 2024. Los resultados históricos hasta la fecha indican una tendencia al aumento de individuos en esta categoría durante otoño e invierno, mientras que disminuyen hacia primavera y verano. Sin embargo, esta tendencia no se observa en 2025 lo que puede ser causa del mayor número de individuos secos desde septiembre 2024.

En el caso de los individuos en rango 5-25% y 25-50%, se observan valores máximos de 14 para cada categoría, registrados en agosto y febrero de 2023 respectivamente. La categoría de copa viva 50-75% muestra un valor máximo de 14 individuos observados en enero, febrero y marzo de 2023, y un mínimo de 1 individuo en septiembre de 2024. Esta categoría presenta una tendencia más marcada en el tiempo, con un aumento de individuos en las temporadas de primavera verano, y una disminución en la temporada invernal. Por último, la categoría 75-100% muestra una mayor variabilidad debido a la estacionalidad, alcanzando los puntos máximos en el verano de los cuatro años monitoreados, mientras que en el periodo invernal se presentan descensos, alcanzando los 0 individuos en 2023.

Figura 6-13. Evolución del porcentaje de copa viva de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego



* Los números en la tabla corresponden a la cantidad de ejemplares por categoría de copa viva.

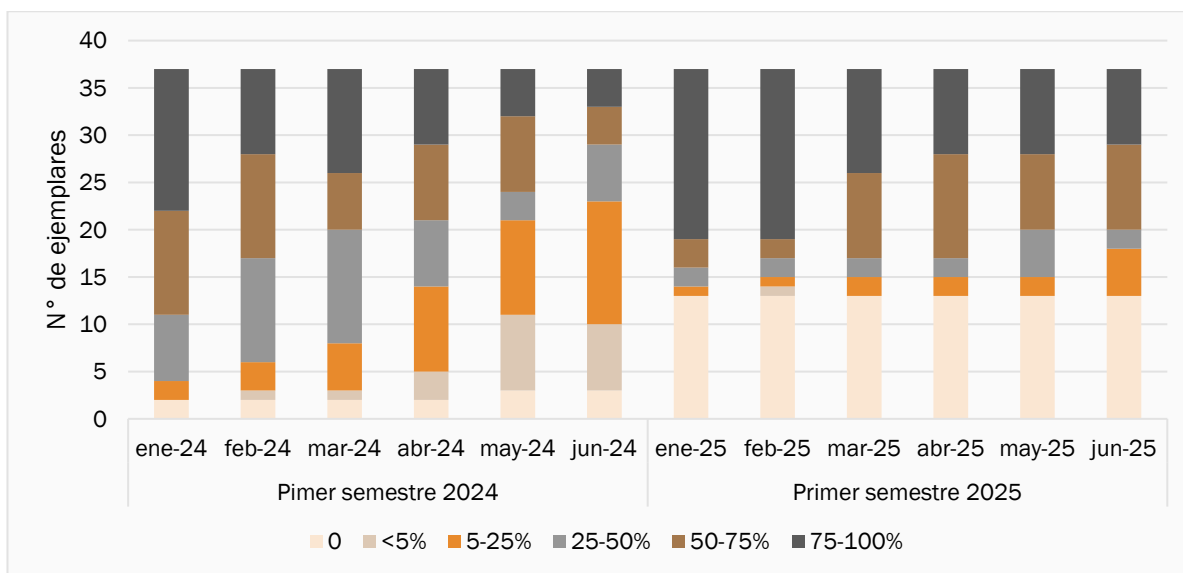
Fuente: geobiota, 2025.

6.2.2.1 Evaluación del porcentaje de copa viva de los árboles bajo sistema de riego respecto al primer semestre del año 2024

Para evaluar el porcentaje de copa viva de los ejemplares bajo sistema de riego en el primer semestre de 2025, se ha comparado este parámetro con los datos colectados durante el primer semestre de 2024 (Figura 6-14).

Para los individuos sin copa viva, en el primer semestre de 2025 se observó un aumento considerable respecto del mismo periodo en 2024, con una mayor cantidad de individuos en este estado durante todos los meses. En 2025, se alcanzó un máximo de 13 individuos en todos los monitoreos, mientras que en el periodo anterior el máximo fue de 3 individuos en mayo y junio. Las categorías <5%, 5-25% y 25-50% mostraron un comportamiento similar en ambos periodos, con una mayor participación en la segunda parte del semestre. En contraste, las categorías de mayor follaje (50-75% y 75-100%) experimentaron una disminución en otoño de ambos periodos. La categoría 50-75% presentó una mayor proporción en 2024, con un máximo de 11 individuos en enero y febrero, mientras que, en 2025, el máximo se alcanzó con 11 individuos solo en el mes de abril. Por último, la categoría 75-100% mostró una tendencia similar en ambos periodos, con una mayor participación en 2025 con un máximo de 18 individuos en enero y febrero, mientras que el máximo en 2024 fue de 15 en enero.

Figura 6-14. Evolución de la copa viva de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego



Fuente: geobiota, 2025.

6.3 Caracterización de la flora y vegetación

6.3.1 Vegetación

6.3.1.1 Superficie

En la quebrada de Camar se han identificado seis formaciones vegetacionales:

- Matorral de *Tessaria absinthioides* (Brea)
- Matorral de *Tiquilia atacamensis* (Káuchal)
- Matorral de *Atriplex atacamensis* - *Atriplex imbricata* (Cachiyuyo – Ojalar).
- Matorral de *Aloysia deserticola* - *Ephedra multiflora* (Rica rica – Pingo pingo)
- Bosque de *Neltuma alba* (Algarrobo)
- Pradera de *Distichlis spicata* (Grama salada)

Estas formaciones se reúnen principalmente en la parte baja del cono aluvial de la quebrada, en el área de traslape con el borde este del salar de Atacama, ocupando una superficie aproximada de ≈ 400 ha, ya que la mayor superficie corresponde a un área de vegetación escasa (ZVE) caracterizada por tener vegetación aislada, con menos de un 5% de cobertura (≈ 3.500 ha).

La formación más abundante considerando todos los monitoreos es el matorral de *Tessaria absinthioides*, concentrando un promedio de $242,04 \text{ ha} \pm 7,63 \text{ ha}$ con un valor máximo de $257,84 \text{ ha}$ en abril de 2023. A su vez, este matorral representa en promedio un 59,42% de la superficie total cubierta de matorrales en la quebrada y un 6,02% de la quebrada.

El matorral de *Tiquilia atacamensis* registra la segunda formación más abundante con un promedio de $108,08 \text{ ha} \pm 8,06 \text{ ha}$, el valor máximo se observó en los meses de abril 2021 y enero 2022 con $117,70 \text{ ha}$. Este matorral representa en promedio un 26,53% de la superficie total de matorrales y un 2,38% de la quebrada.

Con menos superficie, el matorral de *Aloysia deserticola* - *Efedra multiflora* registra un promedio de $31,38 \text{ ha} \pm 8,10 \text{ ha}$, con un valor máximo de $41,40 \text{ ha}$ determinadas en octubre de 2022 y enero de 2023. Este matorral representa en promedio un 7,70% de la superficie total cubierta por matorrales y un 0,79% de la superficie total de la quebrada.

Con menor ocupación, el matorral de *Atriplex atacamensis* - *Atriplex imbricata* posee un promedio de $25,87 \text{ ha} \pm 8,03 \text{ ha}$ con un valor máximo de $44,05 \text{ ha}$ reportado en enero 2024. Este matorral representa en promedio un 6,35% de la superficie total cubierta de matorrales de la quebrada y un 0,64% de la superficie total de la quebrada.

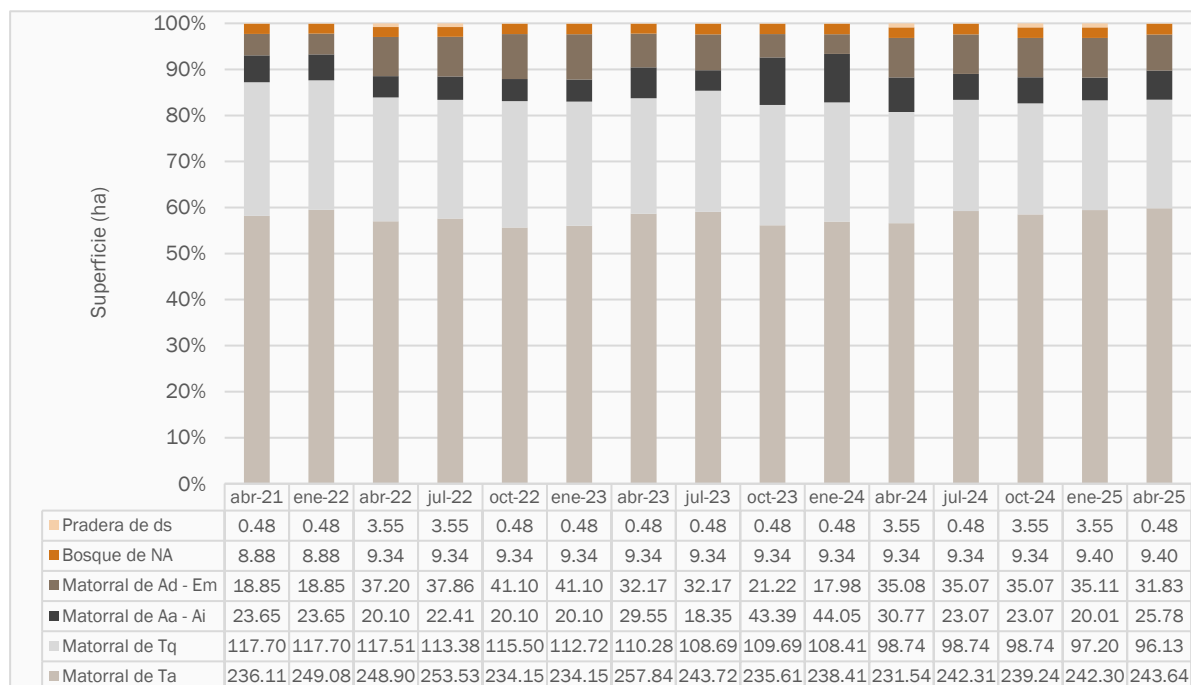
Finalmente, las superficies del Bosque de *Neltuma alba* y la pradera de *Distichlis spicata* registran un promedio de $9,29 \text{ ha} \pm 0,17 \text{ ha}$ y $1,50 \text{ ha} \pm 1,50 \text{ ha}$, respectivamente, siendo aquellas con menor ocupación total (0,24% de la quebrada).

Tabla 6-1. Variación histórica de superficie de las formaciones vegetacionales presentes en la quebrada de Camar

Período	Matorral de <i>Tessaria ab-sinthioides</i>	Matorral de <i>Tiquilla atacamensis</i>	Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i> - <i>Atriplex imbricata</i>	Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> - <i>Ephedra multiflora</i>	Bosque de <i>Neltuma alba</i>	Pradera de <i>Distichlis spicata</i>	Total
Abr-21	236,11	117,70	23,65	18,85	8,88	0,48	405,67
Ene-22	249,08	117,70	23,65	18,85	8,88	0,48	418,64
Abr-22	248,90	117,51	20,10	37,20	9,34	3,55	436,60
Jul-22	253,53	113,38	22,41	37,86	9,34	3,55	440,07
Oct-22	234,15	115,50	20,10	41,10	9,34	0,48	420,67
Ene-23	234,15	112,72	20,10	41,10	9,34	0,48	417,89
Abr-23	257,84	110,28	29,55	32,17	9,34	0,48	439,66
Jul-23	243,72	108,69	18,35	32,17	9,34	0,48	412,75
Oct-23	235,61	109,69	43,39	21,22	9,34	0,48	419,73
Ene-24	238,41	108,41	44,05	17,99	9,34	0,48	418,68
Abr-24	231,54	98,74	30,78	35,07	9,34	3,55	409,02
Jul-24	242,31	98,74	23,07	35,07	9,34	0,48	409,01
Oct-24	239,24	98,74	23,07	35,07	9,34	3,55	409,01
Ene-25	242,30	97,20	20,01	35,11	9,40	3,55	394,62
Abr-25	243,64	96,13	25,78	31,83	9,40	0,48	397,38

Fuente: geobiota, 2025.

Figura 6-15. Evolución de la superficie de las formaciones vegetacionales presentes en la quebrada de Camar



Donde: ds: *Distichlis spicata*; NA: *Neltuma alba*; Ad - Em: *Aloysia deserticola* - *Ephedra multiflora*; Aa - Ai: *Atriplex atacamensis* - *Atriplex imbricata*; Tq: *Tiquilia atacamensis* y Ta: *Tessaria absinthioides*.

(*) Porcentaje de hectáreas calculado en relación al total de superficie cubierta por matorrales (sin considerar Bosque de *Neltuma alba* ni Pradera de *Distichlis spicata*).

Fuente: geobiota, 2025.

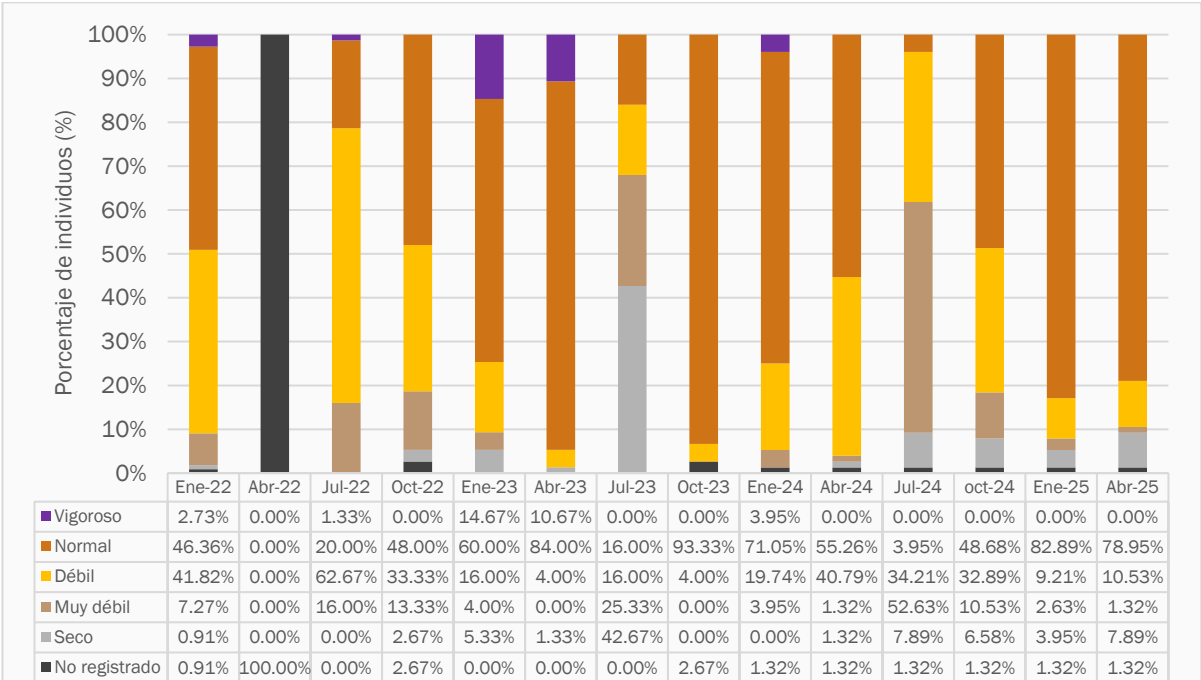
6.3.1.2 Vitalidad

Tal como se muestra en la Figura 6-16, el estado vital de las 75 unidades de vegetación durante el periodo 2022 - 2025 evidencia variaciones temporales, donde la categoría de Crecimiento Normal concentra la mayor proporción de individuos ($54,50\% \pm 28,07\%$), alcanzando un máximo de 93,33% en octubre de 2023, lo que indica que en determinados momentos la mayoría de la población mantiene un buen vigor. En contraste, las categorías Débil ($25,01\% \pm 17,55\%$; máximo 62,67% en julio 2022) y Muy Débil ($10,64\% \pm 14,66\%$; máximo 52,63% en julio 2024) reflejan la presencia de un número significativo de unidades en condiciones de bajo vigor, especialmente durante los meses poco favorables. Las categorías extremas se presentan en menor proporción: Ex. Vigoroso ($2,56\% \pm 4,73\%$) y Seco ($6,20\% \pm 11,35\%$), lo que evidencia que las unidades en estado óptimo o, por el contrario, totalmente secas, son minoritarios dentro de la quebrada. En términos fitosanitarios, aparte de los efectos derivados de factores naturales y antrópicos previamente identificados, no se registran signos adicionales de daño.

Al comparar los monitoreos del primer semestre de 2025, se observa un aumento en el número de polígonos en categoría Seco y Débil hacia el mes de abril, con una diferencia de 3,95% y 1,32%. Contrariamente, se observa una disminución en el número de polígonos Muy débiles y en Crecimiento normal con un diferencial

de 1,32% y 3,95%. La categoría Ex. vigoroso se mantuvo, ya que no hubo polígonos en esta categoría para ambos periodos (enero y abril). Aunque en ambos periodos del primer semestre no se observaron grandes variaciones, si se destaca el aumento en la categoría Crecimiento normal registrado en ambos periodos, en comparación con el segundo semestre de 2024. Este incremento podría estar relacionado con cambios estacionales asociados al término de la primavera y el inicio del verano, temporada en la que se incrementa la actividad fotosintética.

Figura 6-16. Variación histórica de la vitalidad en la vegetación de la quebrada de Camar



Fuente: geobiota, 2025.

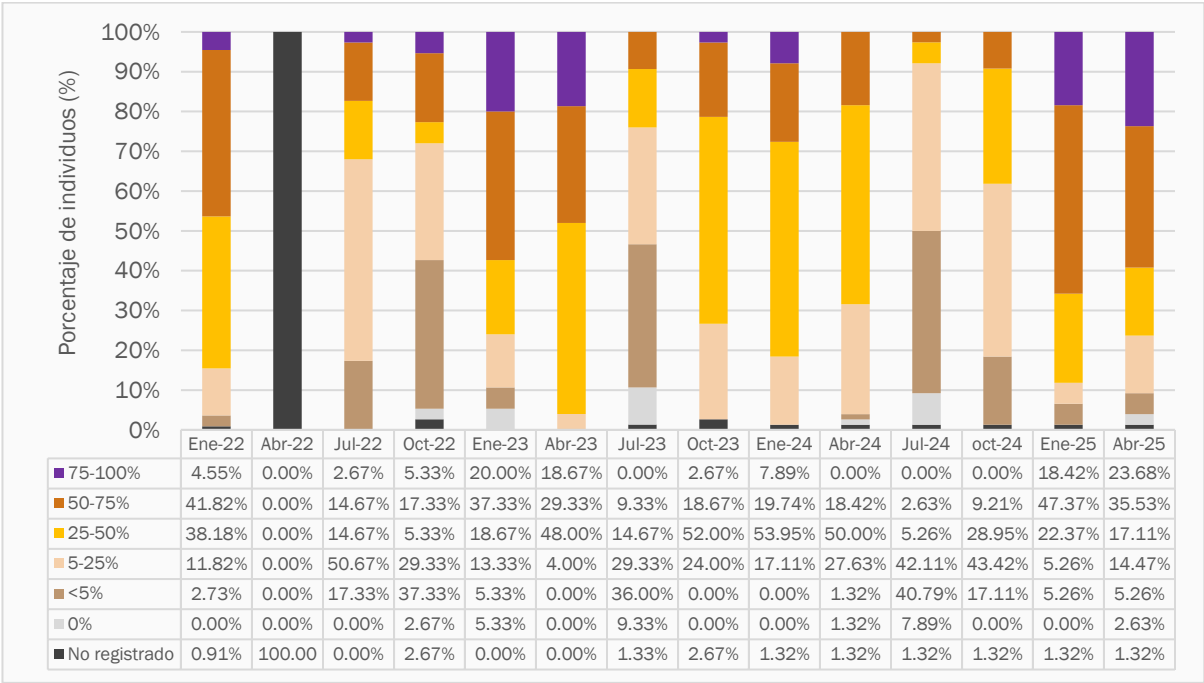
6.3.1.3 Porcentaje de copa viva

La vegetación en la quebrada de Camar tiende a mantenerse dentro de categorías intermedias de copa viva, concentrando la mayor proporción promedio de individuos en la categoría 25–50% (28,40% ± 17,93%), 5–25% (24,04% ± 14,83%) y 50–75% (23,18% ± 13,83%). En contraste, las categorías extremas presentan menores valores: <5% (12,96% ± 15,43%), 75–100% (7,99% ± 8,87%) y 0% (2,24% ± 3,27%), evidenciando que las unidades con follaje muy deteriorados o, por el contrario, con copas completas, son poco representativos en el conjunto de unidades evaluadas. Este patrón indica que las unidades se encuentran bajo condiciones ambientales que restringen el desarrollo vegetativo, lo cual es consistente con el contexto de extrema aridez que caracteriza al desierto de Atacama, así como con las limitaciones edáficas e hídricas propias de los ecosistemas de salar.

