

# geobiota

Informe segundo semestre 2025

Programa de Cumplimiento

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

Preparado por geobiota  
para SQM Salar SpA  
Diciembre, 2025  
geob.sqmsl913.inf026.rev0



Informe segundo semestre 2025 — geob.sqmsl913.inf026.rev0

Programa de Cumplimiento: Programa de Seguimiento de Flora y vegetación de la quebrada de Camar. Región de Antofagasta

Rev.	Id	Ejecutor	Revisor	Aprueba	Descripción
0	Nombre	CA - ML -CI	CI	IZ	Propuesta Rev0
	Fecha	30.01.2026	02.02.2026	03.02.2026	
01	Nombre	CA	CI	IZ	Propuesta Rev01
	Fecha	03.03.2026	04.03.2026	04.03.2026	



## Contenido

1.	Resumen .....	1
1.1	Monitoreo de ejemplares de <i>Neltuma alba</i> (Algarrobos) .....	1
1.1.1	Censo de algarrobos .....	1
1.1.2	Estado fisiológico de algarrobos .....	1
1.1.3	Biomasa de algarrobos .....	1
1.2	Evaluación de ejemplares de <i>Neltuma alba</i> (algarrobo) con sistema de riego .....	2
1.3	Caracterización de la flora y vegetación .....	2
1.4	Parámetros del suelo .....	2
2.	Introducción .....	3
3.	Objetivos .....	6
4.	Materiales y métodos .....	7
4.1	Área de estudio .....	7
4.2	Monitoreo de ejemplares de <i>Neltuma alba</i> (algarrobos) .....	7
4.2.1	Ubicación de los individuos .....	7
4.2.2	Parámetros evaluados .....	17
4.2.3	Metodología de muestreo, medición y análisis .....	21
4.3	Evaluación de ejemplares de <i>Neltuma alba</i> (algarrobo) con sistema de riego .....	23
4.3.1	Ubicación de los individuos .....	23
4.3.2	Parámetros evaluados .....	25
4.3.3	Metodología de muestreo, medición y análisis .....	26
4.4	Caracterización de la flora y vegetación .....	26
4.4.1	Ubicación de los puntos de monitoreo .....	26
4.4.2	Parámetros evaluados .....	29
4.4.3	Metodología de muestreo, medición y análisis .....	30
4.5	Evaluación de parámetros del suelo .....	33
4.5.1	Ubicación de los puntos de monitoreo de suelo .....	33
4.5.2	Parámetros evaluados, metodología de muestreo, medición y análisis .....	38
4.6	Materiales y equipos utilizados .....	38

4.7	Fechas de muestreo .....	39
5.	Resultados .....	42
5.1	Monitoreo de vitalidad de ejemplares de <i>Neltuma alba</i> (algarrobo) .....	42
5.1.1	Etapa de crecimiento .....	42
5.1.2	Vitalidad .....	45
5.1.3	Copa viva .....	49
5.1.4	Fenología .....	52
5.1.5	Afectación antrópica y/o natural .....	55
5.1.6	Fisiología de algarrobos .....	61
5.1.7	Biomasa de algarrobos .....	67
5.2	Evaluación de ejemplares de <i>Neltuma alba</i> con sistema de riego .....	71
5.2.1	Vitalidad .....	72
5.2.2	Porcentaje de copa viva .....	72
5.2.3	Estado de los elementos asociados al programa de riego .....	74
5.3	Caracterización de la flora y vegetación .....	74
5.3.1	Vegetación .....	74
5.3.2	Flora .....	81
5.4	Parámetros del suelo .....	83
5.4.1	Monitoreo mensual de CHS .....	83
5.4.2	Monitoreo trimestral de CHS, pH y CE .....	89
6.	Discusiones .....	95
6.1	Monitoreo de ejemplares de <i>Neltuma alba</i> (algarrobos) .....	95
6.1.1	Etapa de Crecimiento .....	95
6.1.2	Vitalidad .....	98
6.1.3	Copa viva .....	102
6.1.4	Fenología .....	105
6.1.5	Afectación antrópica y/o natural .....	108
6.1.6	Fisiología de algarrobos .....	111
6.1.7	Biomasa de algarrobos .....	113
6.2	Evaluación de ejemplares de <i>Neltuma alba</i> con sistema de riego .....	116

6.2.1	Vitalidad .....	116
6.2.2	Porcentaje de copa viva .....	119
6.3	Caracterización de la flora y vegetación .....	123
6.3.1	Vegetación .....	123
6.3.2	Flora .....	129
6.4	Parámetros del suelo .....	136
6.4.1	Monitoreo mensual de CHS .....	136
6.4.2	Monitoreo trimestral de CHS, pH y CE .....	143
6.5	Relación entre variables .....	150
6.5.1	Algarrobos .....	150
6.5.2	Vegetación .....	155
7.	Conclusiones .....	157
8.	Referencias .....	159

## Tablas

Tabla 2-1.	Parámetros establecidos, responsables de la ejecución y medición de las variables .....	4
Tabla 4-1.	Coordenadas UTM (WGS84, Huso 19S) de individuos de <i>Neltuma alba</i> monitoreados en la quebrada de Camar .....	8
Tabla 4-2.	Individuos de <i>Neltuma alba</i> con mediciones fisiológicas (potencial hídrico y conductancia estomática) y condición de riego .....	15
Tabla 4-3.	Parámetros y metodologías utilizadas para la caracterización de la flora y vegetación .....	17
Tabla 4-4.	Criterios utilizados para clasificar la vitalidad de las plantas .....	18
Tabla 4-5.	Escalas utilizadas para clasificar la copa viva de las plantas .....	18
Tabla 4-6.	Categorías utilizadas para la descripción de estado fenológico .....	18
Tabla 4-7.	Categorías utilizadas para la descripción de la altura del ejemplar .....	19
Tabla 4-8.	Categorías utilizadas para la etapa de crecimiento .....	19
Tabla 4-9.	Coordenadas UTM (Datum WGS84 Huso 19S) de ejemplares de <i>Neltuma alba</i> bajo sistema de riego, quebrada de Camar .....	23
Tabla 4-10.	Coordenadas UTM (Datum WGS84 Huso 19S) de las estaciones de monitoreo de vegetación y flora en la quebrada de Camar .....	26
Tabla 4-11.	Esfuerzo de muestreo campañas segundo semestre 2025 .....	29

Tabla 4-12. Parámetros y metodologías utilizadas para la caracterización de la flora y vegetación ...29

Tabla 4-13. Tipo de afectación ..... 29

Tabla 4-14. Rangos y códigos de cobertura.....30

Tabla 4-15. Rangos de altura por tipo biológico .....31

Tabla 4-16. Categorías utilizadas para describir la vitalidad y estado sanitario de la vegetación .....31

Tabla 4-17. Coordenadas UTM (Datum WGS84 Huso 19S) del monitoreo mensual de contenido de humedad del suelo .....33

Tabla 4-18. Coordenadas UTM (Datum WGS84 Huso 19S) de los puntos de monitoreo de suelo de la quebrada de Camar.....36

Tabla 4-19. Métodos de ensayo utilizados en análisis de suelo .....38

Tabla 4-20. Materiales y equipos utilizados .....38

Tabla 4-21. Fechas de los censos de *Neltuma alba* en el segundo semestre de 2025.....39

Tabla 4-22. Fechas de monitoreo del estado de los componentes del riego, segundo semestre 2025 .....40

Tabla 4-23. Fechas de muestreo potencial hídrico y conductancia estomática segundo semestre 2025 .....40

Tabla 4-24. Fechas de muestreo medición de variables dendrométricas segundo semestre 2025...40

Tabla 4-25. Fechas de muestreo monitoreo de flora y vegetación segundo semestre 2025 .....40

Tabla 4-26. Fechas de muestreo de monitoreo de suelo segundo semestre 2025 .....40

Tabla 5-1. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba ( $\Psi_{pa}$ ), potencial hídrico de ramilla de mediodía ( $\Psi_{md}$ ) y conductancia estomática (gs) medidos en julio y octubre de 2025 en algarrobos de la quebrada de Camar.....61

Tabla 5-2. Principales desperfectos detectados en los componentes del sistema de riego .....74

Tabla 5-3. Formaciones vegetales y otras superficies presentes en la quebrada de Camar .....75

Tabla 5-4. Riqueza de especies presentes en el área de estudio .....82

Tabla 5-5. Cobertura y frecuencia de las especies dentro de los transectos .....83

Tabla 5-6. CHS en individuos de *Neltuma alba* con y sin sistema de riego .....86

Tabla 5-7. Resultados de pH del suelo.....91

Tabla 5-8. Resultados de conductividad eléctrica del suelo.....93

Tabla 6-1. Biomasa acumulada Total (kg)..... 113

Tabla 6-2. Biomasa acumulada de Fustes (kg) ..... 114



Tabla 6-3. Biomasa acumulada de Ramas (kg).....	115
Tabla 6-4. Variación histórica de superficie de las formaciones vegetacionales presentes en la quebrada de Camar.....	124
Tabla 6-5. Variación histórica en la riqueza de especies presentes en los puntos de muestreo y área de estudio.....	132
Tabla 6-6. Variación histórica de la cobertura de las especies en transectos .....	135
Tabla 6-7. CHS en individuos de <i>Neltuma alba</i> con y sin sistema de riego, periodo febrero 2022 – diciembre 2025 .....	137

## Figuras

Figura 4-1. Ubicación del área de estudio .....	7
Figura 4-2. Ubicación de los ejemplares de <i>Neltuma alba</i> monitoreados en la quebrada de Camar..	14
Figura 4-3. Ubicación de los ejemplares de <i>Neltuma alba</i> con mediciones de potencial hídrico y conductancia estomática .....	16
Figura 4-4. Ubicación de los ejemplares de <i>Neltuma alba</i> con mediciones de variables dendrométricas y estimación de la biomasa.....	17
Figura 4-5. Distribución espacial de los individuos de <i>Neltuma alba</i> con riego, quebrada de Camar.	25
Figura 4-6. Ubicación de las estaciones de monitoreo de vegetación y flora en la quebrada de Camar .....	28
Figura 4-7 Ubicación de las estaciones de monitoreo mensual de contenido de humedad de suelo en la quebrada de Camar .....	35
Figura 4-8 Ubicación de las estaciones de monitoreo trimestral de CHS, pH y CE en la quebrada de Camar .....	37
Figura 5-1. Variación mensual de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie A .....	43
Figura 5-2. Variación mensual de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie B .....	43
Figura 5-3. Variación mensual de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie C .....	44
Figura 5-4. Variación mensual de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie D .....	44
Figura 5-5. Variación mensual de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie E .....	45