Al comparar el período analizado (enero y abril 2025), se observa una disminución hacia abril de las unidades con follaje en las categorías 25-50% y 50-75%, con una disminución del 5,26% y 11,84%. En cambio, se observó un aumento en las categoría de 0% de un 1,31%, para la categoría 5-25% tuvo un aumento del 9,21%, y en la categoría de 75-100% de copa viva hubo un aumento del 5,26%. Finalmente, la categoría <5%

se mantuvo sin variaciones en ambos periodos (enero y abril), con un 5,56%, respectivamente. Esta leve disminución en las categorías con mayor porcentaje de copa verde se debe a la llegada del otoño, periodo donde disminuye la radiación solar.

Figura 6-17. Variación histórica del porcentaje de copa viva en la vegetación de la quebrada de Camar



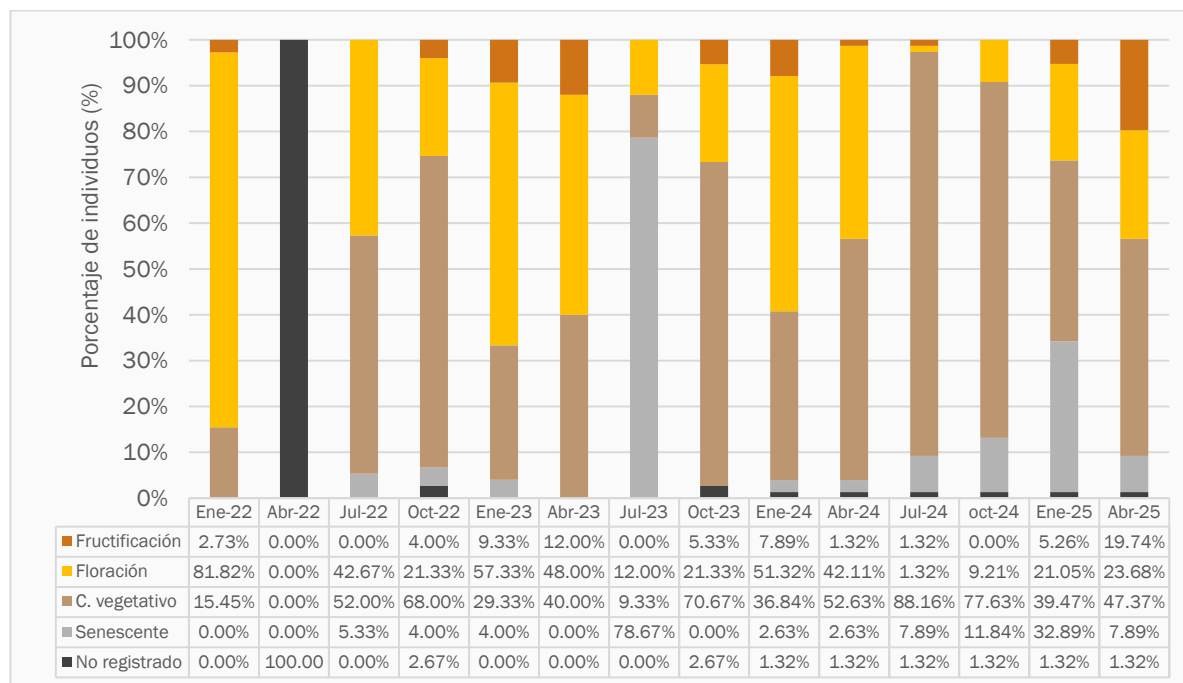
Fuente: geobiota, 2025.

6.3.1.4 Estado fenológico

Tal como se muestra en la Figura 6-18, el estado fenológico predominante corresponde al crecimiento vegetativo, con un promedio de 48,22% ± 23,46% y un máximo de 88,16% en julio de 2024, indicando que las unidades mantienen una fase activa de desarrollo foliar durante la mayor parte del periodo analizado. La floración se observa en periodos puntuales de alta actividad reproductiva con un promedio del 33,32% ± 22,77%, alcanzando un máximo de 81,82% en enero de 2022, mientras que la fructificación se presenta de manera mucho más acotada (5,30% ± 5,78%), con un máximo de 19,74% en abril de 2025. Finalmente, el estado senescente muestra un promedio de 12,14% ± 21,78%, con un máximo de 78,67% en julio de 2023, lo que revela momentos de fuerte desgaste foliar, principalmente en periodos invernales.

Al comparar los periodos de enero y abril de 2025, se observa una disminución de un 25% en la categoría Senescente. Por otro lado, se registra un aumento en las categorías Crecimiento vegetativo, Floración y Fructificación (7,89%, 2,63% y 14,47%, respectivamente). Estos cambios coinciden con la variación fenológica esperada para la temporada estival, donde en verano se aprecia un aumento de la Floración y posterior Fructificación.

Figura 6-18. Variación histórica del estado fenológico en la vegetación de la quebrada de Camar



Fuente: geobiota, 2025.

6.3.1.5 Afectación antrópica y/o natural

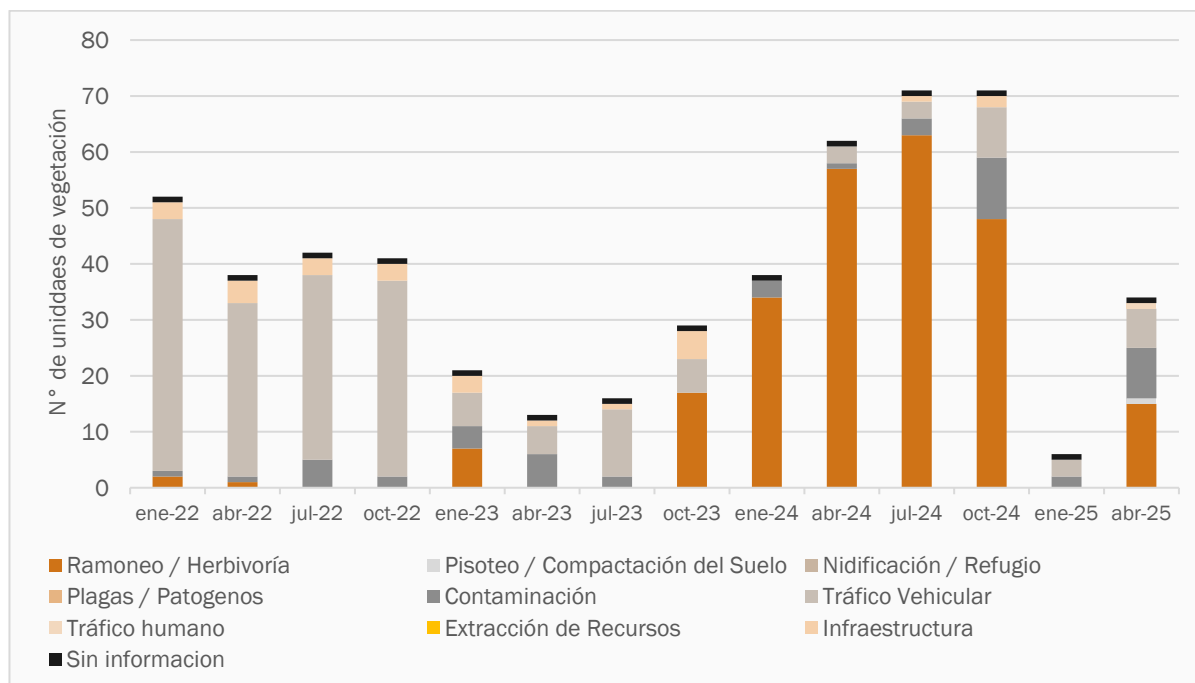
Los monitoreos trimestrales dan cuenta que desde el comienzo de los reportes mensuales del Programa de Cumplimiento se han observado algunos signos que evidencian la afectación antrópica y en menor medida daño natural en las plantas o sitios de monitoreo de la vegetación de Camar (Figura 6-19). Al analizar la afectación natural y antrópica desde enero de 2022 a abril de 2025 se observa que el tráfico vehicular corresponde a la principal afectación en las unidades de vegetación. Estas corresponden a una perturbación de los sitios, ya que el tránsito vehicular por caminos no habilitados puede afectar a la flora y fauna del sector, así como también a los atributos del paisaje. En menor medida se ha encontrado presencia de contaminación/basura en las unidades prospectadas y de obras de infraestructura, las que están asociadas principalmente al mejoramiento de la ruta B-371 y al camino entre pozos.

Respecto a la afectación antrópica, el 76,32% de los polígonos monitoreados se observó con algún tipo de intervención aparente en el monitoreo de abril, lo que significa un aumento del 15,79% en el número de polígonos intervenidos respecto de enero de 2025. La evolución histórica de la afectación animal y antrópica se presentan en (Figura 6-19).

La afectación natural se ha encontrado en menos oportunidades, dado que la vegetación de matorral (presencia de *Tessaria absinthioides*, *Atriplex atacamensis*, *Ephedra multiflora*, *Aloysia deserticola* y otras plantas), se consideran de bajo interés en la dieta de los burros silvestres. En este sentido, el daño por ramoneo se ha observado con mayor frecuencia en individuos arbóreos de *Neltuma alba* (algarrobo) que crecen en la quebrada. No obstante, en 2024 se evidenció un incremento en la categoría Ramoneo/herbivoría. Considerando que las unidades vegetacionales no presentan cambios relevantes en superficie ni en el tipo de

formación a lo largo del período evaluado, el aumento observado podría explicarse por variaciones en la dinámica poblacional o espacial de los burros silvestres. En particular, un eventual incremento en la abundancia local o procesos de redistribución y concentración focalizada en sectores con mayor disponibilidad hídrica o forraje podrían haber intensificado la presión de ramoneo durante dicho año.

Figura 6-19. Afectación natural y antrópica



Fuente: Geobiota, 2025.

6.3.2 Flora

6.3.2.1 Riqueza florística

La riqueza florística registrada durante los monitoreos trimestrales realizados entre 2022 y lo que va al 2025 se presenta en la Tabla 6-2 donde se observa que la riqueza dentro de los puntos de monitoreo posee un máximo de 11 taxa, identificados en abril de 2023 y 2025. Y la riqueza fuera de los puntos de monitoreo posee un máximo solo en abril de 2023, con 15 taxa. La riqueza florística acumulada llega también a 26 taxa a la fecha.

Estos periodos de mayor actividad vegetal podrían estar asociados a las precipitaciones estivales, frecuentes en el norte de Chile como consecuencia del denominado invierno altiplánico, fenómeno que ocurre entre diciembre y marzo y que, en el área de estudio, alcanza su máxima intensidad en febrero. La magnitud de las lluvias varía de un año a otro, en función de la interacción entre forzantes de gran escala (El Niño/La Niña,

TSM²³, MJO²⁴), la circulación atmosférica regional (particularmente la Alta de Bolivia²⁵ y los vientos del este), así como de condiciones locales, entre ellas la topografía y la disponibilidad de humedad amazónica.

Según Gutiérrez (2008), los períodos 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.*, (2011), 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. Lo anterior podría explicar la presencia de las nuevas taxa registradas en abril 2023, ya que en febrero de ese año se registró un evento de precipitaciones importante, el que dio pie a la proliferación de esas especies, que si bien no habían sido registradas en la quebrada de Camar, si han estado presente en los monitoreos anuales del Borde Este.

²³ Temperatura superficial del mar.

²⁴ Fenómenos como la Oscilación Madden-Julian, pueden modular episodios de lluvias intensas en escalas de semanas.

²⁵ Anticiclón en altura que se instala sobre el Altiplano.

Tabla 6-2. Variación histórica en la riqueza de especies presentes en los puntos de muestreo y área de estudio

Nº	Nombre científico	Familia	Hábito de crecimiento	Origen	2022				2023				2024				2025	
					Ene	Abr	Jul	Oct	Ene	Abr	Jul	Oct	Ene	Abr	Jul	Oct	Ene	Abr
1	<i>Adesmia atacamensis</i>	Fabaceae	Arbusto	Endémico	(*)	(*)	X	X	(*)	(*)	-	-	-	-	-	-	-	-
2	<i>Adesmia rahmeri</i>	Fabaceae	Hierba anual o bienal	Nativo	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	-	-	-	-	-	X	-	-
3	<i>Allionia incarnata</i>	Nyctaginaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	(*)	-	-	-	-	-	-	-	-
4	<i>Aloysia deserticola</i>	Verbenaceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	<i>Ambrosia artemisioides</i>	Asteraceae	Arbusto	Nativo	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	-	-	-	-	-	-	-	-
6	<i>Atriplex atacamensis</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Endémico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	<i>Atriplex imbricata</i> var. <i>Imbricata</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	<i>Cistanthe amarantoides</i>	Montiaceae	Hierba perenne	Endémico	-	-	-	-	-	(*)	-	-	-	-	-	-	-	-
9	<i>Cistanthe celosioides</i>	Montiaceae	Hierba anual	Nativo	X	X	(*)	(*)	X	(*)	-	-	X	-	-	-	-	X
10	<i>Cistanthe salsoloides</i>	Montiaceae	Hierba anual	Nativo	(*)	(*)	X	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-
11	<i>Cristaria dissecta</i>	Malvaceae	Hierba anual o perenne	Nativo	-	-	-	-	-	(*)	-	-	-	-	-	-	-	-
12	<i>Distichlis spicata</i>	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13	<i>Ephedra multiflora</i>	Ephedraceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	(*)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
14	<i>Euphorbia amandi</i>	Euphorbiaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	(*)	-	-	-	-	-	-	-	-
15	<i>Exodeconus integrifolius</i>	Solanaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X
16	<i>Hoffmannseggia doellii</i>	Fabaceae	Hierba perenne	Endémica	-	(*)	(*)	(*)	-	(*)	-	-	-	-	-	-	-	X
17	<i>Lupinus oreophilus</i>	Fabaceae	Hierba perenne	Endémica	-	(*)	(*)	(*)	-	(*)	-	-	-	-	-	-	-	-
18	<i>Phragmites australis</i>	Poaceae	Hierba perenne	Introducida	(*)	(*)	(*)	(*)	-	(*)	-	-	-	-	-	-	-	-
19	<i>Neltuma alba</i>	Fabaceae	Árbol	Nativo	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
20	<i>Strombocarpa tamarugo</i>	Fabaceae	Árbol	Endémico	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	X	(*)

Tabla 6-2. Variación histórica en la riqueza de especies presentes en los puntos de muestreo y área de estudio

N°	Nombre científico	Familia	Hábito de crecimiento	Origen	2022				2023				2024				2025	
					Ene	Abr	Jul	Oct	Ene	Abr	Jul	Oct	Ene	Abr	Jul	Oct	Ene	Abr
21	<i>Solanum chilense</i>	Solanaceae	Hierba perenne	Endémico	(*)	(*)	(*)	(*)	-	(*)	X	-	-	-	-	-	-	-
22	<i>Tarasa operculata</i>	Malvaceae	Arbusto	Nativo	(*)	(*)	(*)	(*)	-	X	(*)	-	-	X	X	X	X	X
23	<i>Tessaria absinthioides</i>	Asteraceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
24	<i>Tiquilia atacamensis</i>	Boraginaceae	Arbusto	Endémico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
25	<i>Tribulus terrestris</i>	Zygophyllaceae	Hierba anual	Introducida	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
26	<i>Urmenetea atacamensis</i>	Asteraceae	Hierba perenne	Nativo	(*)	(*)	(*)	(*)	-	(*)	-	-	-	-	-	-	-	-
Riqueza dentro de los puntos de muestreo					8	8	9	8	8	11	9	7	8	8	8	9	9	11
Riqueza fuera de los puntos de muestreo					10	12	11	12	5	15	3	2	2	2	2	2	1	2
Riqueza total					18	20	20	20	13	26	12	9	10	10	10	11	10	13

(*) = Registro fuera de parcela; (x) = Presencia de la especie; (-) = Ausencia de la especie

Fuente: geobiota, 2025.

Seis [6] taxa han sido registrados dentro de los puntos de monitoreo durante las 14 prospecciones realizadas entre enero de 2022 a abril de 2025 (*Aloysia deserticola*, *Atriplex atacamensis*, *Atriplex imbricata* var. *Imbricata*, *Distichlis spicata*, *Tessaria absinthioides* y *Tiquilia atacamensis*). Mientras que dos [2] se han observado también durante todas las prospecciones pero sin registros dentro de los transectos (*Neltuma alba* y *Strombocarpa tamarugo*). Y una [1] (*Ephedra multiflora*) ha estado presente en 13 de los 14 monitoreos.

Estas especies, salvo *Neltuma alba* y *Strombocarpa tamarugo*, se consideran dominantes; y en el área de estudio conforman, ya sea por si solas o en conjunto, distintas formaciones vegetacionales.

Tessaria absinthioides posee una amplia distribución. Tal como señalan Rodríguez et al., (2018), este arbusto nativo se distribuye entre las regiones de Arica y Parinacota y Biobío, en un rango altitudinal que va desde los 0 hasta los 3.000 msnm. En el salar de Atacama, es una de las plantas más abundantes y conforma la formación de matorral de Brea (*T. absinthioides*).

Por su parte, el *Atriplex atacamensis* (cachiyuyo) corresponde a un arbusto endémico que crece entre los 200 y 3.000 msnm, y se distribuye entre las regiones de Arica y Parinacota y Atacama. Mientras que el *Atriplex imbricata* (ojalar) corresponde a un arbusto o subarbusto nativo, que crece entre los 3.500 y 3.800 msnm entre las regiones de Arica y Parinacota y Atacama (Rodríguez et al., 2018). Estas especies suelen compartir el área donde se desarrollan ocupando el espacio en proporciones similares, Y conforman el tipo vegetacional matorral Cachiyuyo – Ojalar (*A. atacamensis* – *A. imbricata*).

Aloysia deserticola (rica – rica), corresponde a un arbusto nativo que crece entre los 2.300 y 3.500 msnm en las regiones de Arica y Parinacota y Antofagasta (Rodríguez et al., 2018). En el salar de Atacama suele crecer junto a *Ephedra multiflora* (pingo pingo), arbusto nativo que crece entre los 2.300 y 4.000 msnm en las regiones de Arica y Parinacota, Antofagasta y Atacama (Rodríguez et al., 2018). Formando el Matorral de rica rica – pingo pingo.

Por su parte, *Distichlis spicata* (grama salada) es una hierba perenne nativa, que se distribuye ampliamente en el país, entre las regiones de Arica y Parinacota y Los lagos, posee un rango altitudinal que varía entre los 0 y los 3.800 msnm (Rodríguez et al., 2018). En el Borde Este conforma al tipo vegetacional pradera de Grama salada. En el área de la quebrada de Camar este tipo vegetacional corresponde a un área de transición entre otros tipos vegetacionales, por lo que también es común encontrar ejemplares de *Tessaria absinthioides* acompañando a esta especie.

La *Tiquilia atacamensis* (káuchal), también es de las especies más abundantes en el Salar de Atacama y conforma al tipo vegetacional Matorral de káuchal. Corresponde a un subarbusto endémico distribuido entre las regiones de Arica y Parinacota y Atacama, entre los 0 y 3.500 msnm (Rodríguez et al., 2018). Esta especie comenzó a observarse de manera más frecuente en el Borde este en el año 2017²⁶, tras eventos de precipitaciones estivales. Esta especie crece en sectores aluviales, en el área de transición entre la franja de vegetación y el área desprovista de vegetación (Faúndez, 2015). En este sector también se registró a *Cistanthe celosioides* (lukupa), hierba anual nativa, que se desarrolla entre las regiones de Arica y Parinacota y Atacama (Rodríguez et al., 2018). Ésta, entre otras especies, es comúnmente denominada pasto de lluvia, ya que proliferan en años lluviosos. Particularmente, en el Salar de Atacama, luego de las lluvias estivales del año

²⁶ Mas detalles en los informes de seguimiento ambiental del proyecto Cambios y Mejoras en la Operación Minera del Salar de Atacama.

2019 se observó un aumento de individuos de esta especie junto con *Cistanthe salsoloides*, conformando el tipo vegetacional (ocasional) pradera de Lukupa. Cabe destacar que en el reporte de abril 2023 se colectó libremente la especie *Cistanthe amarantoides*, la cual no se había registrado anteriormente en el listado de especies de la quebrada de Camar.

Por último, se registró en los monitoreos comprendidos entre abril 2024 y abril de 2025 a *Tarasa operculata*, que no se registraba desde abril 2023. Esta especie corresponde a un subarbusto nativo que crece entre los 1.500 y 3.800 msnm en las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta (Rodríguez *et al.*, 2018). Y tanto en la quebrada de Camar como en el borde este no alcanza a conformar una formación vegetacional, creciendo únicamente en áreas de vegetación escasa, donde la cubierta vegetal no supera el 5%.

Neltuma alba (algarrobo) y *Strombocarpa tamarugo* (Tamarugo), por lo general también crecen en áreas de vegetación escasa, y no llegan a conformar bosque, salvo en el sector alto de la quebrada, junto al pueblo de Camar, donde si se desarrolla un pequeño bosque de Algarrobos. En el resto de la quebrada se presentan de manera aislada, creciendo por lo general en el cauce de la quebrada o en sectores de desborde. Se estima que estos individuos se establecieron en el sector tras aluviones (producidos por eventos intenso de precipitaciones), que arrastraron semillas desde el bosque, lo que permitió su germinación tras la escarificación mecánica de las semillas. En el caso del Tamarugo, se estima que los individuos provienen de semillas del sector Tambillo (a 23 km de distancia de Camar), ya que en el pueblo se usa materia vegetal de ese sector para alimentar ganado.

Los resultados obtenidos evidencian la estabilidad en la composición florística de la quebrada de Camar entre los meses de enero 2022 y abril de 2025, con un número relativamente constante de especies registradas (8 a 11 especies registradas por período aproximadamente). Con aumentos explosivos de especies cuando se dan eventos importantes de precipitaciones.

6.3.2.2 Abundancia

En la Tabla 6-3 se presenta la variación histórica (enero 2022 hasta abril 2025) en la cobertura que tienen las especies calculada a partir de los transectos. La alta cobertura de *Tessaria absinthioides* y *Atriplex atacamensis* reafirma su papel como especies dominantes en la zona, capaces de prosperar en un entorno caracterizado por la aridez. La fluctuación en la cobertura de algunas especies, aunque mínima, podría estar relacionada con factores estacionales que afectan el crecimiento y la expansión de la vegetación.

Entre enero y abril, la cobertura de las especies mostro ligeros cambios entre periodos. Las especies que disminuyeron fueron *Tessaria absinthioides* con una reducción de 0,91%, *Atriplex imbricata* con una reducción de 0,04% y *Atriplex atacamensis* tuvo una reducción de 0,01%. El resto de la especie tuvo un ligero aumento siendo *Aloysia deserticola* la especie que tuvo un mayor aumento con un 0,45%, *Ephedra multiflora* aumento en 0,18%, *Tiquilia atacamensis* aumento en 0,12%, *Distichlis spicata* aumento en 0,05% y *Tarasa operculata* tuvo un aumento del 0,01%. Cabe recalcar la aparición de la especie *Adesmia rahmeri* en el período de octubre de 2024, que tuvo una cobertura inferior al 0,01%.

Tabla 6-3. Variación histórica de la cobertura de las especies en transectos

N°	Especie	% de cobertura por transectos													
		2022				2023				2024				2025	
		Ene	Abr	Jul	Oct	Ene	Abr	Jul	Oct	Ene	Abr	Jul	Oct	Ene	Abr
1	<i>Adesmia atacamensis</i>	0,00	0,00	<0,01	<0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	<i>Adesmia rahmeri</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<0,01	0,00	0,00
3	<i>Aloysia deserticola</i>	0,74	0,72	0,90	0,38	1,05	0,54	0,63	0,91	1,26	1,39	0,68	1,13	0,65	1,03
4	<i>Atriplex atacamensis</i>	1,37	1,44	1,73	0,78	1,41	1,97	1,73	2,97	1,94	2,53	1,86	1,85	1,38	2,00
5	<i>Atriplex imbricata</i>	0,15	0,12	0,09	0,03	0,21	0,11	0,02	0,03	0,28	0,02	0,07	0,03	0,42	0,04
6	<i>Cistanthe salsoloides</i>	0,15	0,06	0,01	0,02	0,08	0,02	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	<i>Cistanthe celosioides</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	<i>Distichlis spicata</i>	0,03	0,06%	0,41	0,22	0,58	0,86	0,54	0,70	0,50	0,49	0,33	0,38	0,54	0,30
9	<i>Ephedra multiflora</i>	0,27	0,05	0,06	0,00	0,22	0,11	0,00	0,07	0,13	0,10	0,02	0,20	0,06	0,03
10	<i>Exodeconus integrifolius</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	<i>Solanum chilense</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	<i>Strombocarpa tamarugo</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
13	<i>Tarasa operculata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	<0,01	0,03
14	<i>Tessaria absinthioides</i>	8,00	10,99	7,22	7,15	9,83	10,45	8,41	12,80	10,46	10,39	10,16	9,25	9,37	10,44
15	<i>Tiquilia atacamensis</i>	3,22	2,01	1,34	0,92	1,63	1,23	1,45	1,50	1,04	0,61	0,58	0,70	0,42	0,39
16	<i>Tribulus terrestris</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: geobiota, 2025.

6.4 Parámetros del suelo

6.4.1 Monitoreo mensual de CHS

El monitoreo del contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) se realiza desde febrero del 2022 a la fecha (junio de 2025), con el objetivo de dar cuenta de la evolución temporal de este parámetro y su posible relación con la vitalidad de la población de algarrobos presente en la quebrada de Camar.

6.4.1.1 Evolución temporal del CHS a nivel de población

Tal como se ha mencionado en informes anteriores (CRICYT, 2018, PSAB año 2021), el principal aporte hídrico en el área aluvial de la quebrada de Camar proviene de las lluvias estivales altoandinas, las que infiltran por los horizontes superficiales arenosos del suelo, hasta el horizonte arcilloso. Por esta razón, los eventos de precipitaciones favorecen las reservas de agua aprovechable para las plantas.

La Figura 6-20 y Tabla 6-4 muestran el comportamiento histórico del CHS dentro de la quebrada de Camar. Se observan fluctuaciones según la época del año, registrando un valor máximo promedio de 3,61% consecutivamente en los meses de marzo y abril de 2023, fecha en la que se registraron eventos de precipitaciones²⁷. El valor promedio general de CHS se ha visto influenciado por la puesta en marcha de un sistema de riego en diciembre de 2022 en 11²⁸ de los 40 puntos de monitoreo de CHS. A partir de ese momento, se observa un aumento general en el valor promedio de CHS, así como un aumento de los valores máximos registrados en cada mes de monitoreo.

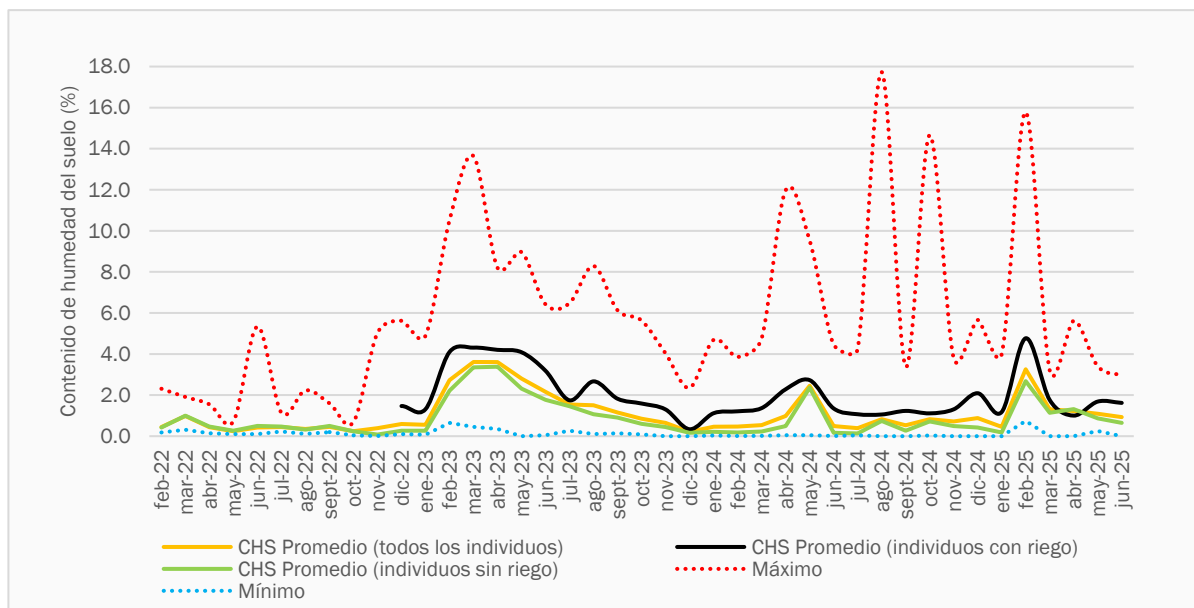
Al analizar los datos obtenidos durante el primer semestre de 2025, se registran los mayores promedios generales (considerando las 40 muestras) en febrero (3,26%), observándose el menor promedio general del contenido de humedad del suelo en enero (0,45%), resultados que estarían influenciados por las precipitaciones ocurridas durante el mes de febrero (ver Figura 6-21).

Se observa un alza del CHS en individuos con y sin riego en el mes de febrero de 2025, concordando con eventos de precipitaciones ocurridos ese mes. Posteriormente, este parámetro desciende abruptamente y mantiene una leve tendencia a la disminución en los meses posteriores. Lo anterior difiere con lo reportado durante el primer semestre de 2024, donde el CHS promedio aumenta hacia fin del semestre (Figura 6-20). Esto seguramente debido al aumento de agua retenida en el suelo tras las precipitaciones de febrero, marzo y abril de 2024, a diferencia de 2025 que solo registró precipitaciones en febrero y en menor medida en junio.

²⁷ Para más información, revisar SQM en línea, <https://www.sqmsenlinea.com/meteorology> y Red Agrometeorológica de INIA. Estación Camar, San Pedro de Atacama. www.agrometeorologia.cl

²⁸ Los once individuos con riego son los siguientes: A-12, A-17, A-31, A-33, A-36, A-38, A-46, A-47, AX-01, C-15 y C-19.

Figura 6-20. Comparación mensual del contenido de humedad del suelo en individuos de *Neltuma alba*, periodo febrero 2022 – junio 2025



*En diciembre de 2022 comienza la ejecución del sistema de riego en los puntos de medición de los individuos A-12, A-17, A-31, A-33, A-36, A-38, A-46, A-47, AX-01, C-15 y C-19.

Fuente: geobiota, 2025.

Tabla 6-4. CHS en individuos de *Neltuma alba* con y sin sistema de riego, periodo febrero 2022 – diciembre 2025

Sistema		Con riego*											Sin riego																												
Individuo		A12	A17	A31	A33	A36	A38	A46	A47	C15	C19	AX01	A05	A10	A27	A51	A54	A70	A71	B02	B03	B04	B15	B21	C34	C41	C45	C51	C54	C58	C66	C72	C77	D02	D07	D10	D14	D20	D26	D29	D43
2022	Febrero	0,3	0,58	0,35	0,18	0,21	2,31	0,26	0,29	0,22	0,3	0,42	0,36	1,15	0,39	0,37	0,38	0,29	0,35	0,36	0,29	0,84	0,61	0,36	0,3	0,26	0,27	0,31	0,25	0,37	0,34	0,18	0,5	0,27	0,4	0,36	0,31	0,49	0,23	0,77	0,96
	Marzo	0,92	1,51	0,95	0,97	0,92	1,02	0,68	0,62	0,8	0,71	1,22	0,82	1,91	0,99	0,54	0,67	0,99	0,82	0,62	1,32	1,37	1,57	1,5	1,15	0,98	1,07	0,75	0,7	0,8	0,86	0,73	0,31	1,46	0,91	1,33	0,71	0,77	0,68	0,89	1,66
	Abril	0,47	0,96	0,34	0,23	0,18	0,32	0,17	0,14	0,2	0,22	0,49	0,47	1,55	0,56	0,25	0,33	0,47	0,44	0,19	0,32	0,44	0,94	0,45	0,27	0,41	0,48	0,48	0,41	0,23	0,24	0,26	0,33	0,4	0,22	0,57	0,31	0,36	0,34	0,49	1,47
	Mayo	0,15	0,31	0,15	0,21	0,12	0,31	0,12	0,17	0,1	0,15	0,2	0,16	0,38	0,21	0,1	0,1	0,11	0,26	0,11	0,24	0,35	0,72	0,21	0,22	0,25	0,25	0,24	0,21	0,14	0,15	0,28	0,32	0,26	0,25	0,16	0,19	0,49	0,31	0,7	
	Junio	0,2	0,27	0,16	0,29	0,23	0,31	0,15	0,24	0,26	0,24	0,18	0,20	0,83	0,17	0,19	0,24	0,21	0,75	0,21	0,35	5,34	0	0,36	0,3	0,25	0,21	0,29	0,16	0,31	0,19	0,23	0,1	0,22	0,46	0,48	0,26	0,3	0,17	0,46	0,71
	Julio	0,47	0,58	0,38	0,23	0,35	0,41	0,29	0,4	0,38	0,34	0,39	0,33	1,14	0,42	0,39	0,41	0,33	0,49	0,28	0,41	0,62	0,66	0,27	0,38	0,46	0,33	0,43	0,38	0,4	0,34	0,36	0,46	0,57	0,46	0,58	0,41	0,47	0,49	0,51	0,75
	Agosto	0,27	0,3	0,22	0,18	0,26	0,35	0,2	0,22	2,23	0,20	0,00	0,23	0,67	0,22	0,23	0,28	0,27	0,31	0,16	0,38	0,43	0,62	0,27	0,12	0,21	0,22	0,24	0,2	0,27	0,26	0,2	0,11	0,39	0,37	0,47	0,32	0,33	0,17	0,38	0,98
	Septiembre	0,35	0,45	0,36	0,33	0,23	0,35	0,2	0,25	0,35	0,29	0,41	0,53	1,6	0,46	0,2	0,27	0,4	0,42	0,29	0,78	0,54	1,28	0,33	0,43	0,39	0,36	0,37	0,49	0,29	0,29	0,26	0,49	0,29	0,36	0,49	0,36	0,37	0,48	0,45	1,28
	Octubre	0,15	0,14	0,38	0,25	0,2	0,37	0,3	0,69	0,09	0,06	0,19	0,35	0,29	0,18	0,04	0,22	0,19	0,23	0,37	0,19	0,28	0,45	0,17	0,1	0,11	0,12	0,42	0,12	0,11	0,26	0,27	0,08	0,19	0,27	0,45	0,18	0,44	0,11	0,25	0,41
	Noviembre	0,05	2,14	0,07	0,07	1,47	0,08	0,04	0,03	4,22	5,03	0,02	0,01	0,04	0,05	0,02	0,07	0,04	0,02	0,06	0,15	0,1	0,16	0,2	0,02	0,03	0,06	0,06	0,03	0,04	0,08	0,07	0,07	0,07	0,15	0,18	0,1	0,08	0,03	0,07	0,24
2023	Diciembre	0,21	5,62	0,18	0,1	0,18	0,31	0,21	3,68	2,04	3,4	0,21	0,19	0,33	0,13	0,3	0,24	0,14	0,19	0,21	0,28	0,48	0,57	0,26	0,18	0,24	0,22	0,2	0,12	0,22	0,27	0,26	0,24	0,28	0,27	0,42	0,33	0,38	0,18	0,19	0,32
	Enero	0,13	4,81	0,29	0,15	0,17	0,26	0,11	1,35	2,09	4,89	0,2	0,19	0,33	0,27	0,17	0,22	0,17	0,24	0,14	0,27	0,44	0,42	0,22	0,07	0,12	0,8	0,14	0,09	0,2	0,17	0,21	0,12	0,28	0,28	0,31	0,19	0,24	0,07	0,8	0,44
	Febrero	1,62	9,22	1,97	2,29	1,81	3,05	2,25	3,57	6,34	10,51	2,44	2,49	1,5	2,31	2,64	2,1	3,76	1,31	2,33	1,96	0,65	2,75	1,12	2,34	1,83	2,27	1,58	2,45	2,29	2,52	1,52	2,35	1,5	3,09	1,47	2,15	1,79	3,04	3,1	3,91
	Marzo	6,08	5,97	5,75	3,02	1,86	4,93	3,43	5,15	2,93	5,22	3,09	2,41	5,36	4,07	2,92	2,87	3,23	5,91	2,38	1,02	0,45	0,45	1,07	2,23	2,6	3,27	3,68	3,04	2,25	4,42	6,18	3,13	4,4	2,18	1,65	3,89	13,64	1,86	3,49	3,06
	Abril	2,21	7,77	3,11	1,61	3,14	4,47	3,06	4,49	6,00	7,39	2,99	2,87	3,74	3,28	3,39	2,9	3,06	2,5	8,2	1,73	0,49	4,08	0,35	2,81	2,94	2,68	3,12	3,6	2,44	4,24	3,05	6,77	2,43	8,12	3,22	3,3	2,97	2,9	3,16	3,75
	Mayo	0,73	6,36	1,42	1,18	4,18	3,4	4,92	8,96	5,98	6,42	1,42	2,43	2,52	2,32	2,08	2,53	1,66	1,65	1,31	0,19	4,69	2,48	0,00	2,75	1,68	1,6	2,99	2,51	1,81	2,4	2,33	6,07	5,9	0,03	1,76	1,6	1,68	2,75	2,22	3,21
	Junio	1,7	6,42	1,74	1,43	2,37	3,8	1,88	2,51	5,98	5,64	1,55	2,8	2,57	2,29	1,73	1,92	1,66	1,82	1,24	0,49	0,05	1,89	0,37	1,81	1,26	1,08	1,94	2,05	1,59	2,07	2,3	5,2	1,14	0,14	2,05	1,8	1,47	1,66	2,11	2,72
	Julio	1,45	0,78	0,34	0,27	1,69	0,41	1,3	1,82	6,48	3,52	1,16	0,85	5,68	0,81	0,6	1,2	1,19	0,45	1,07	0,28	0,73	4,23	1,41	0,77	1,08	0,86	1,22	1,94	1,34	1,06	1,11	3,41	0,35	0,39	0,73	4,65	0,69	1,82	1,13	1,35
	Agosto	1,18	4,47	1,04	0,17	1,82	3,67	1,69	1,6	5,1	8,3	0,33	0,33	1,75	0,62	1,56	1,19	1,36	0,95	0,37	0,2	0,1	4,2	0,15	0,98	0,98	0,93	1,2	1,84	0,66	1,32	1,09	1,88	0,1	0,96	0,78	1,15	0,60	0,75	1,15	1,81
	Septiembre	0,38	3,92	0,78	0,38	0,77	2,25	0,9	0,47	3,48	6,13	0,6	0,26	1,64	0,42	0,74	1,01	0,3	0,23	0,48	0,46	0,24	4,61	0,26	1,45	0,61	0,46	1,35	1,14	0,47	2,27	0,94	0,86	2,9	0,23	0,39	0,14	0,22	0,91	0,4	0,83
	Octubre	0,45	5,06	0,62	0,42	0,49	1,87	0,89	0,34	2,68	5,63	0,14	0,72	1,44	0,33	0,36	0,37	0,13	0,38	0,47	0,12	0,19	5,35	0,28	0,27	0,27	0,27	0,4	0,31	0,31	0,51	0,14	0,31	2,26	0,09	0,25	0,12	0,34	0,35	0,72	0,34
	Noviembre	3,39	32,42	2,93	0	0,1	1,04	0,06	0,03	29,65	4,03	0,13	0,14	0,96	0,39	0,05	0,02	1,17	2,79	0,07	0,08	0,03	3,09	0,09	0,1	0,06	0,33	0,44	0,23	0,08	0,12	0,0	0,17	0,89	0,86	0,0	0,0	0,10	0,20	0,3	0,09
	Diciembre	0,13	0,11	0,08	0,05	0,08	0,1	0,1	0,04	0,12	2,35	0,55	0,05	0,21	0,06	0,07	0,04	0,1	0,07	0,06	0,09	0,05	0,36	0,14	0,08	0,0	0,0	0,04	0,03	0,12	0,05	0,07	0,08	0,							