Figura 5-6. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie A .....	46
Figura 5-7. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie B.....	46
Figura 5-8. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie C.....	47
Figura 5-9. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie D.....	48
Figura 5-10. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie E.....	48
Figura 5-11. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie A.....	49
Figura 5-12. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie B.....	50
Figura 5-13. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie C.....	50
Figura 5-14. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie D.....	51
Figura 5-15. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie E.....	52
Figura 5-16. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo de la serie A.....	52
Figura 5-17. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo de la serie B .....	53
Figura 5-18. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo de la serie C .....	53
Figura 5-19. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo de la serie D .....	54
Figura 5-20. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo de la serie E.....	54
Figura 5-21. Variación semestral daño animal en individuos de <i>Neltuma alba</i> por serie .....	56
Figura 5-22. Variación semestral daño antrópico en individuos de <i>Neltuma alba</i> por serie.....	59
Figura 5-23 Comparación del Potencial Hídrico de ramilla en pre-alba ( $\Psi_{pa}$ ) y mediodía ( $\Psi_{md}$ ) en la Serie A y Series B-C.....	63
Figura 5-24 Comparación de la Conductancia Estomática en la Serie A y Series B-C.....	64
Figura 5-25 Comparación del Potencial Hídrico de ramilla en pre-alba ( $\Psi_{pa}$ ) y mediodía ( $\Psi_{md}$ ) aguas arriba y aguas abajo .....	65
Figura 5-26 Comparación de la Conductancia Estomática aguas arriba y aguas abajo.....	65
Figura 5-27 Comparación del Potencial Hídrico de ramilla en pre-alba ( $\Psi_{pa}$ ) y mediodía ( $\Psi_{md}$ ) en individuos con y sin riego .....	66
Figura 5-28 Comparación de la Conductancia Estomática en individuos con y sin riego.....	66
Figura 5-29 Registros trimestrales de árboles del género <i>Neltuma</i> para estimación de biomasa .....	67

Figura 5-30 Número de individuos por rango Dbe, altura media y área basal..... 68

Figura 5-31 Número de individuos por rango Dbe, vástagos promedio (A) y proporción de individuos mono y plurifustales (B)..... 68

Figura 5-32 Número de individuos por rango Dbe y área de copa..... 69

Figura 5-33 Biomasa de los componentes del árbol por trimestre ..... 70

Figura 5-34 Biomasa de los componentes del árbol por trimestre ..... 71

Figura 5-35. Evolución de la vitalidad de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego ..... 72

Figura 5-36. Evolución del porcentaje de copa viva de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego..... 73

Figura 5-37. Variación del porcentaje de vitalidad en la vegetación de la quebrada de Camar ..... 77

Figura 5-38. Variación del porcentaje de copa viva en la vegetación de la quebrada de Camar ..... 78

Figura 5-39. Variación del estado fenológico en la vegetación de la quebrada de Camar..... 79

Figura 5-40. Tipos de daño antrópico..... 80

Figura 5-41. Tipos de daño natural ..... 80

Figura 5-42. Contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) en la quebrada de Camar – segundo semestre 2025 ..... 84

Figura 5-43. Variación mensual del contenido de humedad del suelo en individuos de *Neltuma alba* con y sin sistema de riego..... 89

Figura 5-44. Contenido de humedad de suelos en los puntos monitoreados de la quebrada de Camar ..... 90

Figura 5-45. Variación trimestral del contenido de humedad promedio del suelo en la quebrada de Camar ..... 90

Figura 5-46. pH de suelos en los puntos monitoreados de la quebrada de Camar ..... 92

Figura 5-47. Variación trimestral del pH promedio en el suelo en la quebrada de Camar..... 92

Figura 5-48. Salinidad de suelos en los puntos monitoreados de la quebrada de Camar ..... 94

Figura 5-49. Variación trimestral de la salinidad promedio del suelo en la quebrada de Camar ..... 94

Figura 6-1. Variación histórica de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobos..... 97

Figura 6-2. variación mensual de temperatura y precipitaciones en Camar ..... 98

Figura 6-3. Variación histórica de la vitalidad en los individuos de algarrobo..... 101

Figura 6-4. Variación histórica del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo ..... 104

Figura 6-5. Variación histórica del estado fenológico en los individuos de algarrobos..... 107

Figura 6-6. Variación histórica del ramoneo por serie ..... 109



Figura 6-7. Variación histórica de la intervención antrópica por serie .....	110
Figura 6-8. Variación histórica del potencial hídrico en pre-alba para árboles de las series A y B* .	111
Figura 6-9. Variación histórica del potencial hídrico de mediodía para árboles de las series A y B .	112
Figura 6-10. Variación histórica de la conductancia estomática para árboles de las series A y B ...	112
Figura 6-11 Promedio de la biomasa de Hojas (kg) por monitoreo.....	116
Figura 6-12. Evolución de la vitalidad de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego .....	118
Figura 6-13. Evolución de la vitalidad de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego .....	119
Figura 6-14. Evolución del porcentaje de copa viva de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego .....	121
Figura 6-15. Evolución de la copa viva de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego .....	122
Figura 6-16. Evolución de la superficie de las formaciones vegetacionales presentes en la quebrada de Camar .....	125
Figura 6-17. Variación histórica de la vitalidad en la vegetación de la quebrada de Camar.....	126
Figura 6-18. Variación histórica del porcentaje de copa viva en la vegetación de la quebrada de Camar .....	127
Figura 6-19. Variación histórica del estado fenológico en la vegetación de la quebrada de Camar	128
Figura 6-20. Afectación natural y antrópica .....	129
Figura 6-21 Comparación mensual del contenido de humedad del suelo en individuos de <i>Neltuma alba</i> , periodo febrero 2022 – diciembre 2025.....	136
Figura 6-22 Variación mensual del contenido de humedad de suelo en individuos de <i>Neltuma alba</i> por serie, periodo febrero 2022 – diciembre 2025.....	140
Figura 6-23. Variación mensual del contenido de humedad de suelo por serie en individuos de <i>Neltuma alba</i> , febrero 2022 – diciembre 2025 .....	141
Figura 6-24. Contenido de humedad del suelo mensual versus proporción de individuos de <i>Neltuma alba</i> con vitalidad normal o Excepcionalmente vigoroso, periodo diciembre 2022 – diciembre 2025 .....	142
Figura 6-25. Variación histórica en el promedio del contenido de humedad del suelo (%) en los tipos vegetacionales de la quebrada Camar.....	145
Figura 6-26. Variación en el pH promedio del suelo en los tipos vegetacionales de la quebrada de Camar .....	147
Figura 6-27. Variación en la salinidad promedio de suelo en los tipos vegetacionales de la quebrada de Camar .....	149

Figura 6-28. Conductancia estomática y Contenido de humedad del suelo (CHS) por trimestre, en el periodo 2022 - 2025.....	151
Figura 6-29. Potencial hídrico promedio en pre-alba ( $\Psi_{pa}$ ) y medio día ( $\Psi_{md}$ ), y su relación con el Contenido de humedad del suelo (CHS) por trimestre, en el periodo 2022 - 2025.....	151
Figura 6-30. Contenido de humedad del suelo (CHS) por trimestre y precipitaciones acumuladas, en el periodo 2022 - 2025.....	152
Figura 6-31. Potencial hídrico promedio en pre-alba ( $\Psi_{pa}$ ) y medio día ( $\Psi_{md}$ ), y su relación con el vigor de los algarrobos por trimestre, en el periodo 2022 - 2025.....	153
Figura 6-32. Conductancia estomática (gs) y su relación con el vigor de los algarrobos por trimestre, en el periodo 2022 - 2025.....	153
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.....	154
Figura 6-34. Biomasa de la población de algarrobos y vigor de los individuos en el periodo 2022 - 2025.....	154
Figura 6-35. Evolución del vigor y las variables ambientales en el periodo 2022 - 2025.....	155
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.....	156

## Fotografías

Fotografía 5-1 Registros fotográficos de afectación natural y antrópica en el área de estudio.....	81
Fotografía 6-1. Afectación animal - Segundo semestre 2025.....	109
Fotografía 6-2. Afectación antrópica - Segundo semestre 2025.....	110

## 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)

## 1. Resumen

El presente informe entrega los resultados del Programa de Seguimiento de Flora y Vegetación de la quebrada de Camar correspondientes al segundo semestre de 2025, ejecutado en el marco del Programa de Cumplimiento (PdC) aprobado por la SMA. El seguimiento considera el monitoreo de individuos de *Neltuma alba* (algarrobo), la caracterización de vegetación y flora vascular, y la evaluación de parámetros de suelo (CHS, pH y conductividad eléctrica), con el propósito de describir su comportamiento temporal y apoyar la toma de decisiones de gestión ambiental.

El área de estudio corresponde a la quebrada de Camar (4.044,04 ha), ubicada en el Salar de Atacama, Región de Antofagasta. Durante el período evaluado se realizó el seguimiento de la población de algarrobos organizada en series A, B, C D y E, además de campañas para vegetación/flora y muestreos de suelo mensual y trimestral según lo comprometido en el PdC.

### 1.1 Monitoreo de ejemplares de *Neltuma alba* (Algarrobos)

#### 1.1.1 Censo de algarrobos

Al cierre del semestre (diciembre 2025) el universo censado alcanzó 498 ejemplares, con registro de individuos en pie, desaparecidos y ejemplares de otra especie (*Strombocarpa tamarugo*) identificados, pero excluidos del análisis.

En términos generales, el semestre mostró una dinámica estacional de la vitalidad: durante julio–septiembre se registró un aumento de las categorías Débil/Muy débil, mientras que desde octubre se observó una recuperación reflejada en el incremento de individuos con Crecimiento normal y la aparición de algunos individuos Excepcionalmente vigorosos, junto con un aumento del porcentaje de copa viva hacia categorías altas (50–100%). La floración se hace evidente a partir de octubre en series con individuos adultos (A, B y E), coherente con el tránsito invierno–primavera.

Respecto de la afectación natural y antrópica, se registró ramoneo/herbivoría en todas las series, destacando la serie B como la más afectada durante el semestre. En contraste, la serie E presentó menor afectación natural, pero concentró la mayor afectación antrópica, consistente con su localización en sectores urbanos, mientras que en el resto de las series la intervención humana fue baja o marginal.

#### 1.1.2 Estado fisiológico de algarrobos

Las mediciones fisiológicas realizadas durante el segundo semestre indican diferencias relevantes según series, condición de riego y ubicación respecto de la tubería. En julio se observó mayor estrés hídrico (potenciales más negativos) respecto de octubre; y en octubre se registraron diferencias asociadas a la ubicación (valores más bajos aguas arriba de la tubería). En términos generales, los resultados apoyan que el estado hídrico mejora hacia primavera, aunque persisten condiciones restrictivas del ambiente.

#### 1.1.3 Biomasa de algarrobos

La estructura poblacional presenta área basal total baja, con una fracción importante concentrada en pocos individuos de mayor tamaño. La biomasa aérea total reportada para el último monitoreo trimestral del

semestre se estima en 8.606,74 kg, concentrándose mayoritariamente en individuos vivos y con una alta contribución de pocos ejemplares grandes. Entre julio y octubre se registró una disminución leve de la biomasa total, con variaciones principalmente asociadas a la fracción viva. Estos patrones son consistentes con la alta heterogeneidad estructural de la población y con respuestas estacionales.

## 1.2 Evaluación de ejemplares de *Neltuma alba* (algarrobo) con sistema de riego

El programa de riego contempla 37 individuos (principalmente serie A y algunos de serie C). En el segundo semestre se observa una mejora en vigor y copa viva en el conjunto de individuos con riego, coherente con el avance estacional y con el aporte hídrico. Se detectaron fallas puntuales (filtraciones y desperfectos en goteros/tuberías), las cuales fueron subsanadas; no obstante, este tipo de eventos podría generar efectos localizados en individuos cercanos en los períodos en que ocurren.

## 1.3 Caracterización de la flora y vegetación

La quebrada presenta una baja proporción de superficie vegetada (~10%) respecto del total, dominada por formaciones de matorral, con *Tessaria absinthioides* como una de las formaciones relevantes. Entre julio y octubre se registran variaciones menores de superficie por formación, y una mejora en la vitalidad de las unidades de vegetación hacia octubre (mayor proporción en Crecimiento normal), junto con un desplazamiento del follaje hacia categorías de mayor cobertura y un aumento de registros de floración hacia primavera.

Durante 2025 se registró una riqueza acotada y coberturas bajas, con predominio de especies arbustivas adaptadas a condiciones áridas; *Tessaria absinthioides* se mantiene como una de las especies más frecuentes/dominantes. La variación entre campañas es baja, dentro de rangos observados históricamente, y parte de la incertidumbre se asocia al componente cualitativo del método de evaluación.

## 1.4 Parámetros del suelo

El CHS mensual mostró valores consistentemente bajos en el semestre (promedio semestral de 0,72%), con tendencia a disminuir desde invierno hacia primavera; el riego incrementa la humedad respecto de individuos sin riego, aunque los valores se mantienen bajos, evidenciando disponibilidad hídrica limitada en el sistema.

En el monitoreo trimestral, el pH se mantiene alcalino y se observa un aumento de muestras con pH muy alcalino hacia octubre. La CE muestra un patrón espacial consistente, con valores más elevados hacia sectores cercanos al salar, y una tendencia general a disminuir entre julio y octubre, salvo comportamientos locales particulares.

En síntesis, en el segundo semestre de 2025 se evidencia una recuperación estacional en los atributos biológicos (vitalidad, copa viva y fenología) tanto en algarrobos como en unidades vegetacionales, sin perder de vista que el sistema se desarrolla bajo restricciones hídricas estructurales. El riego contribuye a sostener condiciones más favorables en individuos intervenidos, mientras que la presión por ramoneo se mantiene como un factor relevante para la condición de individuos, especialmente en las series A, B, C y D.

**Comentado [EQ1]:** Se sugiere indicar los valores promedios y umbral de bajo como referencia

**Comentado [CA2R1]:** Se incorpora valor del promedio semestral

## 2. Introducción

El presente informe, elaborado por Geobiota, abarca los resultados del monitoreo realizado durante el segundo 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 Sur<sup>1</sup>, Catálogo de Plantas nativas del Herbario de la Universidad de Concepción<sup>2</sup>, IPNI<sup>3</sup>) 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 498 ejemplares monitoreados hasta diciembre de 2025. La serie A<sup>4</sup>, se evalúa anualmente desde 2006 en el marco de la RCA N° 226/2006, mientras que, como parte de la Acción N° 24

<sup>1</sup> 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>

<sup>2</sup> <http://catalogoplantas.udec.cl/?q=catalogo&combine=neltuma+alba>

<sup>3</sup> <https://www.ipni.org/n/77303585-1>

<sup>4</sup> 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.



del Programa de Cumplimiento (PdC) las series B, C y D se monitorean mensualmente desde 2021, incorporándose la serie E en 2022<sup>5</sup>.

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	Trimestral	Laboratorio de Relación Suelo-Agua-Planta Facultad

<sup>5</sup> 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
		Conductancia estomática			de Ciencias Agronómicas Universidad de Chile.
		Variabes dendrométricas	Trimestral		Dr. Gustavo Cruz M. Ing. For. Patricio Tapia.
	Individuos de <i>Netuma alba</i> bajo sistema de riego	Vitalidad	Semanal/Bisemanal		Personal de la Gerencia de Medio Ambiente (GMA), de SQM Salar SpA.
		Porcentaje de copa viva			
	Vegetación de la quebrada de Camar	Estado de los elementos asociado al Sistema de Riego			
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>Netuma alba</i>	Mensual	Julio Agosto Septiembre Octubre Noviembre Diciembre	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:

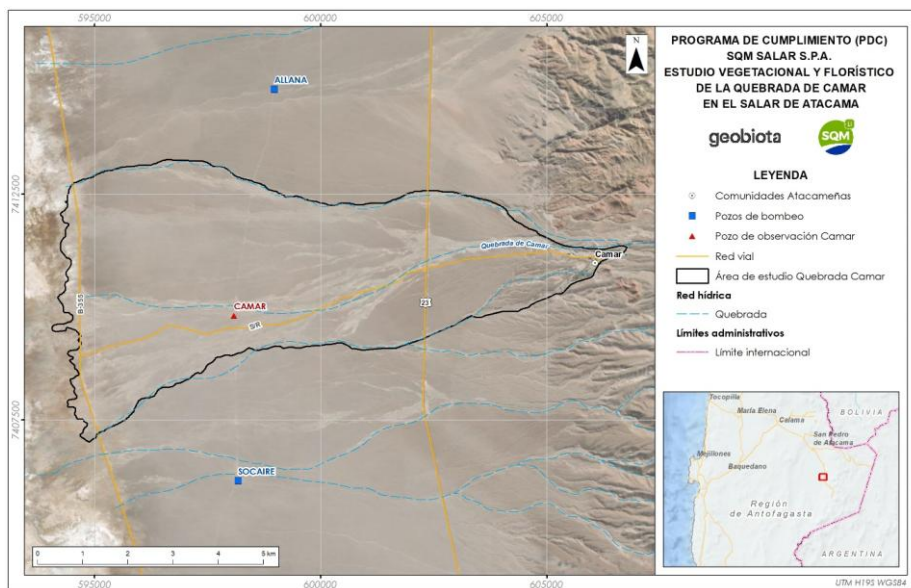
- Censar los individuos de la población de *Neltuma alba* (algarrobo) que se desarrolla en la quebrada de Camar, determinando su estado vital y sanitario a través de la evaluación de los parámetros vitalidad, porcentaje de copa viva, fenología, etapa de crecimiento y tipo de daño (animal o antrópico), 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 medio día, además de la conductancia estomática.
- Estimación de 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. Ubicación del área de estudio



Fuente: geobiota, 2025.

### 4.2 Monitoreo de ejemplares de *Neltuma alba* (algarrobos)

#### 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 factores<sup>6</sup>, por lo que el número de individuos en pie varía mensualmente.

Las ubicación de los ejemplares monitoreados se presenta en la Tabla 4-1, mientras que su ubicación espacial en la Figura 4-2. Es importante destacar que, de la totalidad de ejemplares de *Neltuma alba*, 16 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. Coordenadas UTM (WGS84, Huso 19S) de individuos de *Neltuma alba* monitoreados en la quebrada de Camar

Punto	Este	Norte	Punto	Este	Norte	Punto	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
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

<sup>6</sup> 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. Coordenadas UTM (WGS84, Huso 19S) de individuos de *Neltuma alba* monitoreados en la quebrada de Camar

Punto	Este	Norte	Punto	Este	Norte	Punto	Este	Norte
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
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

Tabla 4-1. Coordenadas UTM (WGS84, Huso 19S) de individuos de *Neltuma alba* monitoreados en la quebrada de Camar

Punto	Este	Norte	Punto	Este	Norte	Punto	Este	Norte
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
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

Tabla 4-1. Coordenadas UTM (WGS84, Huso 19S) de individuos de *Neltuma alba* monitoreados en la quebrada de Camar

Punto	Este	Norte	Punto	Este	Norte	Punto	Este	Norte
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
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

Tabla 4-1. Coordenadas UTM (WGS84, Huso 19S) de individuos de *Neltuma alba* monitoreados en la quebrada de Camar

Punto	Este	Norte	Punto	Este	Norte	Punto	Este	Norte
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
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

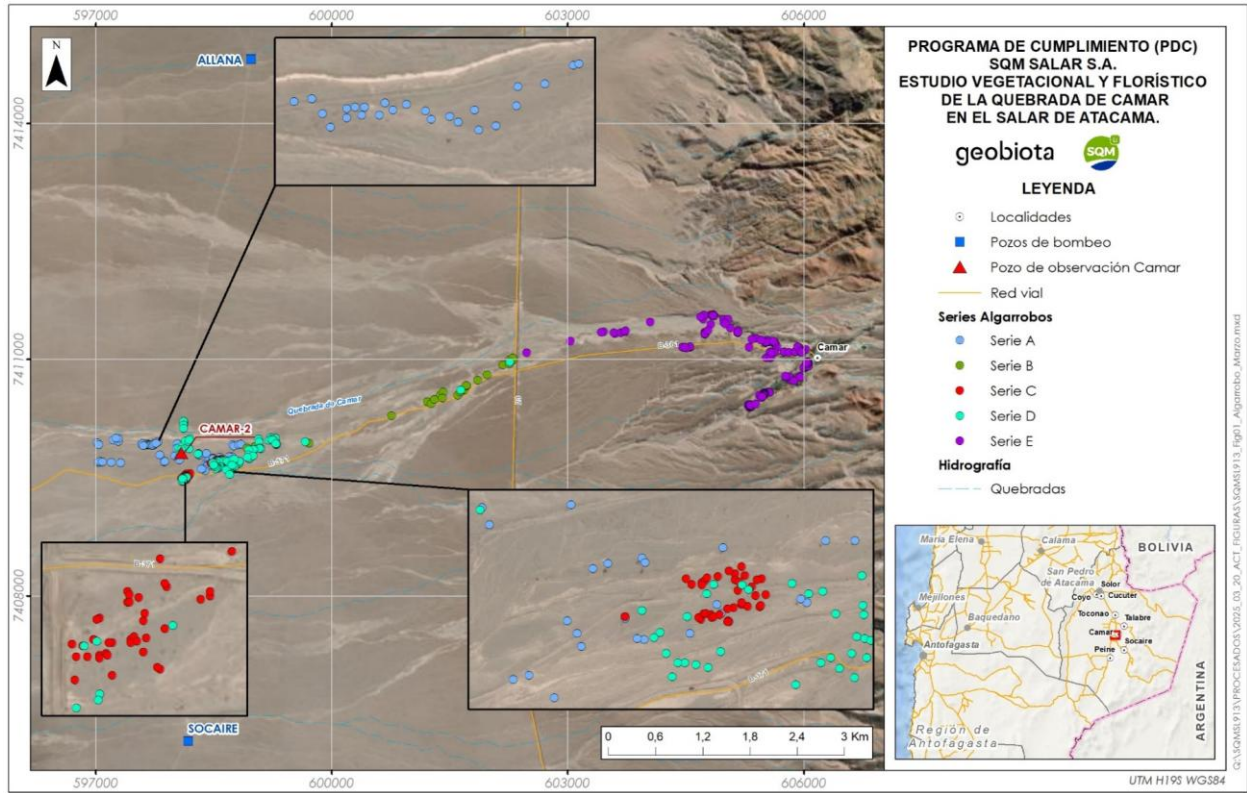
Tabla 4-1. Coordenadas UTM (WGS84, Huso 19S) de individuos de *Neltuma alba* monitoreados en la quebrada de Camar

Punto	Este	Norte	Punto	Este	Norte	Punto	Este	Norte
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
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 en la quebrada de Camar



Fuente: geobiota, 2025.