Tabla 6-4. CHS en individuos de *Neltuma alba* con y sin sistema de riego, periodo febrero 2022 – diciembre 2025

Sistema		Con riego*											Sin riego																														
Individuo		A12	A17	A31	A33	A36	A38	A46	A47	C15	C19	AX01	A05	A10	A27	A51	A54	A70	A71	B02	B03	B04	B15	B21	C34	C41	C45	C51	C54	C58	C66	C72	C77	D02	D07	D10	D14	D20	D26	D29	D43		
	octubre	0,77	2,27	0,21	0,12	0,10	2,26	0,15	0,03	2,81	2,70	0,81	0,05	0,27	14,66	0,13	0,05	0,12	0,15	0,05	0,14	0,11	1,35	1,14	0,11	0,14	0,15	0,08	0,12	0,13	0,14	0,16	0,20	0,50	0,12	0,11	0,11	0,05	0,10	0,15	0,14		
	noviembre	0,78	3,20	0,66	0,09	0,25	3,80	0,18	0,21	3,66	0,00	1,56	0,30	0,97	0,29	0,26	0,09	0,16	0,36	0,20	0,29	0,38	2,27	0,29	0,24	1,00	0,27	0,29	0,27	0,29	0,43	0,30	0,25	0,87	0,28	0,20	2,82	0,35	0,10	0,29	0,10		
	diciembre	1,55	3,28	0,75	0,35	0,19	3,63	0,22	0,34	5,13	5,66	1,91	0,28	0,80	0,33	0,14	0,50	0,32	0,37	0,06	0,07	0,67	2,53	0,10	0,44	0,33	0,37	0,00	0,27	0,47	0,27	0,33	0,36	0,91	0,30	0,39	0,62	0,40	0,29	0,23	0,00		
2025	Enero	0,73	2,25	0,38	0,00	0,00	2,58	0,10	0,09	4,00	2,38	0,46	0,10	0,10	0,07	0,09	0,09	0,00	0,08	0,10	0,09	0,10	2,73	0,00	0,10	0,09	0,09	0,00	0,10	0,19	0,10	0,09	0,10	0,09	0,10	0,24	0,09	0,09	0,00	0,27	0,07	0,00	0,00
	Febrero	15,78	6,10	2,79	2,53	2,05	3,96	3,63	1,78	5,05	5,60	3,19	0,74	3,43	2,60	2,96	2,64	2,63	1,10	2,29	3,28	1,96	6,91	1,02	1,92	2,57	2,71	1,95	1,99	3,05	4,86	2,87	3,07	3,66	2,44	2,16	2,60	2,00	3,77	2,09	2,53		
	Marzo	1,99	2,99	2,10	0,50	0,40	3,20	0,60	1,39	2,50	2,40	1,30	0,40	1,60	1,49	0,90	1,00	0,90	0,00	1,09	1,00	1,10	1,10	1,19	0,90	1,40	1,30	1,30	0,80	0,70	1,59	1,69	0,80	1,53	1,80	1,19	1,19	0,70	1,60	1,30	1,50		
	Abril	1,99	2,91	1,06	22,1	0,00	0,00	0,00	0,00	2,06	16,67	10,18	0,19	14,07	0,60	2,38	0,92	1,20	0,47	44,9	12,1	8,84	2,32	S/I	14,78	2,05	8,34	1,27	0,72	10,41	0,00	0,94	1,88	18,8	0,61	5,62	1,30	0,51	0,90	1,30	1,20		
	Mayo	2,01	2,77	1,70	0,39	0,73	3,40	1,39	0,26	2,45	2,08	1,36	0,31	1,46	0,57	0,90	0,56	0,48	0,25	0,81	0,39	0,31	1,61	1,52	1,00	1,43	0,56	1,09	0,55	0,41	1,58	0,83	1,38	1,92	0,53	0,79	1,41	0,45	0,63	0,52	0,90		
	Junio	2,21	2,96	1,50	0,40	0,40	2,70	1,06	1,26	2,31	2,03	1,00	0,33	0,79	0,54	100	0,48	0,51	0,50	0,42	0,43	0,44	2,19	0,72	0,47	99,4	0,52	0,84	0,46	0,56	0,64	0,85	1,67	0,58	0,29	0,50	1,04	0,67	0,56	0,60	0,00		
Mínimo		0,05	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,04	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00		
Máximo		15,78	9,22	5,75	22,1	4,18	16,7	12	8,96	6,48	16,7	10,9	3,08	14,1	14,7	100	3,61	3,76	5,91	44,9	12,1	8,84	6,96	1,52	14,78	99,4	8,34	3,68	3,60	10,41	4,86	6,18	8,48	18,8	8,12	6,42	4,65	13,6	17,7	3,49	3,91		
Promedio		1,53	2,92	0,88	1,01	0,77	2,21	1,15	1,08	2,96	3,64	1,30	0,63	1,62	1,15	3,27	0,74	0,82	0,70	1,87	0,77	0,84	2,08	0,43	1,00	3,12	0,86	0,72	0,72	1,05	0,87	0,78	1,28	1,53	0,69	0,89	0,85	0,84	1,22	0,75	0,98		

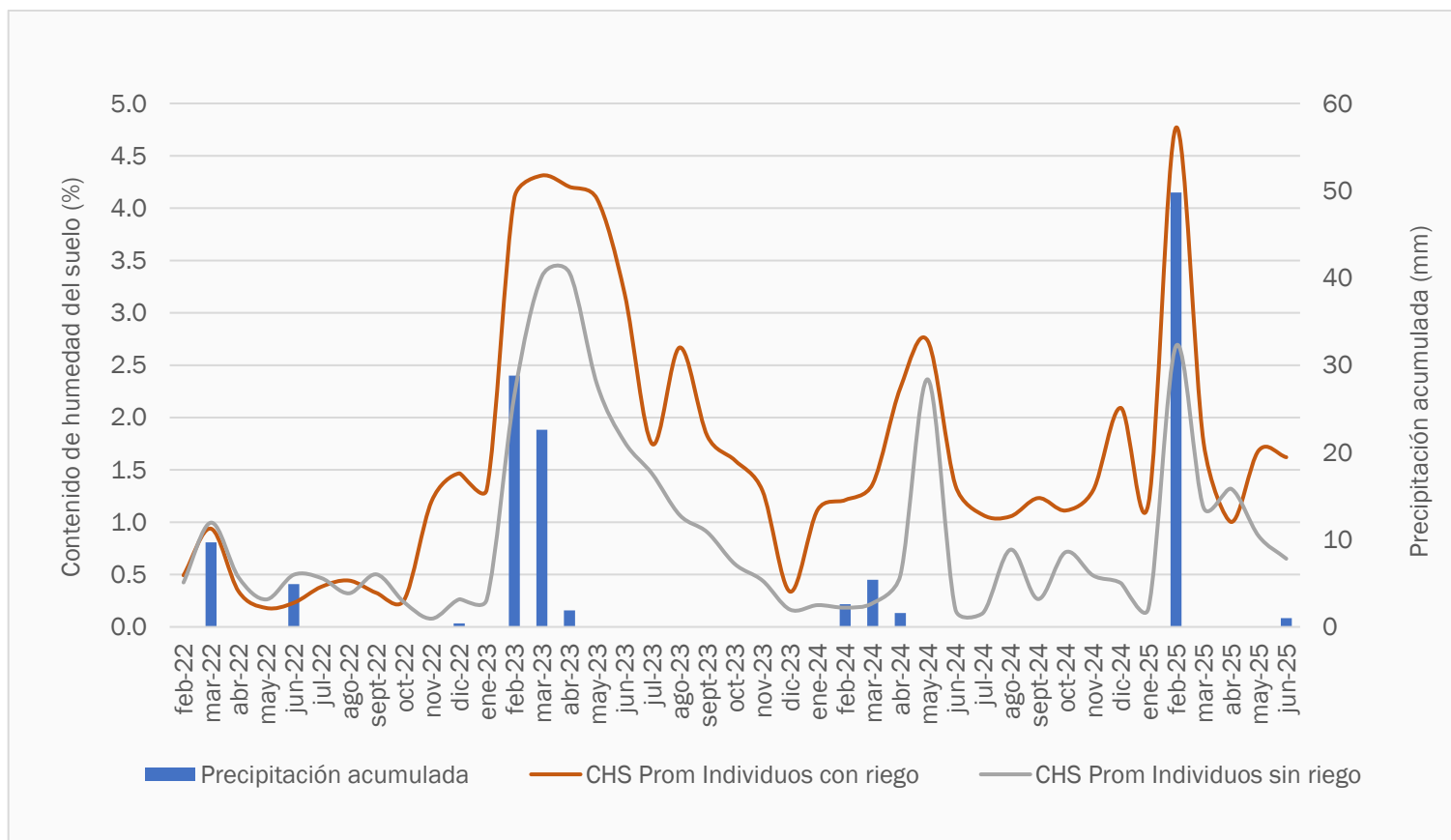
*El sistema de riego se implementó en noviembre de 2022, sin embargo, se comenzó a medir en diciembre 2022.

Fuente: geobiota, 2025.

La Figura 6-21 muestra la variación del promedio del CHS de los individuos con y sin sistema de riego en el periodo diciembre 2022 a junio de 2025 y su relación con las precipitaciones. El valor promedio máximo alcanzado en los individuos con riego se observó en febrero de 2025 con un 4,77% de CHS, mientras que el valor promedio máximo en los individuos sin riego se registró en abril de 2023 con una humedad del 3,38%. El valor promedio mínimo alcanzado en los individuos con sistema de riego fue de 0,34% y se registró en diciembre de 2023, mientras que en los individuos sin sistema de riego fue de 0,13% y se registró en julio de 2023.

Si bien el aumento en los valores de CHS muestra una estrecha relación con las precipitaciones, luego de la implementación del sistema de riego se registran valores altos y un aumento del CHS promedio general que se relaciona directamente con el riego. Este hecho sumado a las precipitaciones registradas en febrero, marzo y abril de 2023 son determinantes para el registro de los promedios máximos históricos obtenidos. Se observa también que la magnitud de las precipitaciones ocurridas en marzo y abril de 2023, mantuvieron el suelo húmedo por varios meses, lo que se verifica al observar la disminución gradual del CHS que registraron los individuos sin sistema de riego en los meses posteriores a estas lluvias (ver Figura 6-21). Misma situación ocurre en los meses de febrero, marzo y abril del 2024, donde también se presentaron precipitaciones que contribuyeron a aumentar el CHS, pero dada su menor magnitud, la retención de humedad en el suelo fue menor en los meses posteriores, mientras en 2025 la magnitud de las precipitaciones fue mayor pero concentradas en un solo mes.

Figura 6-21. Variación mensual del contenido de humedad de suelo en individuos de *Neltuma alba* con y sin sistema de riego, febrero 2022 – junio 2025



*En diciembre de 2022 comienza la ejecución del sistema de riego en los puntos de monitoreo de los individuos A-12, A-17, A-31, A-33, A-36, A-38, A-46, A-47, AX-01, C-15 y C-19.

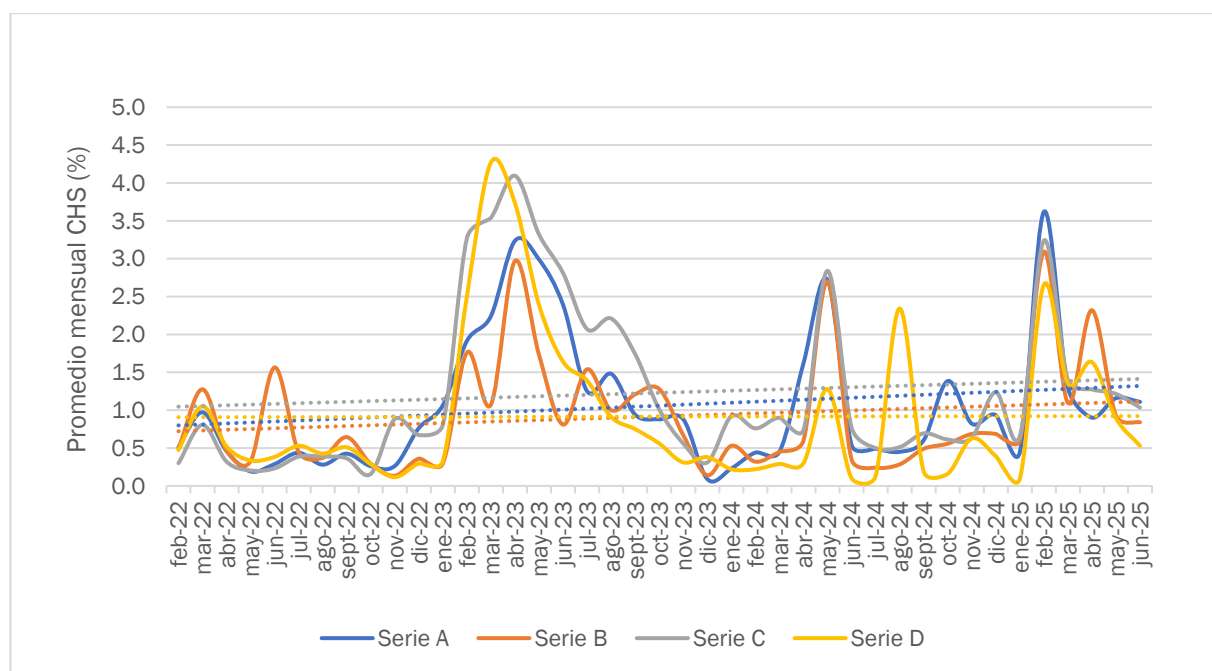
Fuente: geobiota, 2025.

6.4.1.2 Evolución temporal del CHS a nivel de series

La Figura 6-22 muestra la variación mensual en el promedio de CHS por cada serie. En general, se observa un aumento en el promedio de CHS en todas las series entre febrero y marzo de 2023, al igual que en abril y mayo de 2024 y enero y febrero de 2025, debido a eventos de precipitaciones. Para todas las series monitoreadas, se aprecian los promedios máximos históricos en abril del año 2023, salvo en la serie D donde el máximo se observó en marzo del mismo año. Esto se explica por las precipitaciones ocurridas entre febrero y marzo del 2023.

En general, todas las series (A, B, C y D) aumentaron su promedio respecto al primer semestre de 2024. Lo anterior, como ya se ha señalado anteriormente, se explica por la diferencia en los eventos de precipitaciones, los que fueron superiores en magnitud en el año 2025.

Figura 6-22. Variación mensual del contenido de humedad de suelo por serie en individuos de *Neltuma alba*, febrero 2022 – junio 2025



Fuente: geobiota, 2025.

6.4.1.3 Relación del CHS y el estado vital de los individuos con y sin riego

La Figura 6-23 muestra el CHS promedio de los individuos con sistema de riego (11 individuos) y sin sistema de riego (29 individuos), junto con la suma del porcentaje de individuos con Crecimiento normal y Ex. vigorosos desde diciembre de 2022 hasta junio de 2025.

En el caso de los individuos con riego, en general no se observa una relación estrecha entre la vitalidad de los ejemplares y las variaciones del CHS provocadas por eventos de precipitaciones. Hasta septiembre de 2023 ambas variables presentan una tendencia al alza, donde aumenta en el vigor de los ejemplares cuando

se presentan aumentos del CHS. Pero hacia finales de ese año y comienzos del 2024 la situación cambia, ya que se registran descensos en el CHS debido a la ausencia de precipitaciones, mientras que el porcentaje de individuos con Crecimiento normal y Ex. vigorosos aumentan hasta alcanzar el 100% entre octubre de 2023 y abril de 2024. A partir de ese punto, se registran descensos en el porcentaje de individuos, hasta alcanzar un mínimo de 36,36% en agosto de 2024. Los monitoreos posteriores se mantienen sin una tendencia clara. Es importante destacar que la muestra de individuos con riego es reducida (11 individuos), por lo que las variaciones porcentuales pueden verse fuertemente afectadas por el cambio de categorías de unos pocos ejemplares.

Para verificar estadísticamente la relación entre el contenido de humedad del suelo y la vitalidad de los individuos con sistema de riego, se realizó la prueba de significancia de la pendiente, con un nivel de confianza del 95% (valor $p = 0,05$). Esta prueba indicó que la pendiente de la recta que describe la relación entre ambas variables no es significativa, es decir, no se detectó evidencia de relación lineal bajo el modelo aplicado, ya que el valor de probabilidad calculado con los datos es superior al valor p establecido (probabilidad = 0,29 vs valor $p = 0,05$). Por lo tanto, se podría inferir que no existe una relación lineal significativa entre la variable independiente x (CHS) y la variable dependiente y (N° de individuos normales).

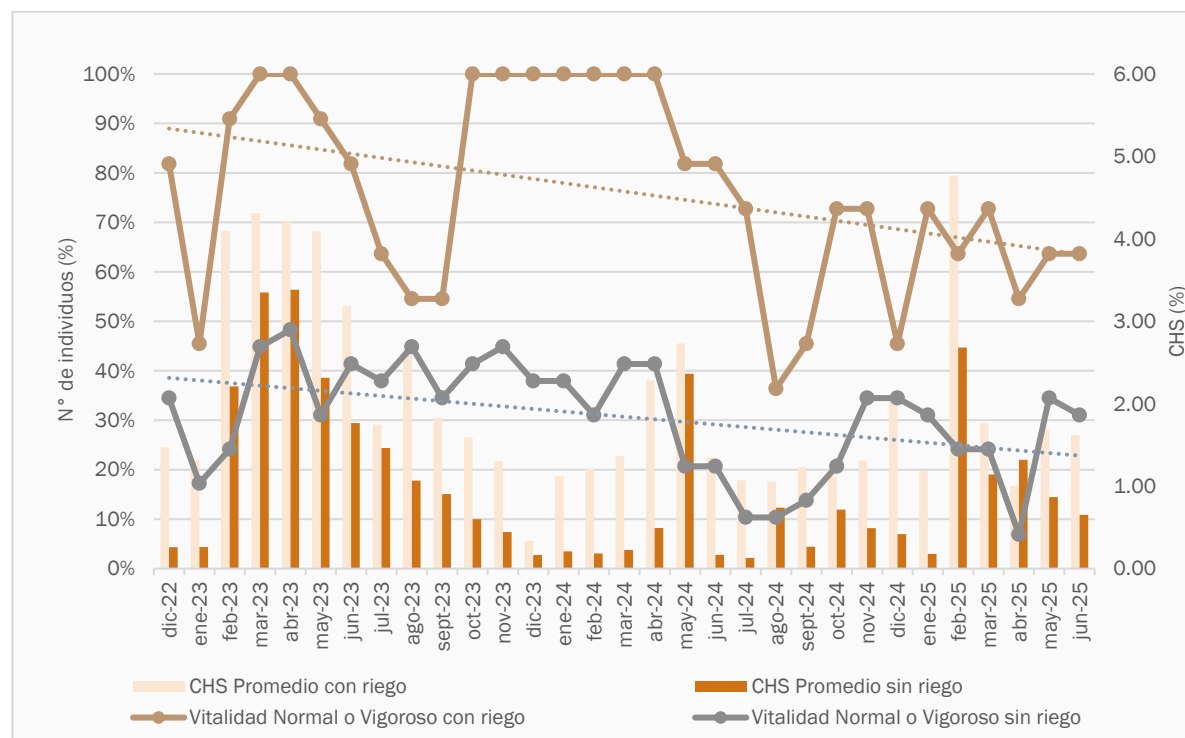
En el caso de los individuos sin sistema de riego que registran Crecimiento normal y Ex. vigoroso, se observa una tendencia descendente a lo largo del tiempo, con notables puntos bajos en enero de 2023, julio de 2024 y agosto de 2024, con 6,90% (2 individuos) cada uno. Mientras que, el valor máximo reportado es 48,28% (14 individuos) registrado en abril de 2023. Al observar los datos, se podría inferir que el número de individuos con vitalidad normal aumenta cuando aumenta el CHS debido a eventos de precipitaciones. Esto ya que el mayor porcentaje de individuos con Crecimiento normal se registró precisamente en el valor máximo promedio de CHS (4,31%) observado en abril de 2023, luego de los eventos de precipitaciones registrados en febrero y marzo de 2023. En 2024, el mayor número de individuos con vigor normal se registra en marzo (41,38% del total), después de los eventos de precipitaciones que se reportan en febrero y marzo de 2024. Posteriormente, entre abril y julio de 2024 la cantidad de ejemplares con Crecimiento normal y Ex. vigorosos disminuye constantemente hasta alcanzar un 6,90% (2 individuos). Sin embargo, después aumenta progresivamente hasta el monitoreo de diciembre 2024, donde se registra un 34,84% (10 individuos). En el primer semestre de 2025 se registran disminuciones previo a un aumento de los últimos dos monitoreos para acabar en junio con un 31,03% (9 individuos).

Para verificar estadísticamente la relación entre el contenido de humedad del suelo y la vitalidad de los individuos sin sistema de riego, se realizó una regresión, con un nivel de confianza del 95% (valor $p = 0,05$). Esta prueba indicó que la pendiente de la recta que describe la relación entre ambas variables no es significativa, ya que el valor de probabilidad calculado con los datos es superior al valor p establecido (probabilidad = 0,35 vs valor $p = 0,05$); por lo tanto, se podría inferir que no existe una relación lineal significativa entre la variable independiente x (CHS) y la variable dependiente y (N° de individuos normales).

En ambos casos indicaría que la vitalidad es independiente del CHS o que el parámetro por sí solo no es suficiente para explicar las fluctuaciones en la vitalidad de los individuos en el periodo diciembre 2022 – junio 2025. Cabe destacar que la vitalidad es una variable cualitativa, que depende del criterio del profesional a cargo de la medición; además, de las condiciones ambientales y las etapas fenológicas de cada individuo (Allen et al. 2005), e incluso por la severidad del daño animal o antrópico que podría afectar a las plantas.

Estos factores, hacen que sea esperable que las variaciones en la vitalidad de los individuos a lo largo de un año no se relacionen directamente con solo un parámetro de medición.

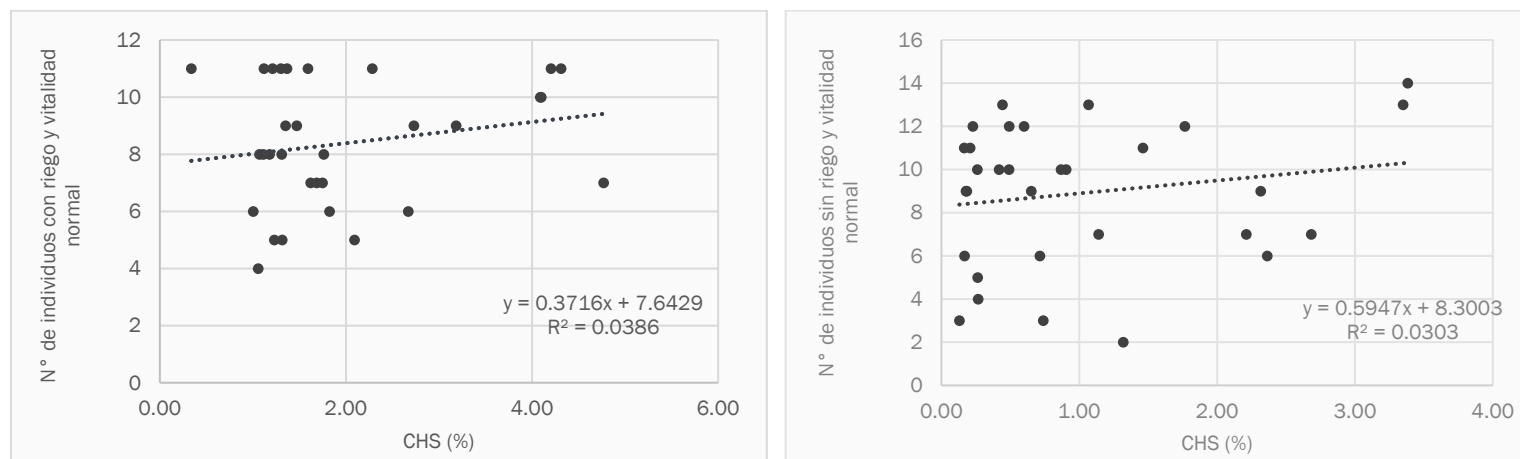
Figura 6-23. Contenido de humedad del suelo mensual versus proporción de individuos de *Neltuma alba* con vitalidad normal o Ex. vigoroso, periodo diciembre 2022 – junio 2025



*En diciembre de 2022 comienza la ejecución del sistema de riego en los puntos de medición de los individuos A-12, A-17, A-31, A-33, A-36, A-38, A-46, A-47, AX-01, C-15 y C-19.

Fuente: geobiota, 2025.

Figura 6-24. Relación entre el CHS y el número de individuos con y sin riego en estado vital Crecimiento normal o Ex. vigoroso



Fuente: geobiota, 2025.

6.4.2 Monitoreo trimestral de CHS, pH y CE

Los resultados dan cuenta que los atributos del suelo (pH, Conductividad eléctrica y contenido de humedad del suelo), presentan variaciones de acuerdo con la distribución espacial del monitoreo dentro de la quebrada de Camar. De esta manera, en los puntos ubicados en el borde este del salar predominan los suelos fuertemente salinos, mientras que en las zonas media y alta del cono aluvial predominan suelos no salinos, con baja conductividad eléctrica.

Lo anterior concuerda con lo descrito por Casanova *et al.* (2013) quienes señalan que 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. En efecto, en análisis realizados a muestras de suelo en otros salares se han detectado valores elevados de pH, los que han variado entre 8,5 a 8,9 unidades de pH, aumentando con la profundidad del suelo hasta valores de 9,8 (Luzio *et al.*, 2010), similar a lo reportado en el sector más cercano al salar de la quebrada de Camar.

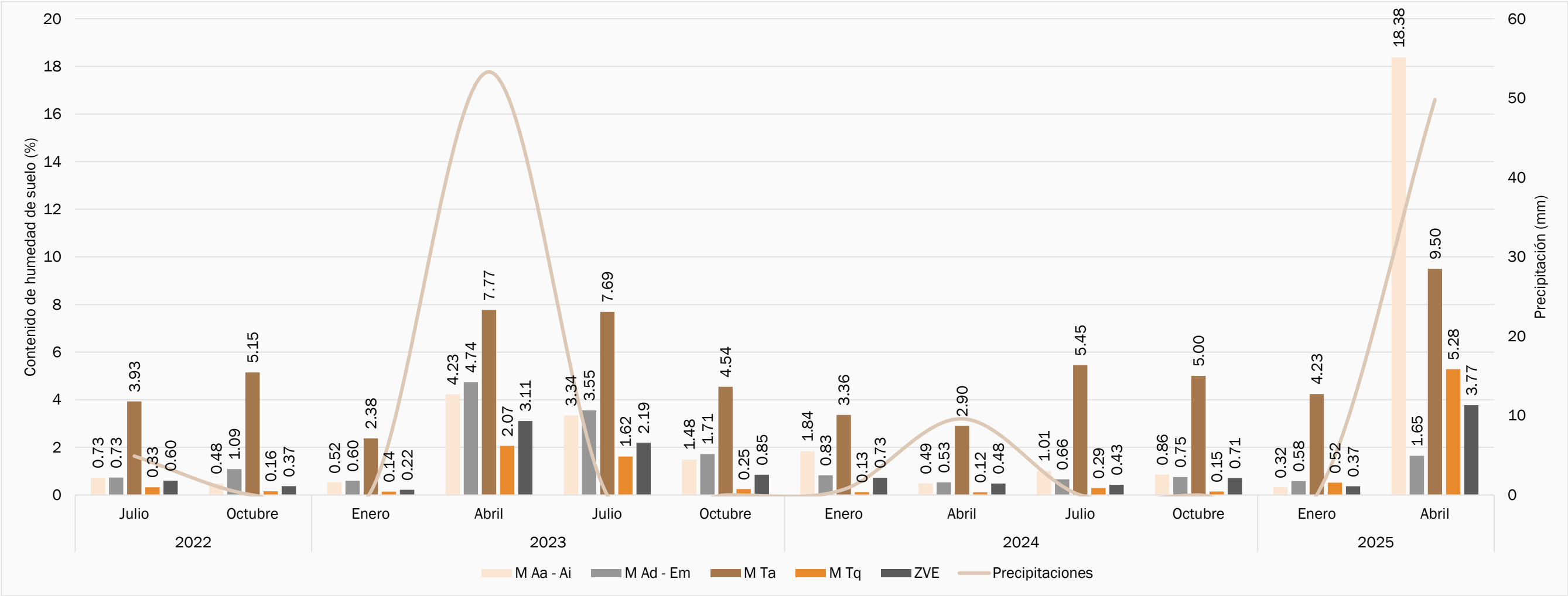
Con respecto a la relación de estos resultados con el crecimiento y desarrollo de la vegetación dentro de la quebrada, es posible indicar que la vegetación presente en el borde este del Salar de Atacama es capaz de tolerar y adaptarse a condiciones extremas de sustratos fuertemente salinos al estar conformada principalmente por especies halófitas y semihalófitas (especies que sus raíces están en contacto con agua salada o toleran ambientes salinos) como por ejemplo, la especie *Tessaria absinthioides*, *Distichlis spicata* y *Atriplex atacamensis* (Poblete *et al.*, 1991; Degano, 1999; Vromman *et al.*, 2016). Esto considerando que la zona con mayor cobertura vegetal dentro del área de estudio corresponde justamente al borde este del salar de Atacama. Por otro lado, en la zona media de la quebrada, donde se encuentran los suelos no salinos, predominan las zonas de vegetación escasa y unidades vegetacionales de baja cobertura, por lo que probablemente la expresión de la vegetación dentro de esa área estaría dada por la disponibilidad de agua, dado que el contenido de humedad del suelo en las zonas medias y altas de la quebrada son considerablemente menores al borde este del Salar de Atacama.

En la Figura 6-25 se muestra la variación trimestral del contenido de humedad del suelo (CHS) entre julio de 2022 y abril de 2025. Allí se aprecia que el CHS se mantiene bajo, con valores que no superan el 2% (salvo en el matorral de *Tessaria absinthioides*). Las excepciones a esta tendencia se observan en abril y julio de 2023, y en abril de 2025, cuando los eventos de precipitación provocaron un aumento marcado en la disponibilidad hídrica del suelo, y con ello, un aumento de las mediciones registradas para cada formación. Por su parte, en abril de 2024, aunque también se registraron lluvias, su magnitud fue insuficiente para generar un efecto notable en las mediciones de CHS.

Al comparar los resultados de abril de 2025 con el reporte de enero del mismo año, se aprecia de manera clara el efecto de las precipitaciones en el CHS. Este aumentó en un 18,05% en el matorral de *Atriplex atacamensis* – *Atriplex imbricata*, en un 5,27% en el matorral de *Tessaria absinthioides*, en un 4,77% en el matorral de *Tiquilia atacamensis*, en un 3,40% en las zonas de vegetación escasa y en un 1,07% en el matorral de *Aloysia deserticola* – *Ephedra multiflora*.

En cuanto a la distribución espacial del CHS, podemos ver que los mayores valores se encuentran siempre en el matorral de *Tessaria absinthioides* (salvo abril 2025), seguido en la mayor parte de los monitoreos, por el matorral de *Aloysia deserticola* - *Ephedra multiflora*. Esto puede deberse a que estas formaciones se encuentran en el sector del borde este, aguas abajo en la quebrada. Es de esperar también, que la vegetación tenga un efecto positivo en el CHS, generando sombra y disminuyendo así, la transpiración del suelo (Junjun Ni et al., 2019). En esta misma línea, en la mayoría de los monitoreos (todos salvo abril 2025), las zonas de vegetación escasa y el matorral de *Tiquilia atacamensis* presentan los menores valores de CHS, lo cual tiene concordancia con el análisis anterior, ya que, las zonas de vegetación escasa poseen una cobertura vegetal inferior al 5% y el matorral de *Tiquilia atacamensis* tiene en su mayoría una cobertura rala (ver Tabla 5-10 y Figura 6-25), y se trata de una planta pequeña que no genera mucha sombra.

Figura 6-25. Variación histórica en el promedio del contenido de humedad del suelo (%) en los tipos vegetacionales de la quebrada Camar



M Ad - Em =Matorral de *Aloysia deserticola* - *Ephedra multiflora*; M Aa - Ai = Matorral de *Atriplex atacamensis*; - *Atriplex imbricata*; M Tq = Matorral de *Tiquilia atacamensis*; M Ta = Matorral de *Tessaria absinthioides*; ZVE = Zona de vegetación escasa

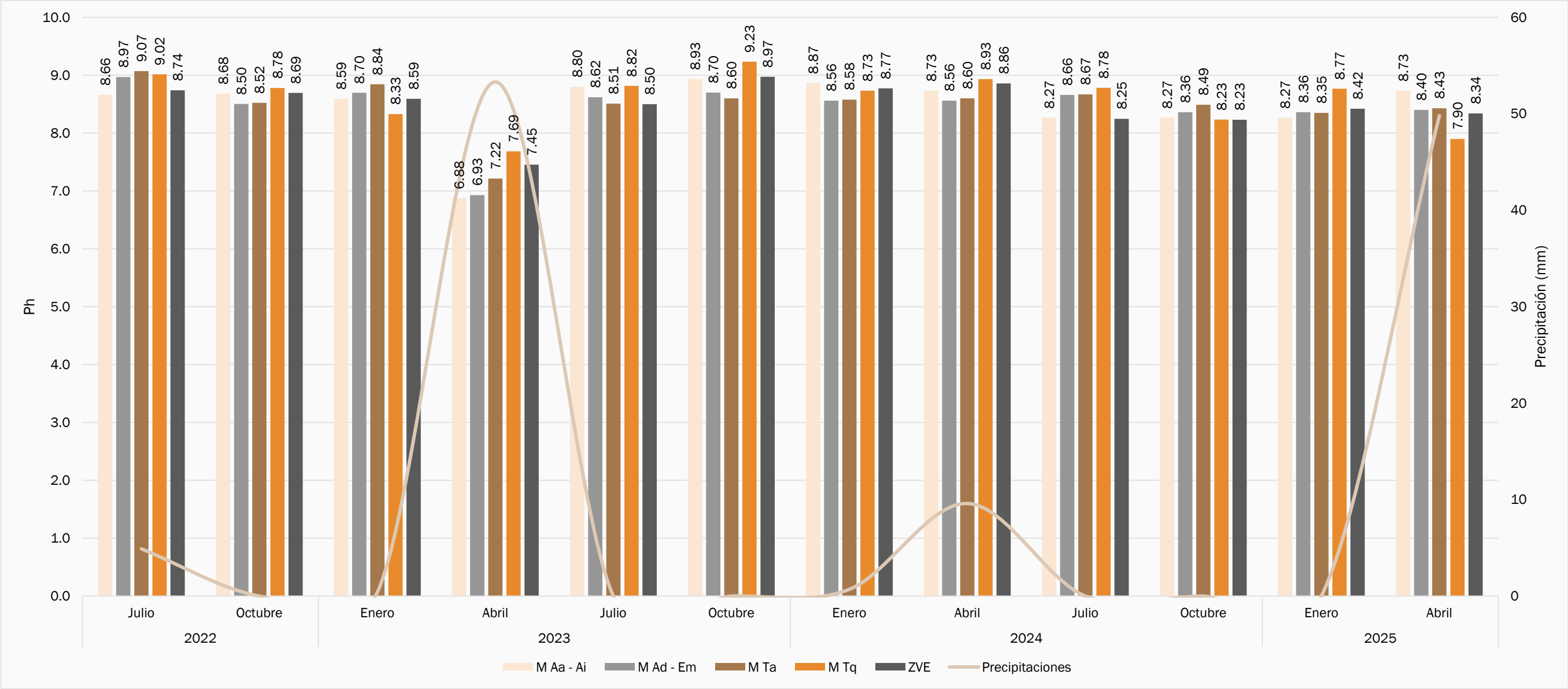
Fuente: geobiota, 2025.