#### 4.2.1.1 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, serie C (un individuo), serie D (un individuo) y serie AX (dos individuos).

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° 287 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.

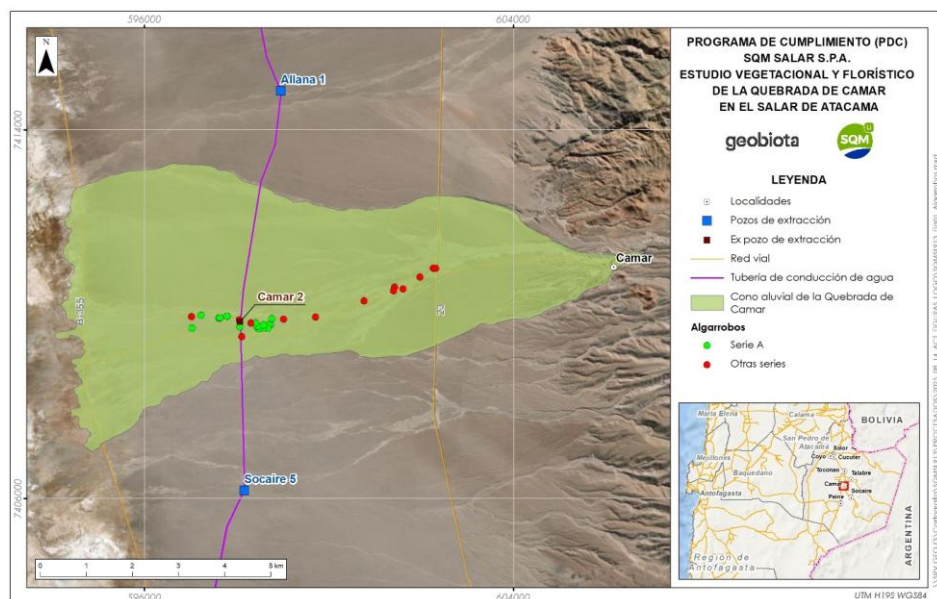
Tabla 4-2. Individuos de *Neltuma alba* con mediciones fisiológicas (potencial hídrico y conductancia estomática) y condición de riego

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

Fuente: geobiota, 2025.

<sup>7</sup> Implementar programa de riego de los algarrobos que forman parte del monitoreo comprometido en la RCA N° 226/2006.

Figura 4-3. Ubicación de los ejemplares de *Neltuma alba* con mediciones de potencial hídrico y conductancia estomática

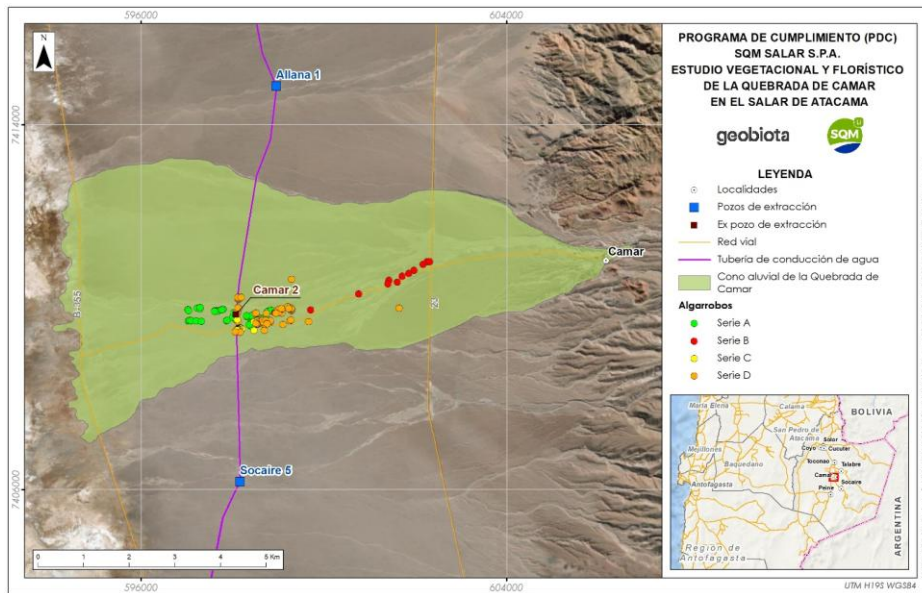


Fuente: geobiota, 2025.

#### 4.2.1.2 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, además su distribución espacial se presenta en la Figura 4-4.

Figura 4-4. Ubicación de los ejemplares de *Neltuma alba* con mediciones de variables dendrométricas y estimación de la 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	Medición en terreno de variables dendrométricas
	Etapas de crecimiento	
	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"

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: geobiota, 2025.

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 cumplimiento<sup>8</sup>, 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 producen

<sup>8</sup> "Estudio Vegetacional y florístico de la Quebrada de Camar en el Salar de Atacama". Anexo 2.11 del Programa de cumplimiento.

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

Código	Etapa de crecimiento	Criterio
		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 desarrolló 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 CO<sub>2</sub> y humedad. La conductancia estomática es la velocidad de paso de CO<sub>2</sub> 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:

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

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

#### 4.2.3.3 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 (m<sup>2</sup>).
- Área de copa (Acopa) (m<sup>2</sup>).

- Volumen de copa (Vc) (m<sup>3</sup>).

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 0,015m<sup>3</sup>, (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* (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. Coordenadas UTM (Datum WGS84 Huso 19S) de ejemplares de *Neltuma alba* bajo sistema de riego, quebrada de Camar

N°	ID	Este	Norte	N°	ID	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



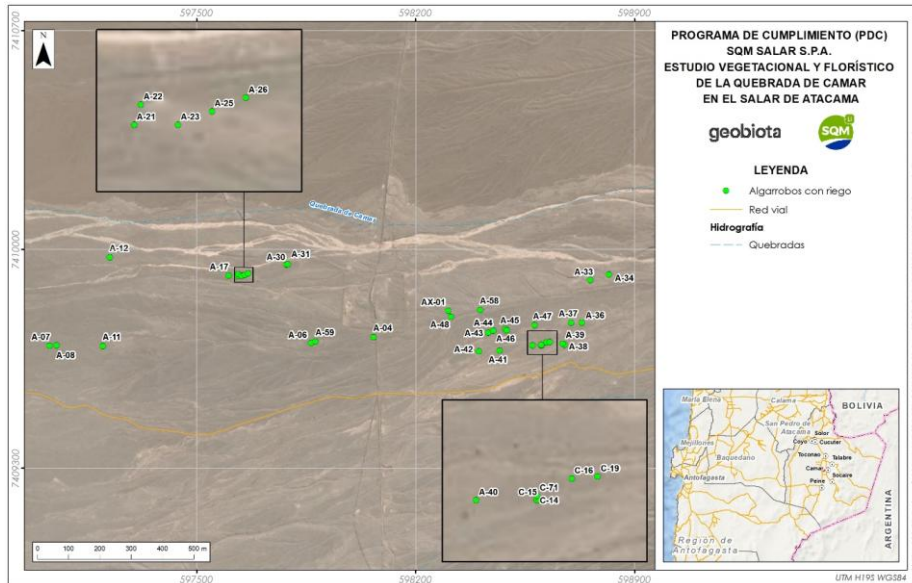
Tabla 4-9. Coordenadas UTM (Datum WGS84 Huso 19S) de ejemplares de *Neltuma alba* bajo sistema de riego, quebrada de Camar

N°	ID	Este	Norte	N°	ID	Este	Norte
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 los individuos de *Neltuma alba* con riego, 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.

#### 4.3.2.1 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 flora<sup>9</sup>), las que corresponden a un punto 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. Coordenadas UTM (Datum WGS84 Huso 19S) de las estaciones de monitoreo de vegetación y flora en la quebrada de Camar

Punto	Este	Norte	Punto	Este	Norte	Punto	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
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

<sup>9</sup> 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. Coordenadas UTM (Datum WGS84 Huso 19S) de las estaciones de monitoreo de vegetación y flora en la quebrada de Camar

Punto	Este	Norte	Punto	Este	Norte	Punto	Este	Norte
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. Ubicación de las estaciones de monitoreo de vegetación y flora en la quebrada de Camar

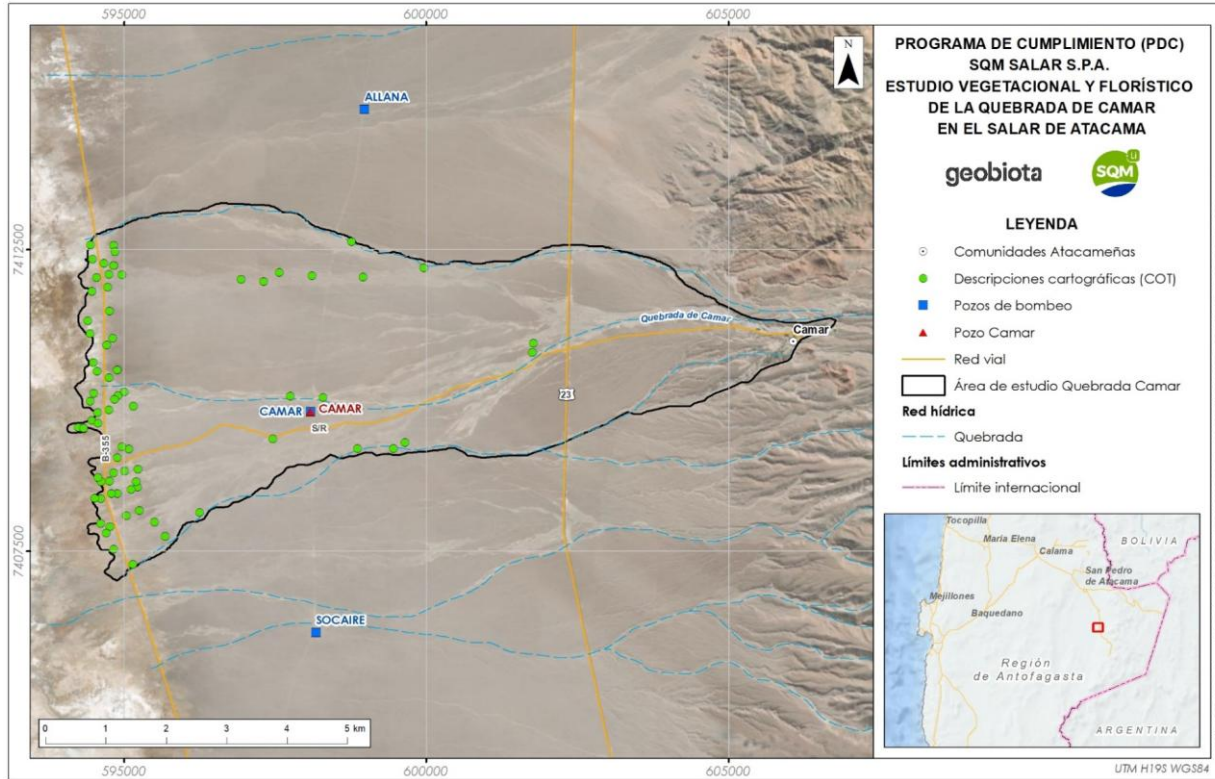


Tabla 4-11. Esfuerzo de muestreo campañas segundo semestre 2025

Formación vegetacional	N° de observaciones julio 2025		N° de observaciones Octubre 2025	
	Vegetación	Flora	Vegetación	Flora
Matorral de Tessaria absinthioides	43	129	42	126
Matorral de Tiquilia atacamensis	5	15	1	3
Matorral de Atriplex atacamensis - Atriplex imbricata	9	27	9	27
Matorral de Aloysia deserticola - Ephedra multiflora	6	18	6	18
Pradera de Distichlis spicata	0	0	0	0
Bosque de Neltuma alba	0	0	0	0
Zona de vegetación escasa	13	36	17	51
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. Estado de vitalidad y sanitario	Carta de Ocupación de Tierras Descripción visual
Flora	Abundancia de especies Riqueza de especies	3 transectos lineales por estación de monitoreo

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 Pisoteo/Compactación del Suelo Nidificación/Refugio Plagas/patógenos	Antrópica	Contaminación Tráfico Vehicular Tráfico humano 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

**Etapa 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 Atacama<sup>10</sup>

**Etapa II: Elaboración de la cartografía preliminar de vegetación.** Se efectuó un proceso de fotointerpretación de imágenes satelitales y segmentación de unidades cartográficas (unidades de vegetación homogéneas, UVH o 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 Pléiades. La escala de trabajo utilizada fue de 1:10.000, con una resolución de 2 m para la banda multiespectral y 0,5 m la pancromática, alcanzando en el fusionado (pansharpening) una resolución de 0,5 m.

**Etapa 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.

<sup>10</sup> 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 encuentren.

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".

**Etapa 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:

- 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.

- b. Análisis de altura: para caracterizar los distintos tipos biológicos segregados, se analizó la información de altura para las distintas estratas de la vegetación.
- c. 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.

**Etapa 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.

**Etapa 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 período 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

Tabla 4-17. Coordenadas UTM (Datum WGS84 Huso 19S) del monitoreo mensual de contenido de humedad del suelo

N	N° árbol	Este	Norte	N	N° árbol	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
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

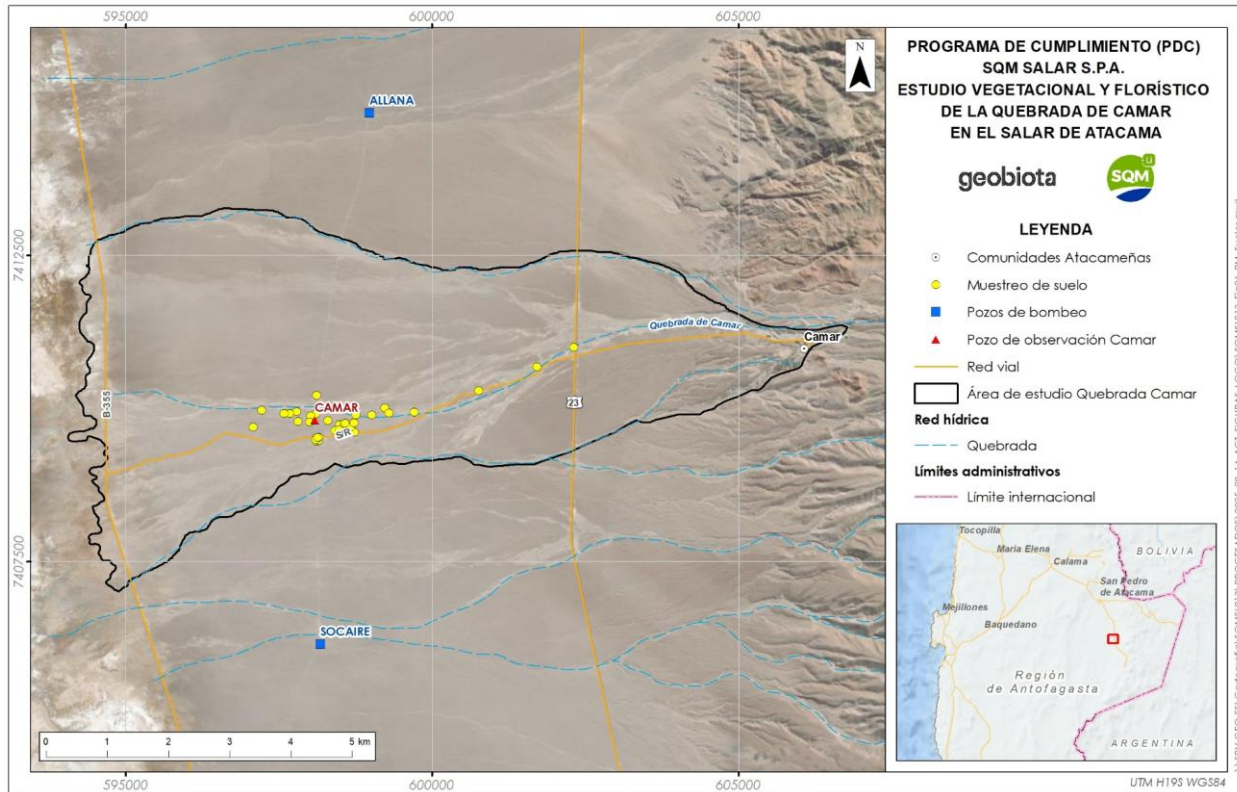


Tabla 4-17. Coordenadas UTM (Datum WGS84 Huso 19S) del monitoreo mensual de contenido de humedad del suelo

N	N° árbol	Este	Norte	N	N° árbol	Este	Norte
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 las estaciones de monitoreo mensual de contenido de humedad de suelo en la quebrada de Camar



Fuente: geobiota, 2025.



#### 4.5.1.1 Monitoreo trimestral (CHS, pH y CE)

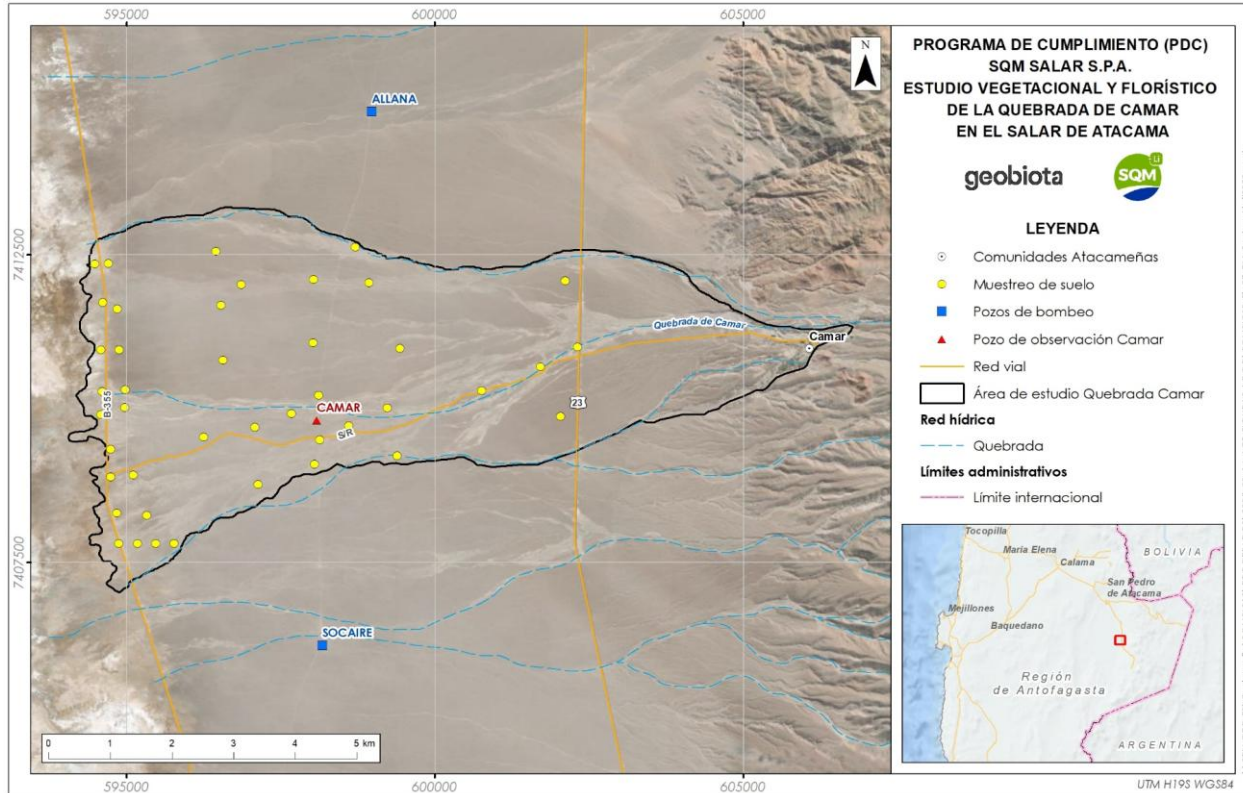
En el caso del monitoreo trimestral, el muestreo se realiza en los alrededores de algunos individuos de algarrobos y, además, se incorporan puntos de muestreo en la zona donde hay mayor desarrollo de vegetación, en el sector más bajo de la quebrada, totalizando en 43 muestras, tal como se establece en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

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

Punto	Este	Norte	Punto	Este	Norte	Punto	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 Ubicación de las estaciones de monitoreo trimestral de CHS, pH y CE en la quebrada de Camar



Fuente: geobiota, 2025



#### 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 Chile<sup>11</sup>, autorizada como Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA) para la toma de muestras de suelo<sup>12</sup>. 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 4-20 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
Censo individuos <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
Variabes dendrométricas	Forcípula

<sup>11</sup> Código ETFA 029-03.