En la Figura 6-26 se presentan los resultados históricos de las mediciones de pH en la quebrada Camar. Al respecto, se puede ver que los valores promedio de pH en los distintos tipos vegetacionales son relativamente homogéneos y no presentan mayores variaciones, encontrándose la mayoría entre 8 y 9, lo que corresponde a la categoría Fuertemente alcalino, y en algunos casos, superior 9 (Muy fuertemente alcalino). Llama la atención el caso de abril 2023, en donde el pH fue considerablemente menor, presentando la mayoría de sus registros en las categorías neutro y ligeramente alcalino. Este abrupto cambio puede tener relación con los eventos de precipitación ocurridos en febrero y marzo de 2023, los cuales generaron un aumento en el contenido de humedad de suelo. Este aumento pudo diluir las sales y reducir la concentración de iones H^+ y OH^- , conduciendo a que el pH del suelo salino tienda hacia la neutralidad a medida que aumenta la humedad (Robinson et al., 2008).

En cuanto a la variación por tipo vegetacional del pH en la quebrada Camar, se observa que, en 6 de los 12 monitoreos registrados a la fecha, el matorral de *Aloysia deserticola* – *Ephedra multiflora* o las zonas de vegetación escasa presentaron los menores valores de pH, con un promedio histórico de 8,44 y 8,49 unidades de pH, respectivamente (suelos moderadamente alcalinos). Por otro lado, el matorral de *Tiquilia atacamensis* presentó los mayores valores promedio de pH en 7 de los 12 monitoreos, presentando un promedio histórico de 8,60 unidades de pH (suelos fuertemente alcalinos). A nivel histórico, la mayor diferencia entre promedios de pH por tipo vegetacional se da en abril de 2023, donde el matorral de *Atriplex atacamensis* – *Atriplex imbricata* registró un pH promedio de 6,88 (neutro), mientras que el matorral de *Tiquilia atacamensis* presentó 7,69 (ligeramente alcalino). A partir de esta baja variación histórica, tanto temporal como espacial, se podría inferir una alta homogeneidad de la variable pH en los suelos de la quebrada Camar.

En el monitoreo de abril 2025, respecto del monitoreo anterior (enero 2025), el pH promedio disminuyó en un 0,10. Esta disminución puede deberse a las precipitaciones registradas en febrero de 2025 que hayan diluido las sales y reducido la concentración de iones.

Figura 6-26. Variación en el pH promedio del suelo en los tipos vegetacionales de la quebrada de Camar



M Ad - Em =Matorral de Aloysia deserticola - Ephedra multiflora; M Aa - Ai = Matorral de Atriplex atacamensis; - Atriplex imbricata; M Tq = Matorral de Tiqullia atacamensis; M Ta = Matorral de Tessaria absinthioides; ZVE = Zona de vegetación escasa

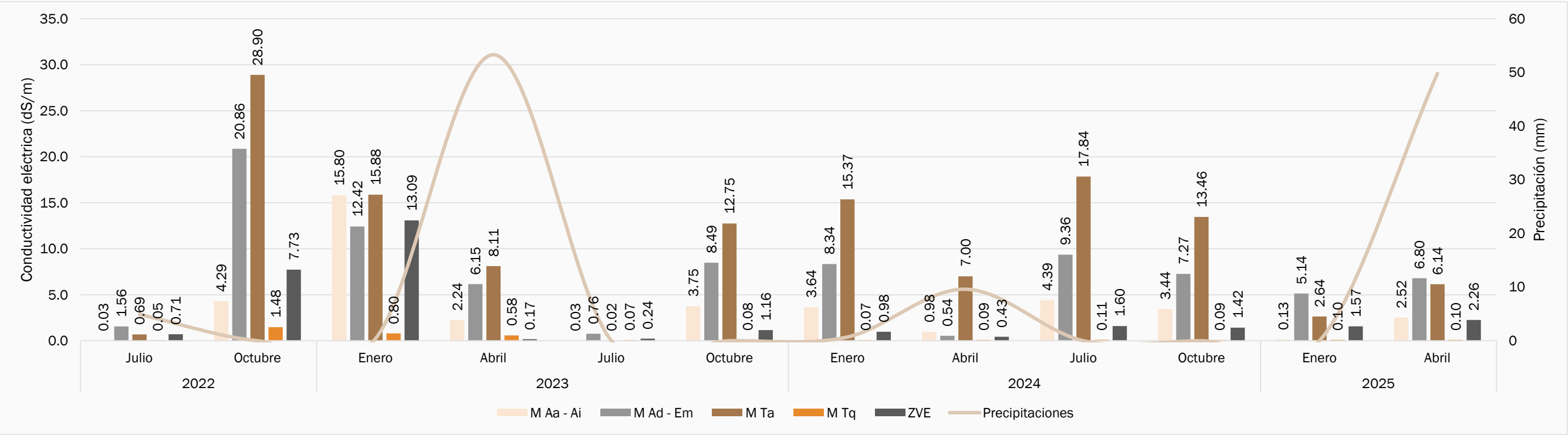
Fuente: geobiota, 2025.

En la Figura 6-27 se observa una variación en la proporción de puntos de monitoreo de conductividad eléctrica y grado de salinidad promedio por tipo vegetacional para todos los monitoreos realizados desde julio de 2022 hasta abril de 2025. Con respecto al monitoreo pasado (enero 2025), se observa un aumento en la totalidad de los tipos vegetacionales evaluados, aunque sin variaciones en las categorías (excepto ligeramente salino que no fue registrada en enero 2025), ubicándose todos entre las categorías No salino y Fuertemente salino. Los valores más bajos se presentaron históricamente en los trimestres de abril y julio, siendo el más bajo en julio de 2023, donde los registros de todos los tipos vegetacionales, excepto el matorral de *Tessaria absinthioides*, se encontraron dentro de la categoría No salino. Esta condición puede estar relacionada con las precipitaciones ocurridas durante el trimestre anterior (abril 2023), que pueden haber tenido un efecto negativo en la conductividad eléctrica, ya que la precipitación puede disolver y movilizar las sales presentes en el suelo, llevándolas más profundo, fuera del alcance de medición de las muestras de suelo (45 cm) (Robinson et al., 2008).

En cuanto a la distribución espacial de la salinidad, los mayores valores se concentran en los matorrales de *Tessaria absinthioides*, que, principalmente se ubican en el sector del Borde este. Lo anterior es esperable respecto al gradiente de salinidad, el cual disminuye a medida que la distancia hacia el núcleo del salar aumenta. No obstante, es posible identificar ciertas especies que se desarrollan mayoritariamente en la zona donde predominan los sustratos no salinos, como es el caso de la población de *Neltuma alba* que crece dentro del cono aluvial.

Los resultados de salinidad guardan estrecha relación con los de CHS, y muestran el mismo comportamiento temporal, con valores máximos en los meses de otoño e invierno, y valores mínimos en primavera verano. Esto se debe a que cuando el suelo está húmedo, hay más agua y, por lo tanto, más sales disueltas, lo que aumenta la conductividad eléctrica, indicando mayor salinidad. Por el contrario, cuando el suelo está seco, hay menos agua y menos sales disueltas, lo que resulta en una menor conductividad eléctrica (Malicki et al., 1999).

Figura 6-27. Variación en la salinidad promedio de suelo en los tipos vegetacionales de la quebrada de Camar



M Ad - Em =Matorral de *Aloysia deserticola* - *Ephedra multiflora*; M Aa - Ai = Matorral de *Atriplex atacamensis*; - *Atriplex imbricata*; M Tq = Matorral de *Tiquilia atacamensis*; M Ta = Matorral de *Tessaria absinthioides*; ZVE = Zona de vegetación escasa

Fuente: geobiota, 2025.

6.5 Relación entre variables

6.5.1 Algarrobos

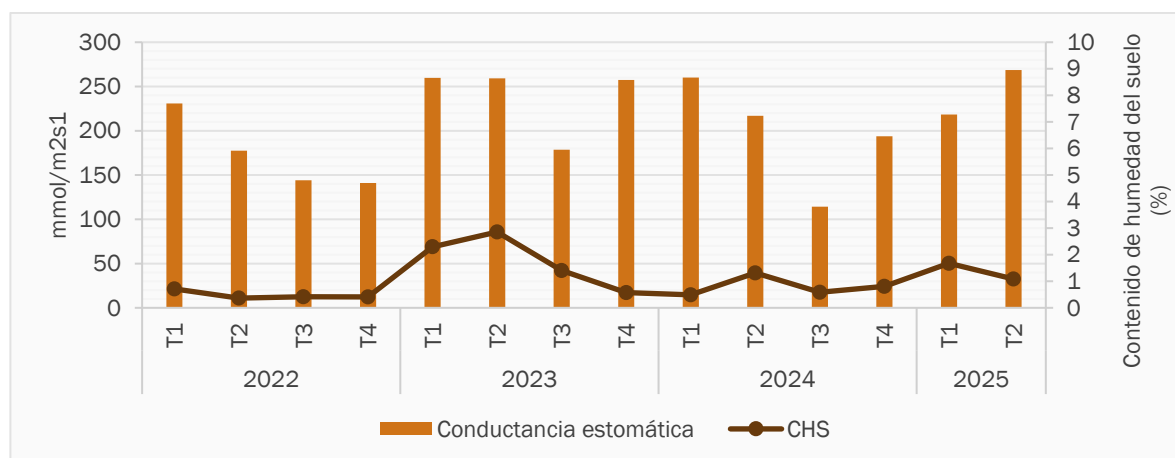
En esta sección se analizarán de forma conjunta las variables más relevantes medidas sobre la población de Algarrobos presente en la quebrada de Camar. Los parámetros vitalidad, fisiología de algarrobos, biomasa y parámetros del suelo, se consideran variables clave de la dinámica de la población de algarrobos que se desarrolla en el sector.

La vitalidad o vigor se refiere a la capacidad de crecimiento, desarrollo y resistencia a factores ambientales adversos que posee un individuo vegetal (Castañeda, *et al.*, 2004), y se evalúa a través de una inspección visual. Por otra parte, los parámetros fisiológicos aportan información cuantitativa sobre los procesos vitales que ocurren en las plantas. Para evaluarlos se mide conductancia estomática, así como el potencial hídrico en pre-alba y mediodía. Respecto a la biomasa, esta se refiere a la cantidad total de materia orgánica producida por un organismo en un tiempo determinado, en el caso de las plantas, puede referirse a la masa seca de raíces, tallos, hojas y frutos, y se utiliza para evaluar el crecimiento y productividad vegetal (Garzuglia y Saket, 2003). Por su parte, el contenido de humedad del suelo (CHS): es la cantidad de agua presente en el suelo en un momento dado. Influye en la disponibilidad de agua para las plantas y en procesos como la germinación y la absorción de nutrientes (Shaxson y Barber, 2005). Se mide en porcentaje, comparando la masa de agua con la masa total del suelo seco.

Los datos históricos comparables comienzan a partir del primer trimestre del 2022, que es el momento donde los monitores se estandarizan. Para el periodo 2022 – 2025, los datos de fotosíntesis (conductancia estomática - $\text{mmol/m}^2 \text{s}^{-1}$), muestran fluctuaciones estacionales claras (Figura 6-28). Donde los valores más altos se observan en los primeros trimestres de cada año, con un máximo en el primer trimestre de 2024 ($260,15 \text{ mmol/m}^2 \text{s}^{-1}$), mientras que los valores más bajos ocurren en los terceros o cuartos trimestres, alcanzando su punto mínimo en el tercer trimestre de 2024 ($114,31 \text{ mmol/m}^2 \text{s}^{-1}$). Por su parte, el potencial hídrico en pre-alba y mediodía siguen una tendencia similar (Figura 6-29), indicando estrés hídrico más pronunciado en el tercer trimestre de cada año. Mientras que, en el cuarto trimestre, mejora de manera considerable y presentan los valores menos negativos de potencial hídrico en cada año, indicando un menor estrés hídrico en las plantas. Estos comportamientos parecen estar relacionados con el CHS, el cual se incrementa principalmente debido a las precipitaciones estivales (Figura 6-30), concordando así con las mejoras en la conductancia estomática y el potencial hídrico cuando se presenta una mayor disponibilidad de agua.

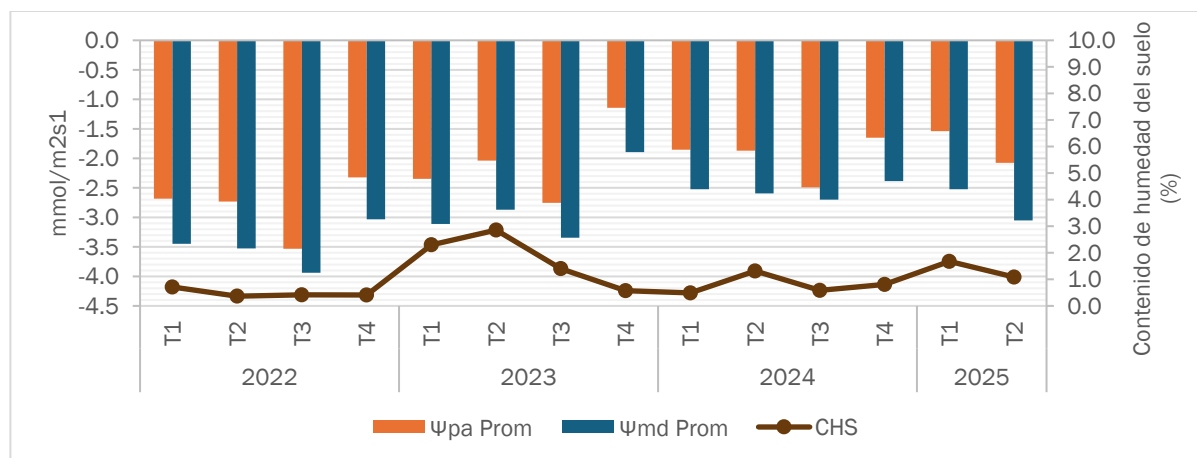
A su vez, el contenido de humedad del suelo (CHS) se muestra variable en el tiempo, pero con un valor considerablemente alto en el segundo trimestre de 2023 (2,86%), que coincide con un previo periodo de altas precipitaciones en el salar de Atacama (Figura 6-30). Indicando que los eventos de precipitaciones estivales tienen influencia directa en los suelos y, por ende, en las plantas que aprovechan esta agua superficial, como es el caso de la población de algarrobos (CRYCYT, 2018).

Figura 6-28. Conductancia estomática y Contenido de humedad del suelo (CHS) por trimestre, en el periodo 2022 - 2025



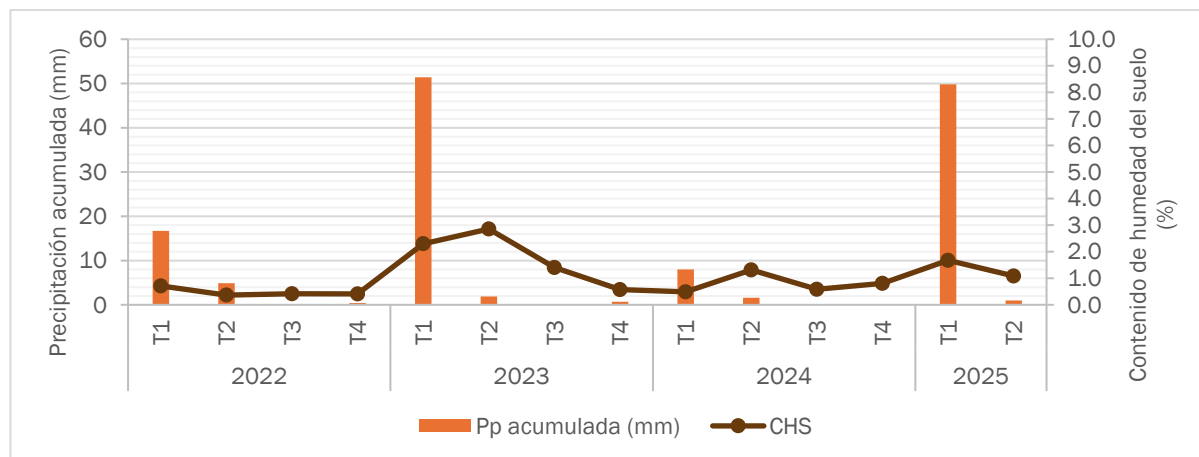
Fuente: geobiota, 2025.

Figura 6-29. Potencial hídrico promedio en pre-alba (Ψ_{pa}) y medio día (Ψ_{md}), y su relación con el Contenido de humedad del suelo (CHS) por trimestre, en el periodo 2022 - 2025



Fuente: geobiota, 2025.

Figura 6-30. Contenido de humedad del suelo (CHS) por trimestre y precipitaciones acumuladas, en el periodo 2022 - 2025

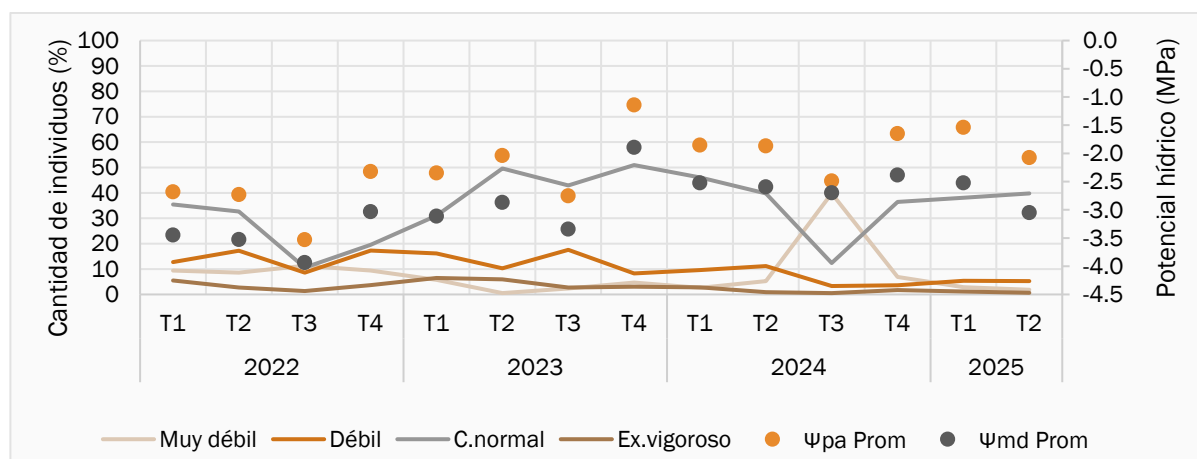


Fuente: geobiota, 2025.