<sup>12</sup> A partir de mayo 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
	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 los censos de *Neltuma alba* en el segundo semestre de 2025

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreo algarrobos - julio 2025	28/07/2025 - 31/07/2025
Monitoreo algarrobos - agosto 2025	26/08/2025 - 29/08/2025
Monitoreo algarrobos - septiembre 2025	23/09/2025 - 25/09/2025
Monitoreo algarrobos - octubre 2025	28/10/2025 - 30/10/2025
Monitoreo algarrobos - noviembre 2025	25/11/2025 - 27/11/2025
Monitoreo algarrobos - diciembre 2025	16/12/2025 - 18/12/2025

Fuente: geobiota, 2025.



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

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreo algarrobos - julio 2025	04/07/2025 - 18/07/2025
Monitoreo algarrobos - agosto 2025	02/08/2025 - 15/08/2025
Monitoreo algarrobos - septiembre 2025	06/09/2025 - 14/09/2025 - 27/09/2025
Monitoreo algarrobos - octubre 2025	03/10/2025 - 11/10/2025 - 17/10/2025 - 25/10/2025 - 31/10/2025
Monitoreo algarrobos - noviembre 2025	08/11/2025 - 15/11/2025 - 20/11/2025 - 29/11/2025
Monitoreo algarrobos - diciembre 2025	05/12/2025 - 13/12/2025 - 20/12/2025 - 27/12/2025

Fuente: GMA SQM Salar, 2025.

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

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreo fisiología - julio 2025	23/07/2025 - 25/07/2025
Monitoreo fisiología - octubre 2025	22/10/2025 - 24/10/2025

Fuente: geobiota, 2025.

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

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreo variables dendrométricas - julio 2025	08/07/2025 - 10/07/2025
Monitoreo variables dendrométricas - octubre 2025	08/10/2025 - 09/10/2025

Fuente: geobiota, 2025.

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

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreo flora y vegetación - julio 2025	22/07/2025 - 25/07/2025
Monitoreo flora y vegetación - octubre 2025	22/10/2025 - 24/10/2025

Fuente: geobiota, 2025

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

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreo mensual CHS - julio 2025	29/07/2025 - 30/07/2025
Monitoreo mensual CHS - agosto 2025	21/08/2025



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

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreo mensual CHS - septiembre 2025	23/09/2025
Monitoreo mensual CHS - octubre 2025	10/10/2025
Monitoreo mensual CHS - noviembre 2025	26/11/2025
Monitoreo mensual CHS - diciembre 2025	16/12/2025
Monitoreo trimestral CHS, pH y CE - julio 2025	29/07/2025 - 31/07/2025
Monitoreo trimestral CHS, pH y CE - octubre 2025	29/10/2025 - 30/10/2025

Fuente: geobiota, 2025.

## 5. Resultados

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

**Comentado [EQ3]:** Corregir a segundo semestre de 2025

**Comentado [CA4R3]:** Corregido

### 5.1 Monitoreo de vitalidad de ejemplares de *Neltuma alba* (algarrobo)

Durante las prospecciones realizadas entre julio y diciembre de 2025, se han incorporado 10 individuos nuevos al monitoreo, aumentando el universo de 488 individuos monitoreados en julio 2025 a 498 individuos de algarrobos hasta la fecha (diciembre de 2025). Este número total de individuos se desglosa en: individuos en pie (365), desaparecidos (112), individuos *Strombocarpa tamarugo* (18) y trasladados (3). Los individuos en pie corresponden a: 60 individuos de la serie A, 12 individuos de la serie B, 52 individuos de la serie C, 68 individuos de la serie D y 173 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 10 individuos que se han incorporado durante este período, uno corresponde a la serie D al ubicarse al oeste de la ruta internacional y 9 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: etapa de crecimiento, vitalidad, porcentaje de copa viva, fenología, y daño, de la población de algarrobos en la quebrada de Camar. La base datos obtenida en las campañas de monitoreo del segundo semestre del año 2025 se presentan en el Anexo 1.

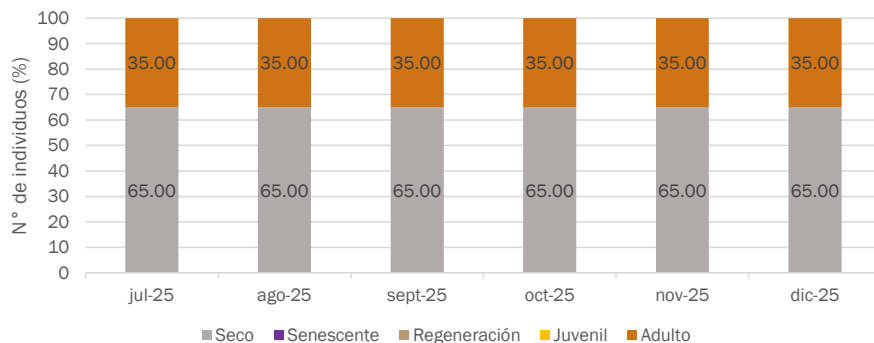
**Comentado [EQ5]:** Se sugiere confirmar que la base de datos corresponde al segundo semestre de 2025

**Comentado [CA6R5]:** Se corrobora que la base de datos utilizada corresponde al segundo semestre de 2025. Únicamente faltaba corregir el texto.

#### 5.1.1 Etapa de crecimiento

En la Figura 5-1 se presenta la variación mensual en las categorías de etapa de crecimiento de la serie A comprendidas entre el período de julio – diciembre 2025. Se observa que esta serie se compone principalmente de individuos adultos, cuyas variaciones se dan cuando algunos ejemplares pasan a estado Seco o Senescente, lo cual no ha sido observado este semestre. Durante todos los meses los ejemplares secos (65%) predominan sobre los ejemplares adultos (35%).

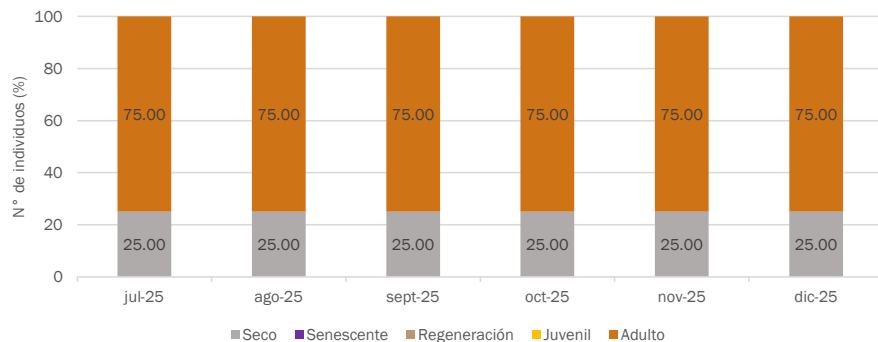
Figura 5-1. Variación mensual de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie A



Fuente: geobiota, 2025.

Respecto a la serie B (Figura 5-2), 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% de representatividad, por sobre los individuos secos con un 25%. Como ya se mencionó, la serie B está compuesta únicamente por 12 individuos en pie.

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



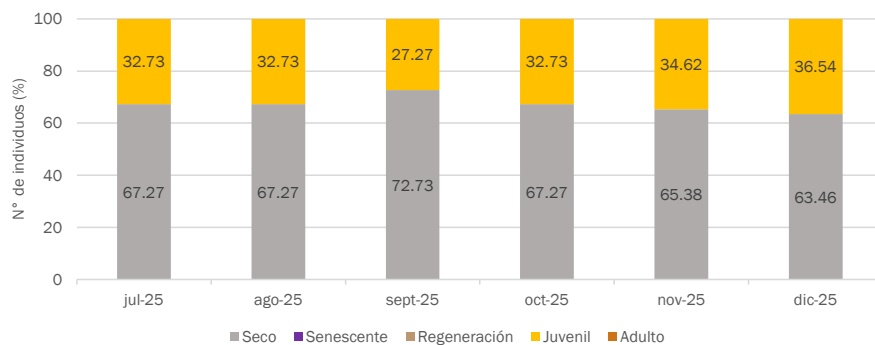
Fuente: geobiota, 2025.

Los individuos de la serie C (Figura 5-3), varían durante el semestre entre ejemplares secos y juveniles, con un promedio semestral de 67,23% y 32,77% respectivamente. Se observa que la proporción de ejemplares juveniles no presenta grandes variaciones oscilando entre 27,27% y 36,54%. 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 una tendencia a la disminución de los individuos juveniles



y, en consecuencia, un aumento de los individuos secos durante los meses de la temporada invernal. No obstante, esta tendencia se revierte en primavera, cuando los individuos juveniles alcanzan su valor máximo hacia diciembre, con una participación de 36,54%.

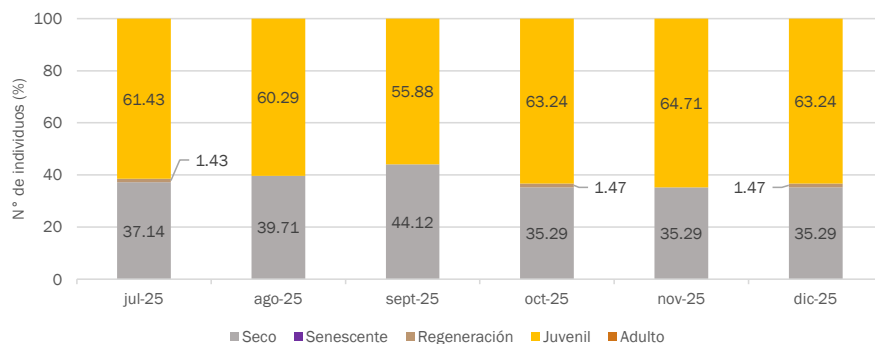
Figura 5-3. Variación mensual de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie C



Fuente: geobiota, 2025.

Se observa que los individuos de la serie D son principalmente juveniles (Figura 5-4), registrando un promedio semestral de 61,46% y variando entre un 55,88% y 64,71%. Por otra parte, no se registraron individuos adultos o senescentes en todo el periodo. Se registra un 1,43% de regeneración en julio, mientras que un 1,47% en octubre y noviembre, correspondiente en cada caso a un solo individuo.

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



Fuente: geobiota, 2025.

La serie E (Figura 5-5), al incluir un mayor número de ejemplares, presenta una mayor diversidad en su composición etaria, siendo la única que presenta individuos en todas las categorías evaluadas. La mayoría de los árboles pertenece a la categoría Adulto (promedio 62,26%), situación que se mantiene estable a lo largo del

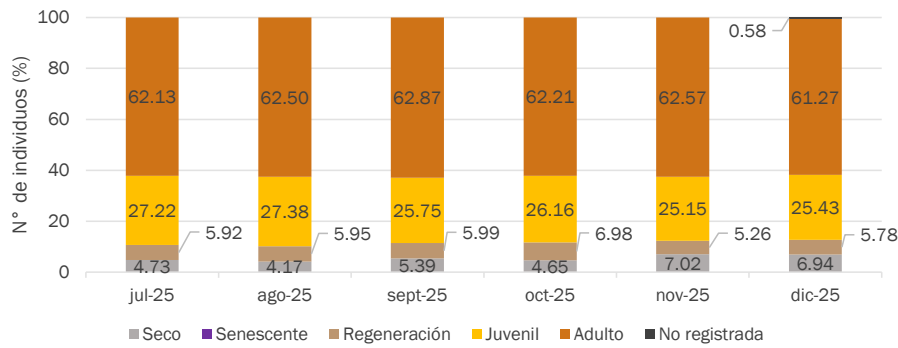


semestre. En segundo lugar, están los ejemplares juveniles (promedio 26,18%), seguido de la Regeneración (promedio 5,98%), la cual se concentra principalmente bajo la sombra de los árboles adultos, lo que propicia un entorno favorable para su desarrollo inicial, y finalmente se encuentran los individuos secos (promedio 5,48%).

**Comentado [EQ7]:** Se sugiere revisar redacción, ya que, puede parecer contradictorio que se menciona mayor diversidad etaria cuando en la serie predominan individuos adultos con un 62,26%

**Comentado [CA8R7]:** Se mejora la redacción para especificar que se considera a la serie como diversa en términos etarios, ya que es la única que presenta individuos en todas las etapas de crecimiento, independientemente que predominen los individuos adultos.

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



Fuente: geobiota, 2025.

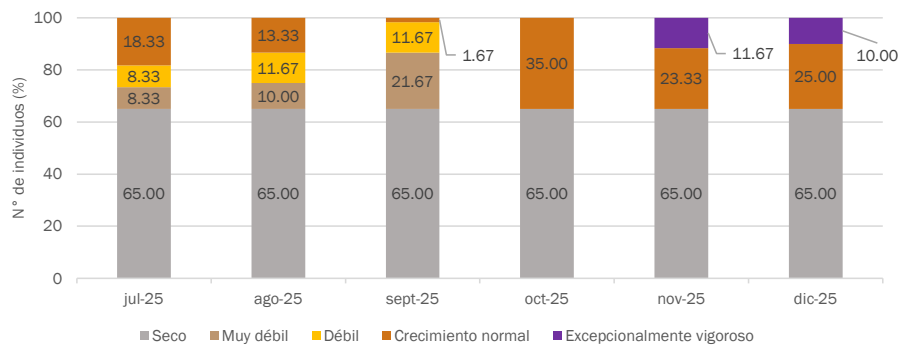
### 5.1.2 Vitalidad

Con respecto a la vitalidad de los ejemplares de algarrobos de la serie A (Figura 5-6), el porcentaje de individuos categorizados como secos en el segundo semestre de 2025 se mantuvo constante con un 65%. Cabe destacar que, se consideran individuos secos aquellos que no presentan follaje verde ni estructuras reproductivas de ningún tipo.

Los individuos clasificados en estado Débil y Muy débil presentan un aumento durante la primera mitad del semestre, llegando a representar en conjunto un 33% del total en el mes de septiembre. No obstante, en los meses siguientes se observa una mejora en la condición general de los individuos, reflejada en un incremento de la categoría Crecimiento normal (35% en octubre) y en la aparición de la categoría Excepcionalmente vigoroso en los dos últimos monitoreos, con valores de 11,67% en noviembre y 10% en diciembre.



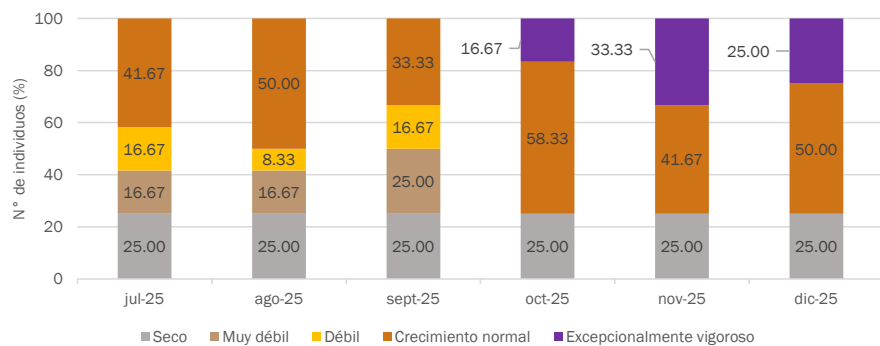
Figura 5-6. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie A



Fuente: geobiota, 2025.

Respecto a la serie B (Figura 5-7), el porcentaje de individuos secos durante el segundo semestre de 2025 no presenta variaciones, manteniéndose constante entre julio y diciembre en un 25%. Al igual que en la serie A, las categorías Muy débil y Débil se registran exclusivamente durante la primera mitad del semestre, alcanzando en conjunto un máximo de 41,67% en septiembre. Por su parte, la categoría más representativa corresponde a Crecimiento normal, la cual presentó fluctuaciones entre 33,33% y 58,83%, alcanzando un 50% en el último monitoreo. La categoría Excepcionalmente vigoroso se registró hacia el final del semestre, con valores que oscilaron entre 16,67% y 33,33%. Cabe destacar que dentro de esta categoría se incluyen los individuos B21, B17, B11 y B09, considerados árboles “madre” o “plus” por la comunidad de Camar, debido a su gran altura y vigor de crecimiento, además de ser los ejemplares que aportan la mayor cantidad de semillas.

Figura 5-7. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie B

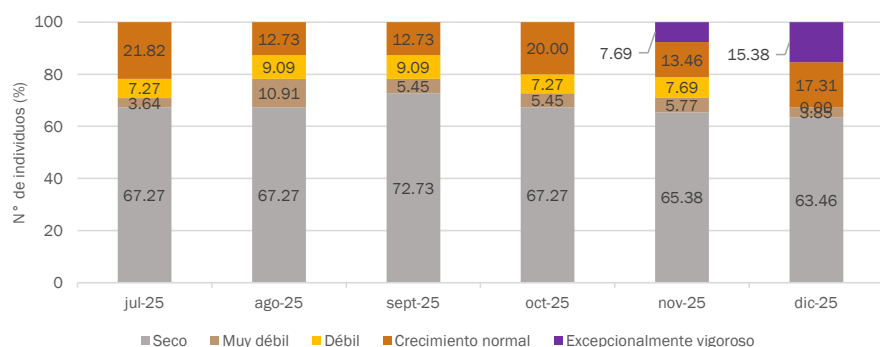


Fuente: geobiota, 2025.



Respecto a la serie C (Figura 5-8), a lo largo del segundo semestre los ejemplares secos presentaron un descenso progresivo, desde un 67,27% registrado en julio hasta un 63,46% en diciembre de 2025. En cuanto a la categoría Muy débil, esta mostró variaciones mensuales, alcanzando su valor máximo en agosto (10,91%) y el mínimo en julio (3,64%). La categoría Débil muestra un aumento desde julio (7,27%) a septiembre (9,09%), seguido de un descenso hasta no registrar ejemplares en diciembre de 2025. Por su parte, la categoría Crecimiento normal osciló entre 12,73% y 21,82%, registrando su valor máximo en julio y el mínimo en septiembre, y finalizando el semestre con un 17,31%. Cabe destacar que esta categoría constituye la segunda de mayor representación a lo largo de las campañas, solo superada por la categoría Seco. Finalmente, la categoría Excepcionalmente vigoroso se presentó de manera exclusiva hacia el final del semestre, con una participación de 7,69% en noviembre y 15,38% en diciembre.

Figura 5-8. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie C



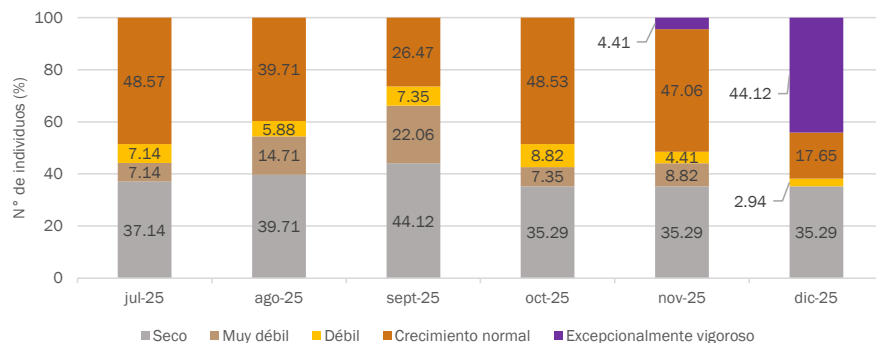
Fuente: geobiota, 2025.

Respecto a la serie D (Figura 5-9), se observa que la proporción de ejemplares secos aumenta durante el período invernal, alcanzando un máximo de 44,12% en septiembre. Posteriormente, esta proporción disminuye hacia el final del semestre, hasta alcanzar un 35,29%. Los ejemplares clasificados en la categoría Muy débil presentan un comportamiento similar, con incrementos en septiembre (22,06%) y un descenso progresivo en los meses siguientes, hasta no registrarse individuos en este estado en diciembre.

La categoría Débil oscila entre 2,94% y 8,82%, con su valor máximo en octubre y el mínimo en diciembre. Por su parte, los individuos con Crecimiento normal predominan en julio (48,57%), disminuyen hacia septiembre (26,47%) y luego aumentan nuevamente durante la primavera, disminuyendo solo cuando comienzan a registrarse ejemplares Excepcionalmente vigorosos hacia el final del semestre, los cuales alcanzan una participación de 4,41% en noviembre y 44,12% en diciembre.



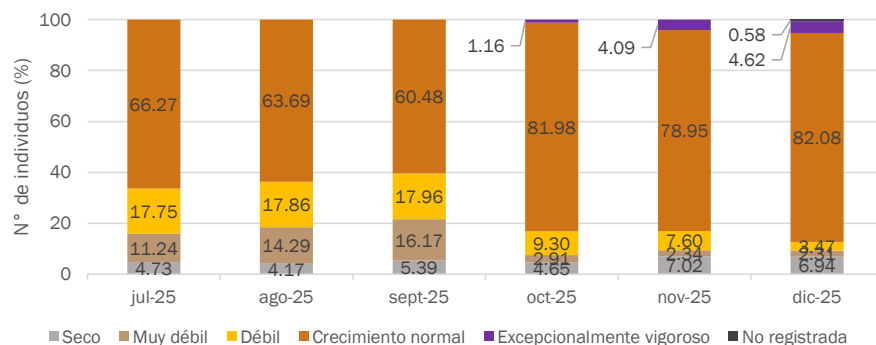
Figura 5-9. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie D



Fuente: geobiota, 2025.