Respecto a la clasificación del vigor de los individuos (Figura 6-31, Figura 6-32, Figura 6-33 y Figura 6-34), se aprecia que a través de los monitoreos la categoría de Crecimiento normal aumenta considerablemente en 2023 y primer semestre de 2024, respecto de los valores registrados en los primeros monitoreos. Alcanzando un máximo de 50,96% de individuos el último trimestre de 2023. Lo anterior concuerda con el periodo en que debido a eventos de precipitaciones aumentó considerablemente CHS (Figura 6-33), el cual posteriormente fue decreciendo en los trimestres siguientes. Por su parte, los individuos muy débiles muestran cierta variabilidad, pero sin un incremento o decremento pronunciado. Los ejemplares débiles presentan una tendencia a la baja, lo que podría indicar una transición hacia estados de mejor vigor. Mientras que la categoría Ex. vigoroso se mantiene relativamente baja pero estable durante todo el periodo analizado, siendo el 2023 el año que presenta una mayor proporción de individuos en esta categoría. Estos resultados, en especial los relacionados a la predominancia y estabilidad de la categoría Crecimiento normal y la disminución general de las categorías Débil y Muy débil, podrían indicar una mejora en el vigor general de los individuos, a pesar de las condiciones climáticas extremas que se dan en el desierto de Atacama.

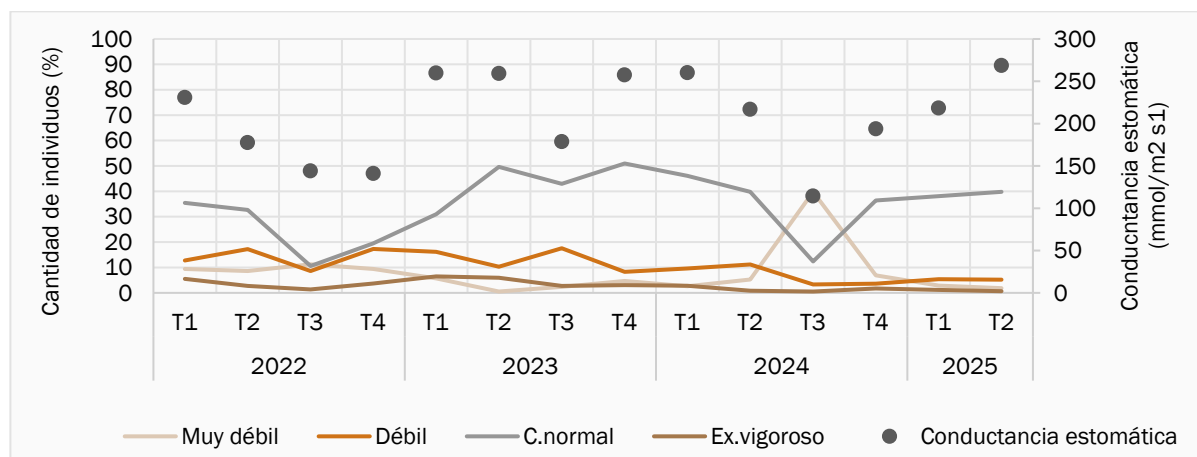
Al relacionar estos resultados con otras variables, se observa que en los periodos donde el potencial hídrico en pre-alba y mediodía son menos negativos, la conductancia estomática aumenta. Esto indica que, a medida que disminuye el estrés hídrico en los individuos, estos son capaces de mejorar su tasa fotosintética, logrando generar un mayor crecimiento vegetativo que se verá reflejado en un mayor vigor (Figura 6-31 y Figura 6-32).

Figura 6-31. Potencial hídrico promedio en pre-alba (Ψ_{pa}) y medio día (Ψ_{md}), y su relación con el vigor de los algarrobos por trimestre, en el periodo 2022 - 2025



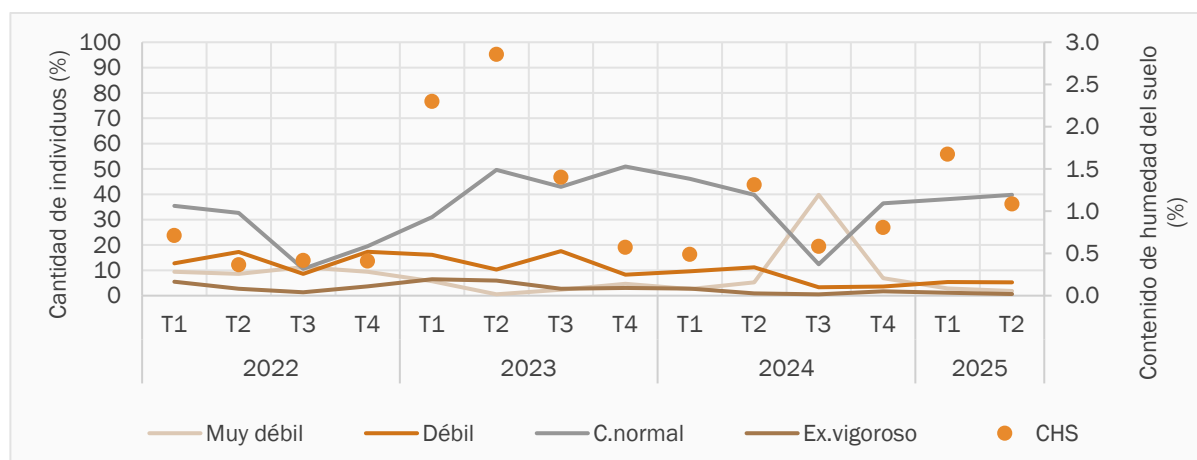
Fuente: geobiota, 2025.

Figura 6-32. Conductancia estomática (gs) y su relación con el vigor de los algarrobos por trimestre, en el periodo 2022 - 2025



Fuente: geobiota, 2025.

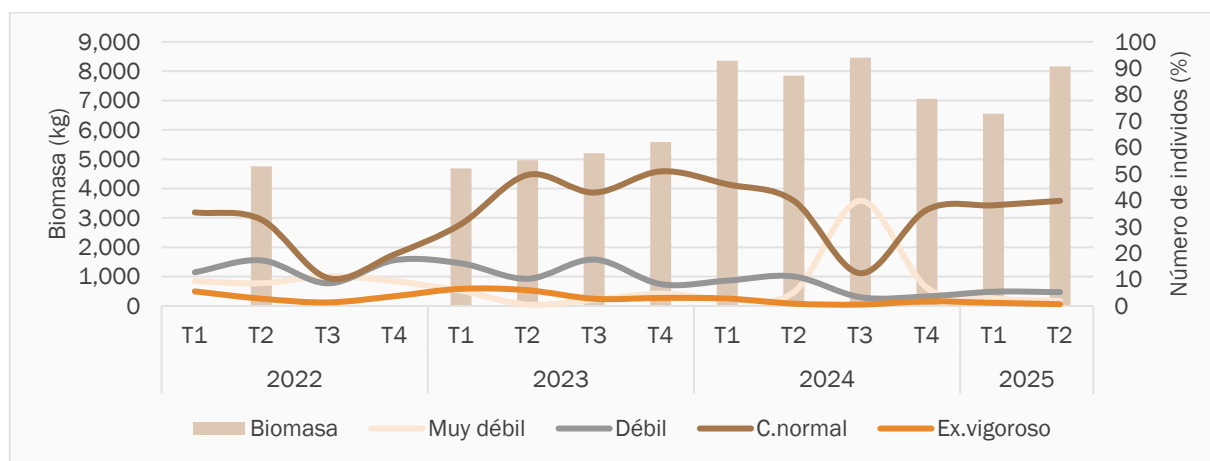
Figura 6-33. Vitalidad de los Algarrobos y su relación con el Contenido de humedad del suelo (CHS) por trimestre, en el periodo 2022 - 2025



Fuente: geobiota, 2025.

Por otra parte, en el periodo 2022 – 2025 se aprecia un crecimiento constante de la biomasa de la población, a la vez que la cantidad de individuos con Crecimiento normal aumenta. La biomasa no parece haberse visto afectada por la baja en vitalidad en el tercer trimestre del 2024, indicando que, para este periodo, aunque los individuos bajaran a la categoría Muy débil, mantuvieron su biomasa relativamente constante. Lo que puede relacionarse con la distribución de la biomasa de estos árboles, que a nivel de proporciones es mayor en el fuste y ramas, respecto del que almacenan las hojas. Durante el periodo estudiado, la biomasa paso de 4.756,79 kg en el segundo trimestre de 2022 a un máximo de 8.458,82 kg en tercer trimestre de 2024, finalizando con 8.139,57 kg en el segundo trimestre de 2025.

Figura 6-34. Biomasa de la población de algarrobos y vigor de los individuos en el periodo 2022 - 2025



Fuente: geobiota, 2025.

6.5.2 Vegetación

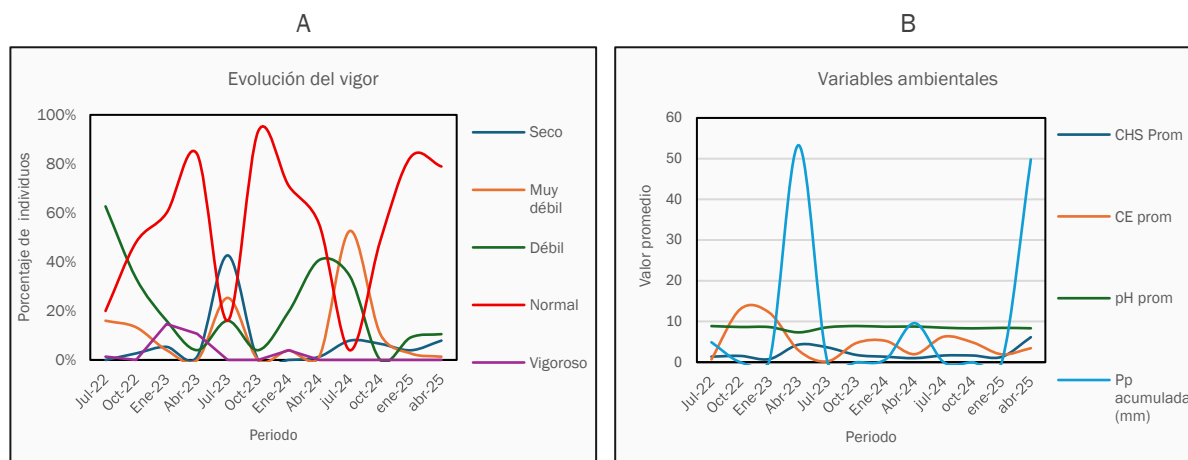
En cuanto a las interacciones de las variables medidas sobre las unidades de vegetación, en esta sección se analiza de forma separada el vigor de estas unidades y la riqueza de especies presentes en ellas, en conjunto con los resultados de las mediciones de pH, conductividad eléctrica y contenido de humedad del suelo, así como también, con datos de precipitaciones.

Varios autores, destacan que, en climas desérticos, como es el caso del Salar de Atacama, la vegetación experimenta variaciones estacionales notables, las que están estrechamente ligadas a las precipitaciones estacionales, estos eventos, pueden desencadenar respuestas significativas en las plantas, promoviendo brotes y floraciones en especies adaptadas a estas condiciones extremas (Pliscoff, *et al.* 2017). En este sentido, los resultados se ajustan a esta afirmación, dado que se observa una clara influencia de las condiciones ambientales en el vigor de las unidades de vegetación, destacando aumentos en el periodo estival de los años 2023, 2024 y 2025 (Figura 6-35 A), los cuales parecen estar relacionados con un incremento en las precipitaciones acumuladas, así como también, con un mayor contenido de humedad del suelo (Figura 6-35 B).

En contraste, durante los meses de julio de cada año se observa un marcado descenso del vigor (Figura 6-35 A), evidenciado por un aumento de individuos clasificados como Secos y Muy débiles. Este patrón se asocia a la etapa de receso vegetativo que presentan las plantas en invierno (Muñoz y Bonacic, 2006), por lo que la disminución registrada en esta época del año se considera un fenómeno esperable. Asimismo, los valores elevados de conductividad eléctrica detectados en los cuartos trimestres (octubre de 2022, 2023 y 2024) podrían estar vinculados a una reducción del vigor, ya que niveles altos de CE suelen reflejar acumulación de sales en el suelo, lo que limita la absorción de agua y nutrientes y, en consecuencia, incrementa el estrés hídrico en las plantas (Sambo *et al.*, 2019).

Por otro lado, el pH del suelo se mantiene relativamente estable, aunque se observa una ligera tendencia a la acidez en abril de 2023 (7,3), lo que podría haber favorecido a la recuperación del vigor en ese periodo (Carrasco, *et al.* 2007).

Figura 6-35. Evolución del vigor y las variables ambientales en el periodo 2022 – 2025



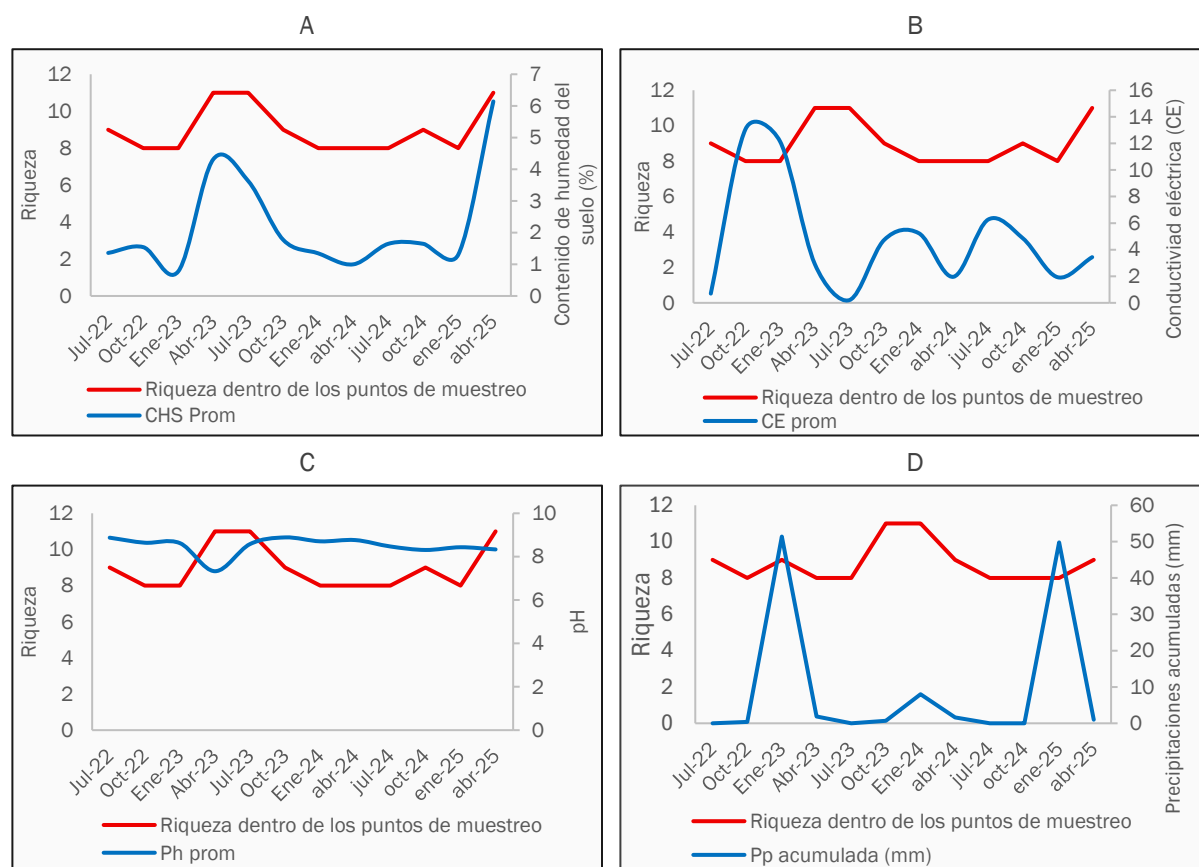
* El CHS se expresa en porcentaje, la conductividad eléctrica en mS/cm, el pH en unidades de pH y las precipitaciones en milímetros (mm).

Fuente: geobiota, 2025.

En cuanto a la riqueza de especies en la quebrada de Camar, se observa que esta varía entre 8 y 11 taxa (Figura 6-36). La mayor riqueza está asociada a valores más altos de CHS (Figura 6-36 A) y a valores más bajos de conductividad eléctrica ($\leq 0,7$ CE) (Figura 6-36 B). Estos resultados son concordantes con Munns y Tester (2008), quienes indican que suelos menos salinos retienen más agua, lo que favorece el crecimiento de las plantas. Por otro lado, los periodos con mayor CHS (4,31% en abril de 2023 y 6,14% en abril de 2025) se registran en los trimestres posteriores a los de mayores precipitaciones acumuladas (51,40 y 49,80 mm para enero de 2023 y 2025, respectivamente) (Figura 6-36 D).

El pH por su lado, disminuyó ligeramente, sin embargo, este se mantiene relativamente estable con respecto a los niveles históricos (entre 8,3 y 8,9), con la excepción de abril de 2023, donde se registra uno de los máximos de la riqueza y uno de los valores más bajo de pH (7,33) (Figura 6-36 C). Este valor más bajo de pH podría estar relacionado con una mayor disponibilidad de agua en el suelo, lo que podría influir en la composición de la vegetación. En general, los valores de pH en torno a 8,6 – 8,9 se consideran normales en un entorno alcalino típico de zonas áridas, lo que puede limitar la disponibilidad de algunos nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal (INTAGRI, 2018).

Figura 6-36. Riqueza de especies en los puntos de monitoreo de la quebrada de Camar y su relación con el Contenido de humedad del suelo (CHS), Conductividad eléctrica (CE), pH y precipitaciones acumuladas



Fuente: geobiota, 2025.

7 Conclusiones

7.1 Monitoreo de los ejemplares de *Neltuma alba* (ex *Prosopis alba*) (algarrobos)

A partir de los resultados obtenidos durante el primer semestre de 2025, se concluye lo siguiente:

Respecto a la vitalidad de los individuos censados, se observa que en todas las series el Crecimiento normal destaca como el estado de vigor predominante de los individuos con algún grado de vitalidad, sin embargo, en las series A y C existe un porcentaje importante de individuos secos. A nivel histórico, en todas las series esta categoría se mantiene con valores altos, los que se acentúan durante los meses más cálidos y húmedos (primavera y verano). Con relación a la categoría Ex. vigoroso, en el primer semestre es posible identificar una tendencia a disminuir los individuos en este estado hacia mediados del año. Por su parte, las categorías Muy débil y Débil no muestran grandes variaciones durante el primer semestre.

Respecto al porcentaje de copa viva, se observa un comportamiento en respuesta a las estaciones, disminuyendo la categoría de mayor proporción de follaje (75-100%) en otoño e invierno, en contraste, la categoría 50-75% muestra recuperación, presentado aumentos en los momentos de transición entre periodos desfavorables (otoño a invierno). Las categorías intermedias se mantienen constantes, presentando valores bajos durante el semestre. Respecto a las categorías más bajas, representan en su mayoría individuos secos sin copa viva, y sus fluctuaciones responden a las condiciones climáticas. Estos resultados sugieren que la variabilidad en la copa viva puede estar influenciada por condiciones climáticas particulares, como temperatura, humedad ambiental o intensidad de las lluvias estivales.

Desde el punto de vista fenológico, a partir de marzo se registra un descenso en los individuos en categoría de fructificación, este comportamiento está estrechamente relacionado a la llegada del invierno, y representa el comportamiento histórico que se ha presentado a lo largo del todo el periodo analizado. Por otra parte, los árboles de las series C y D, al tratarse de individuos mayoritariamente juveniles, de baja altura y fuertemente afectados por herbivoría; que no han alcanzado la madurez reproductiva, por lo tanto, no han llegado a desarrollar flores ni frutos. Por ello, las variaciones se presentan únicamente entre el estado de Crecimiento vegetativo y la senescencia. Cabe destacar que en las series A, C y D, se presenta un alto porcentaje de individuos en estado Senescente.

El monitoreo del primer semestre de 2025 reafirma la composición etaria de las series estudiadas, destacando la predominancia de individuos en etapa adulta, lo que refleja una población mayoritariamente madura. Por otro lado, las series C y D se caracterizan por una mayor presencia de individuos en etapa Juvenil, situación que se debe principalmente al ramoneo por parte de burros silvestres. Lo anterior ha limitado el crecimiento vegetativo de los individuos, impidiendo su desarrollo reproductivo. La estabilidad observada respecto a los monitoreos anteriores sugiere que no se han producido cambios significativos en la estructura etaria de las series, manteniéndose las mismas tendencias de desarrollo.

Respecto a la afectación natural por daño animal, durante el semestre se presenta en todas las series, con una predominancia en aquellas con un mayor desarrollo de copa viva. Por otra parte, es posible identificar

una tendencia a aumentar en el tiempo el número de individuos afectados. Particularmente, entre abril y mayo de 2025 se produjo un ascenso marcado en los individuos con ramoneo.

Respecto a la afectación antrópica, en la serie E – ubicada al este de la ruta CH-23 y dentro del pueblo de Camar – se registra la mayor cantidad de observaciones debido principalmente a obras de construcción, cortes de ramas, huellas vehiculares, y basura. Por otra parte, en las series A, B, C y D no se presenta este tipo de daño en todo el semestre.

A nivel general se han presentado mejorías en las variables analizadas, las cuales pueden ser explicadas por las fluctuaciones ambientales propias de cada periodo estacional, así como por las condiciones particulares de cada año (como, por ejemplo, la cantidad de lluvias anuales). Los resultados de los monitoreos muestran que, series como la B y E mantienen un estado relativamente saludable, mientras que otras series como la A, C y D registran un alto porcentaje de individuos secos o muy débiles, lo que podría ser una respuesta a las condiciones de extrema aridez del desierto, del impacto acumulado de los daños ocasionados por el ramoneo, las actividades humanas no reguladas, el cambio climático y la senescencia vegetal, siendo los individuos de la serie C los más afectados.

Respecto de los ejemplares que cuentan con riego, se observa un aumento de los individuos en estado Seco entre septiembre y octubre de 2024. Aumento que se debió a una serie de individuos que desde hace varios meses se encontraban en categoría Muy débil, y en el monitoreo de octubre cumplieron con las características para ser registrados como secos. En cuanto al porcentaje de copa viva, las categorías 50-75% y 75-100% disminuyen su participación a lo largo del semestre, mientras que la categoría 5-25%. Comienza a aumentar al final del semestre. Lo anterior es concordante con los cambios esperados en un periodo de transición entre el periodo de otoño a invierno.

Respecto al estado de los elementos asociados al sistema de riego, se constata que el principal desperfecto en sus mecanismos corresponde a filtraciones en las cañerías y líneas de riego. La detección de estas averías, mediante las revisiones semanales o bisemanales, ha sido de ayuda para una pronta reparación de los componentes dañados.

7.1.1 Fisiología de algarrobos

Considerando los resultados de potencial hídrico medidos durante el primer semestre, se puede concluir lo siguiente:

En el monitoreo de enero no se observan diferencias significativas en el potencial hídrico en pre-alba o mediodía en relación con su ubicación respecto de la tubería, al comparar entre las series A y B-C o entre los árboles con y sin riego. En cambio, en abril se registraron diferencias significativas únicamente en las mediciones de pre-alba, presentándose los valores más bajos en las series B-C, así como en los individuos ubicados aguas arriba de la tubería.

En enero y abril, la conductancia estomática fue mayor en la serie A en comparación con las series B-C, mostrando diferencias significativas solamente en abril. Por otra parte, durante abril se registró un aumento en la conductancia estomática respecto a enero, a pesar de que el potencial hídrico fue más negativo. Posiblemente debido a factores ambientales más favorables para la apertura estomática en abril.

Respecto a los valores de potencial hídrico, en las campañas de octubre se reportan los valores más altos de cada año, evidenciándose una disminución en las campañas posteriores, alcanzando los valores más bajos en julio de cada año.

Se identifica un efecto positivo atribuible al riego en los árboles de la serie A, los cuales presentan, en general, un mayor potencial hídrico y una mayor conductancia estomática en comparación con las series B-C, tendencia observable en la mayoría de las evaluaciones realizadas desde enero de 2023 hasta la fecha.

Por último, cabe señalar que los árboles A21, A22, A30, A31, A38, A41 y AX02 presentan un estado hídrico desfavorable, evidenciado por la ausencia de ramillas y hojas para la toma de mediciones, situación que se mantiene desde abril de 2024.

7.1.2 Biomasa de algarrobos

A abril de 2025, la biomasa aérea total de la población alcanza a 8.159,37 kg, donde los individuos vivos concentran la mayor proporción (94,8%), acumulándose, en un bajo número de individuos, (cinco árboles) de grandes dimensiones (> 60 cm de Dbe), los cuales representan más de 2/3 de la biomasa aérea total de la población. Los componentes de la biomasa aérea se acumulan en forma decreciente en las ramas (85,5%), el fuste (11,7%) y las hojas (2,8%).

Si bien la biomasa total y por componentes presenta un aumento para la presente medición (abril 2025) cercano al 25%, lo cual se encuentra dentro de la variabilidad reportada en las mediciones anteriores, no presentan diferencias estadísticamente significativas con la medición anterior (enero 2025). Las diferencias encontradas, se encuentran dentro de los errores instrumentales propios de la prospección, así como también de la sensibilidad de los modelos utilizados para la estimación de la biomasa aérea.

La acumulación de mediciones trimestrales y anuales, y los análisis estadístico-correspondientes como está programado en el plan de seguimiento, permitirá determinar tendencias temporales o cambios más precisos, con respecto al estado y crecimiento de la población de *Neltuma* (ex *Prosopis*) ubicada en la quebrada de Camar.

7.2 Caracterización de la flora y vegetación

7.2.1 Vegetación

El análisis de la superficie vegetal en la quebrada de Camar entre enero y abril de 2025 revela que las superficies de las formaciones vegetales se mantienen constantes, solo se observan leves variaciones en las entre las formaciones vegetales, manteniéndose los matorrales como las formaciones más abundantes.

En cuanto a la vitalidad, durante el primer semestre de 2025 esta se mantuvo constante, predominando la categoría Crecimiento normal, con participaciones de 82,89% y 78,95% durante enero y abril, respectivamente. En contraste, la categoría Débil disminuyó para los mismos meses. Esto refleja un incremento considerable de ejemplares en Crecimiento normal, principalmente a expensas de aquellos en estado Débil.

Las variaciones identificadas pueden estar influenciadas por factores climáticos, por la distribución desigual de las precipitaciones en la quebrada Camar y por la naturaleza cualitativa del método de evaluación, que puede introducir cierta subjetividad en la interpretación del estado de vitalidad.

En el primer semestre de 2025, la categoría predominante de porcentaje de copa viva corresponde al rango 50-75%, con una participación entre el 47,37% y 35,53% de los registros. Se observa un aumento de las categorías de mayor porcentaje. Estos cambios indican que la vegetación en la quebrada presenta un aumento en la cobertura de copa viva, lo cual posiblemente se asocia a factores estacionales y climáticos que influyen en la vitalidad de las plantas.

La variación fenológica registrada durante el semestre evidencia las dinámicas estacionales características del verano y el inicio del otoño. La categoría predominante fue Crecimiento vegetativo, que representó entre el 39,47% y 47,37% de las muestras. Las principales variaciones se observaron en las categorías de Floración y Fructificación, que mostraron incrementos durante el periodo, alcanzando en abril sus valores máximos con un 23,68% y un 19,74%, respectivamente, en contraste, la categoría Senescente presentó una disminución. En conjunto, estos cambios reflejan un aumento en la actividad reproductiva hacia comienzos del otoño, en concordancia con los patrones fenológicos esperados para este ciclo estacional.

Respecto a la intervención, se registró un aumento durante el semestre en la intervención antrópica, variando entre 6,58% y 22,37%. Este incremento se debió principalmente a la mayor presencia de basura, asociada a los polígonos cercanos a la ruta B355 y ruta B-371 y al aumento del tráfico vehicular. En cuanto a la afectación natural, esta solo se registró en abril y estuvo asociada a la presencia de burros silvestres.

7.2.2 Flora

Hasta abril de 2025, en la quebrada de Camar se registran 26 especies de flora, las que se agrupan en 13 familias distintas. Durante el primer semestre 2025, se registran 10 taxones durante enero y 13 en abril.

Dos de las especies registradas tienen una amplia distribución a nivel nacional (*Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata*).

En cuanto al hábito de crecimiento, en enero, el 70% de las especies eran arbustivas, mientras que, en abril, este porcentaje disminuyó al 53,85% debido al aumento de especies herbáceas encontradas en el periodo.

Se encontraron dos especies árboles en el sector, las que fueron visualizadas exclusivamente fuera de los transectos: *Neltuma alba* y *Strombocarpa tamarugo*.

Tessaria absinthioides fue la especie más frecuente en ambos meses, registrada en 56 puntos de monitoreo en enero (74,67% del total) y en 55 puntos en abril (73,33%). La segunda especie más abundante fue *Atriplex atacamensis*, con 28 registros en enero (37,33%) y 20 en abril (26,67%). Respecto a la cobertura, estas dos especies también mostraron los valores más altos, *Tessaria absinthioides* mantuvo cerca del 10% en ambos periodos, mientras que *Atriplex atacamensis* presentó una cobertura de 1,38% en enero y aumentó a 2% en abril.

7.3 Parámetros del suelo

7.3.1 Monitoreo mensual de CHS

Con relación al contenido de humedad del suelo, los monitoreos del primer semestre de 2025 muestran una fuerte variación, con valores promedios que oscilan entre 0,45% y 3,26%. En general, se observa una leve tendencia a disminuir el CHS promedio a medida que avanzan los meses, situación similar a la registrada en el primer semestre de 2023 y 2024 donde se registró un descenso constante hacia la mitad de año. Lo anterior guardaría relación con la magnitud de las precipitaciones que se registran en el periodo estival.

Desde la implementación del sistema de riego, se ha observado un aumento general en el contenido de humedad del suelo en los puntos de muestreo y con ello una tendencia a mantener en altos porcentajes el número de individuos en categoría Crecimiento normal o Excepcionalmente vigoroso entre aquellos que cuentan con este sistema. Sin embargo, no se ha podido establecer una relación clara entre el CHS y el número de individuos con Crecimiento normal o Excepcionalmente vigoroso, lo que sugiere que esta variable podría no estar influenciada por el CHS o no lo suficiente para explicar su comportamiento.

Los resultados históricos indican que el CHS está estrechamente ligado a las precipitaciones, lo que se evidencia en el aumento de la humedad del suelo con mayores precipitaciones acumuladas. Se estima que tanto eventos de lluvias como la implementación del sistema de riego en algunas plantas, favorecerían las reservas de agua aprovechable, lo que mantiene un promedio de CHS más alto en el periodo 2023, 2024 y 2025 respecto al reportado en el 2022.

7.3.2 Monitoreo trimestral de CHS, pH y CE

La variación del contenido de Humedad del Suelo (CHS) parece estar influenciada por las condiciones estacionales. Se observa que durante el primer semestre de 2025 el CHS aumentó a un 4,83% entre enero y abril. Probablemente debido a una mayor disponibilidad de agua retenida en el suelo en abril, debido a las precipitaciones registradas el mes de febrero, las que presentan un acumulado de 49,8 mm.

El análisis del CHS en las distintas formaciones vegetacionales evidencia una relación positiva entre la cobertura vegetal y el contenido de humedad del suelo, destacando al matorral de *Tessaria absinthioides* como la formación con mayor porcentaje de cobertura y con los valores más altos de CHS. Por otro lado, las áreas con menor cobertura vegetal, como el matorral de *Tiquilia atacamensis* y las zonas de vegetación escasa, presentan los valores más bajos de CHS.

Los resultados de pH del sustrato en la quebrada de Camar revelan que, tanto en enero como en abril, los suelos son predominantemente alcalinos. La mayoría de los puntos se clasifican como fuertemente alcalinos (excepto en abril donde la mayoría se clasifica como moderadamente alcalino), mientras que el resto se distribuyen entre moderadamente alcalinos, muy fuertemente alcalinos, ligeramente alcalinos, y en menor medida, neutros. Observando los registros históricos, el pH en la quebrada de Camar se mantiene relativamente homogéneo, con valores que mayormente se sitúan entre 8 y 9, correspondientes a la categoría de fuertemente alcalino.

Se observó una disminución significativa del pH en abril de 2023, atribuible a eventos de precipitación que aumentaron la humedad del suelo y diluyeron las sales, moderando temporalmente la alcalinidad. En general, el pH de los suelos de la quebrada de Camar posee ligeras fluctuaciones asociadas a eventos estacionales y características específicas de los tipos vegetacionales. Si bien se registró una disminución entre enero y abril de 2025, esta no es significativa como la registrada en 2023.

Los resultados de salinidad del suelo para el primer semestre de 2025 muestran que la mayoría de los puntos de monitoreo indican suelos no salinos, con una menor proporción de suelos clasificados como fuertemente salinos. En el cono aluvial predominan los suelos no salinos, mientras que, en el borde este predominan los suelos fuertemente salinos.

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

El análisis por tipo vegetacional revela que el matorral de *Aloysia desértico* – *Ephedra multiflora* presenta los valores más altos de conductividad eléctrica del semestre (5,14 dS/m en enero y 6,80 dS/m en abril), mientras que el matorral de *Tiquilia atacamensis* muestra los valores más bajos (0,10 dS/m en ambos monitoreos). En términos de distribución espacial, históricamente los valores más altos de salinidad se concentran en el borde este del salar, especialmente los matorrales de *Tessaria absinthioides*, lo cual es coherente con el gradiente de salinidad que disminuye a medida que se aleja del núcleo del salar.

8 Referencias

- Allen, M. T., Prusinkiewicz, P., & DeJong, T. M. (2005). Using L-systems for modeling source-sink interactions, architecture and physiology of growing trees: The L-PEACH model. *New Phytologist*, 166, 869-880. doi: 10.1111/j.1469-8137.2005.01348.
- GEOBIOTA. 2018. Informe técnico. Análisis taxonómico de muestras de ejemplares de *Neltuma alba*., sector quebrada de Camar, provincia de El Loa, región de Antofagasta.
- Castañeda, M., Rodríguez, R., & Lobo, D. (2004). Características físicas del suelo y su relación con el crecimiento y desarrollo de las plantas. *Revista de Agronomía Tropical*, 54(3), 215-230.
- CAMPAÑA DE MONITOREO N° 15, Informe de Seguimiento Ambiental Proyecto Cambios y Mejoras en la Operación Minera del Salar de Atacama Región de Antofagasta, abril, 2021.
- Carrasco, G., Ramírez, P., Vogel, H., 2007. Effect of the electrical conductivity of the nutrient solution on yield and essential oil in basil grown by NFT. *IDESIA (Chile)* Vol. 25, N° 2; 59-62, 2007.
- Casanova, M., Seguel, O., Salazar, O y Luzio, W, 2013. The Soils of Chile. doi: 10.1007/978-94-007-5949-7.
- Cordoba, A & Verga, A. Método de análisis fenológico de un rodal su aplicación en un enjambre híbrido de *Neltuma alba* p. Ciencia e investigación Forestal – Instituto Forestal/Chile.91 pp.
- 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.
- Cruz G. 1997 “Production and characterization of the seed polysaccharide from Algarrobo”. *Food and Agriculture Organization*. 425–438 pp.
- Donoso, C. 2013. Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. *Autoecología*. Cuneo Ediciones: Valdivia, Chile. 528-533 pp.
- Etienne, M., Prado, C. 1982. Descripción de la vegetación mediante la cartografía de ocupación de tierras. Universidad de Chile, Facultad de ciencias agrarias y forestales. Santiago, Chile. 120 p.
- Gajardo, 1994. La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial universitaria. 165 p.
- Garzuglia, M. y M. Saket. 2003. Wood volume and woody biomass. *Food and Agricultural Organization of the United Nations*. Roma13
- Gutiérrez, Jr (2008). El desierto florido de la región de atacama. Libro rojo de la flora nativa y de los Sitios Prioritarios para su conservación: Región de atacama, 15.
- Holmgren, C.A., J.R., Betancourt, K.A., Rylander, J. Roque, O. Toval, H. Zeballos, E. Linares y J. Quade. (2001). Holocene vegetation history from fossil rodent middens near Arequipa, Peru. *Quaternary Research* 56(2): 242-251.
- INTAGRI, 2018. Disponibilidad de Nutrientes y el pH del Suelo. Serie Nutrición Vegetal. Núm. 113. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.

Malicki, M. A., & Walczak, R. T. (1999). Electrical conductivity of soil as a function of water content and electrolyte concentration. *Soil Science Society of America Journal*, 63(3), 988-996.

Muñoz E. A., Bonacic, C., 2006. Variación estacional de la flora y vegetación en la precordillera andina de la comuna de Putre (I región de Tarapaca, Chile) durante el periodo 2002-2003. *Gayana Bot.* 63(1): 75-92, 2006.

Luzio W.; Casanova M. y Seguel O. 2010. Suelos de Chile. Luzio W. (Editor). Universidad de Chile. 34

p.6Robinson, D. A., Binley, A., Crook, N., Day-Lewis, F. D., Ferré, T. P. A., Grauch, V. J. S & Slater, L. 2008. Advancing process-based watershed hydrological research using near-surface geophysics: A vision for, and review of, electrical and magnetic geophysical methods. *Hydrological Processes: An International Journal*, 22(18), 3604-3635.

Rodríguez, R.; Marticorena, C.; Alarcón, D.; Baeza, C.; Cavieres, L.; Finot, V.; Fuentes, N.; Kiesling, A.; Mihoc, M.; Pauchard, A.; Ruiz, E.; Sánchez, P. & Marticorena, A. 2018. Catálogo de la flora vascular de Chile. *Gayana Botánica* 75 (1): 1 – 430.

Parresol, B. R. 2001. Additivity of nonlinear biomass equations. *Canadian Journal of Forest Research*. 31:865-878. NRC Research Press Ottawa, Canada.

Plischoff, P., Zanetta, N., Hepp, J., Machuca, J. 2017. Efectos sobre la flora y vegetación del evento de precipitación extremo de agosto 2015 en Alto Patache, Desierto de Atacama, Chile. *Rev. geogr. Norte Gd.* no.68 Santiago dic. 2017.

Sambo, P., Nicoletto, C., Giro, A., Pii, Y., Valentinuzzi, F., Mimmo, T., Lugli, P., Orzes, G., Mazzetto, F., Astolfi, S., Terzano, R. y Cesco, S. 2019. Hydroponic Solutions for Soilless Production Systems: Issues and Opportunities in a Smart Agriculture Perspective. *Frontiers in Plant Science*. 10: 923. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00923>.

Shaxson, F., y R, Barber. 2005. Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal. El significado de la porosidad del suelo. Servicio de Manejo de las Tierras y de la Nutrición de Plantas. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). Roma. 2005.

SQM, 2023. Informe semestral quebrada de Camar, primer semestre 2023.

Schoeneberger, P. J.; Wysocki, D. A.; Benham E. C. and Soil Survey Staff. 2012. Field book for describing and sampling soils, Version 3.0. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE. 300 p. Diaz y Wright, 1965.

USDA NRCS, 2001. United States Department of agricultura. Natural resources consevation service.