Respecto a la serie E (Figura 5-10), los ejemplares secos se presentan en baja proporción a lo largo del semestre, con valores que oscilan entre 4,17% y 7,02%. Por su parte, los individuos en las categorías Débil y Muy débil se concentran principalmente en la primera mitad del semestre, alcanzando sus máximos en septiembre, con participaciones de 17,96% y 16,17%, respectivamente. En contraste, los valores mínimos de ambas categorías se registran en diciembre, con un 3,47% y 3,31% de participación. La categoría Crecimiento normal corresponde a la de mayor proporción de individuos, con un promedio de 72,24% durante el segundo semestre de 2025, aunque presenta fluctuaciones a lo largo del período, variando entre 60,48% y 82,08%. Finalmente, la categoría Excepcionalmente vigoroso se registra en los meses de octubre, noviembre y diciembre, con participaciones de 1,16%, 4,09% y 4,62%, respectivamente.

Figura 5-10. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie E



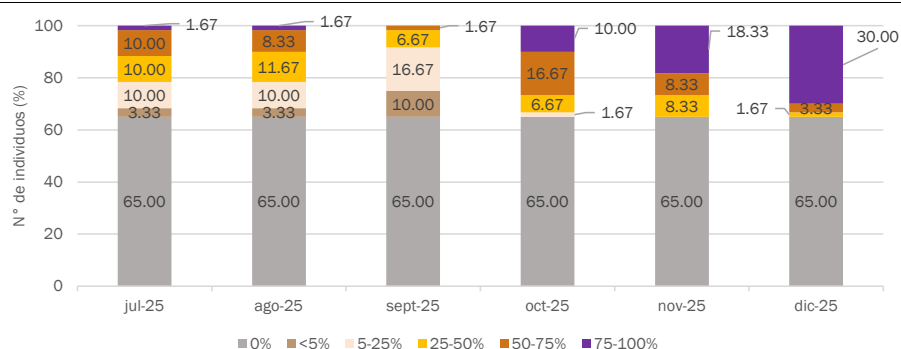
Fuente: geobiota, 2025.



### 5.1.3 Copa viva

En la Figura 5-11, se muestra la proporción de individuos de la serie A según categorías de porcentaje de copa viva (%CV) durante el segundo semestre de 2025. Los individuos sin copa viva no presentan variaciones a lo largo del semestre, manteniéndose constantes en un 65%. En julio de 2025 se observa una distribución equitativa entre las categorías 5–25%, 25–50% y 50–75% con un 10% de copa viva cada una. A partir de septiembre, se evidencia un aumento en las categorías de menor cobertura de copa viva (<5% y 5–25%). Posteriormente, en octubre, predomina la categoría 50–75%, mientras que en noviembre y diciembre destaca la categoría 75–100%, alcanzando 18,33% y 30% de ejemplares Excepcionalmente vigorosos, respectivamente.

Figura 5-11. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie A

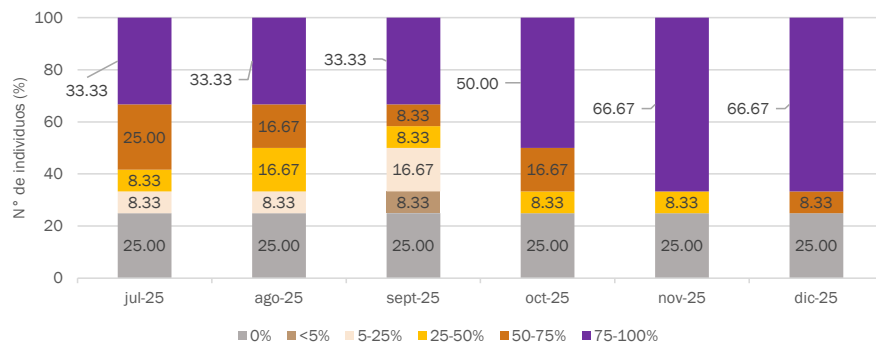


Fuente: geobiota, 2025.

Respecto a la serie B, en la Figura 5-12 se observa que durante el segundo semestre de 2025 los ejemplares sin copa viva no presentan variaciones, manteniéndose constantes con un 25% de participación mensual. La dinámica del porcentaje de copa viva en las restantes categorías es coherente con la transición desde el receso vegetativo invernal hacia condiciones más favorables de primavera-verano. En la primera mitad del semestre (julio a septiembre) se registran individuos en las categorías de menor copa viva (<5% y 5–25%), con un aumento puntual en septiembre, mientras que las categorías intermedias (25–50% y 50–75%) muestran una participación variable. En la segunda mitad del semestre (octubre a diciembre) se evidencia un desplazamiento hacia categorías de mayor vigor, destacando el aumento sostenido de 75–100%, que alcanza 50% en octubre y se estabiliza en 66,67% en noviembre y diciembre, junto con la desaparición de las categorías de menor copa viva, lo que sugiere una recuperación general del follaje.



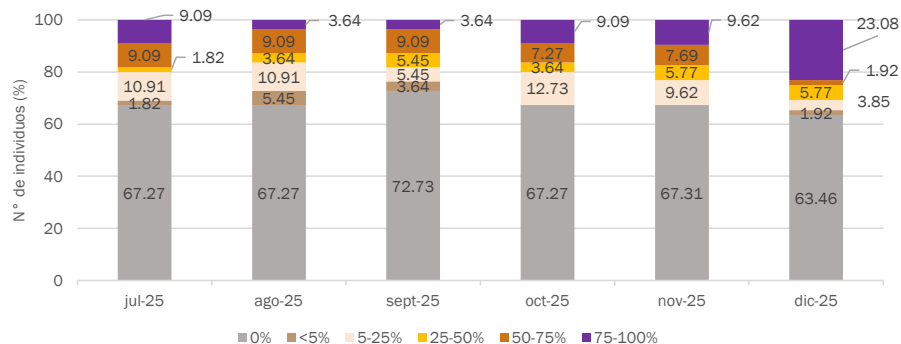
Figura 5-12. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie B



Fuente: geobiota, 2025.

En la Figura 5-13 se presentan los resultados para la serie C del segundo semestre de 2025. En promedio, el 67,55% de los individuos se presenta sin copa verde (0%), correspondiente, en su mayoría, a los individuos que se encuentran secos. De los individuos con algún grado de copa viva, las categorías de baja copa viva (<5% y 5-25%) presentan una participación reducida y fluctuante, con un aumento puntual en agosto y octubre, desapareciendo temporalmente en algunos meses, lo que refleja una respuesta heterogénea entre individuos. Las categorías intermedias (25-50% y 50-75%) muestran valores bajos y sin una tendencia clara, evidenciando una limitada transición hacia estados de mayor vigor. En contraste, la categoría 75-100% registra un incremento hacia el final del semestre, destacando diciembre con un 23,08%, lo que sugiere una recuperación foliar. 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 5-13. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie C



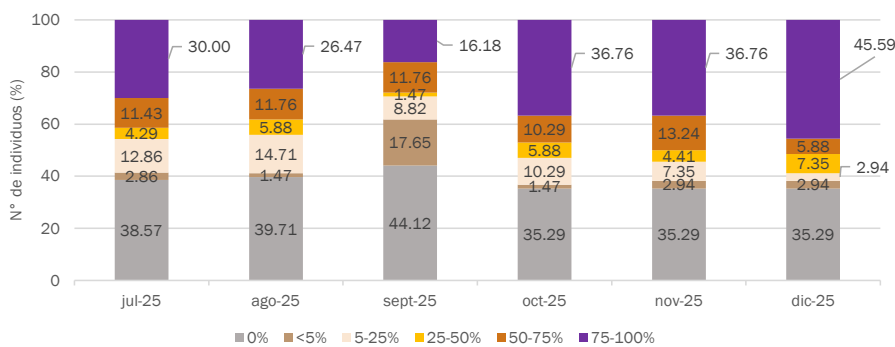
Fuente: geobiota, 2025.

Por otra parte, la serie D (Figura 5-14), muestra una mayor concentración de individuos en las categorías de los extremos, 0% y 75-100%, siendo ambas las de mayor representación durante el segundo semestre de



2025. La categoría 0% tiende a aumentar levemente hacia la época invernal, y marca su punto máximo en el mes de septiembre con 44,12%, pero disminuye hacia la primavera. Por su parte, la categoría 75-100% presenta un comportamiento opuesto, registrando su mínimo en septiembre con 16,18% y un máximo en diciembre con 45,59%. Las categorías 25-50% y 50-75% presentan una baja variación en el periodo. Por su parte, la categoría <5% fluctúa entre 1,47% y 2,94% a excepción del mes de septiembre que registró un máximo de 17,65%.

Figura 5-14. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie D



Fuente: geobiota, 2025.

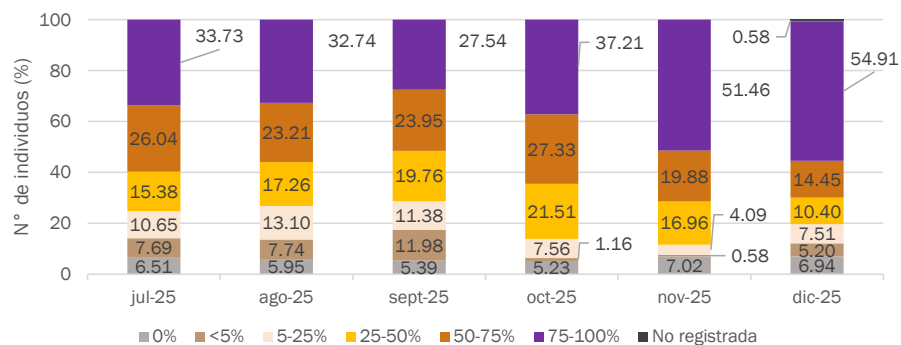
La serie E (Figura 5-15) destaca como aquella con mayor número de individuos monitoreados, con un total de 173 ejemplares en diciembre de 2025. Esta serie presenta a los individuos en mejor estado, es importante señalar, que la mayor parte de individuos de la serie E, corresponde a individuos de gran tamaño presentes en las cercanías del pueblo de Camar. Durante el segundo semestre la categoría dominante corresponde a 75-100% con un promedio del 39,60%, seguida por la categoría 50-75% con un promedio de 22,48%. 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, que posteriormente se recupera durante la época de primavera, donde se presenta el máximo de la categoría 75-100% con 54,91% de participación.

Comentado [EQ9]: Se sugiere indicar la cantidad de individuos

Comentado [CA10R9]: Se acoge sugerencia



Figura 5-15. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie E

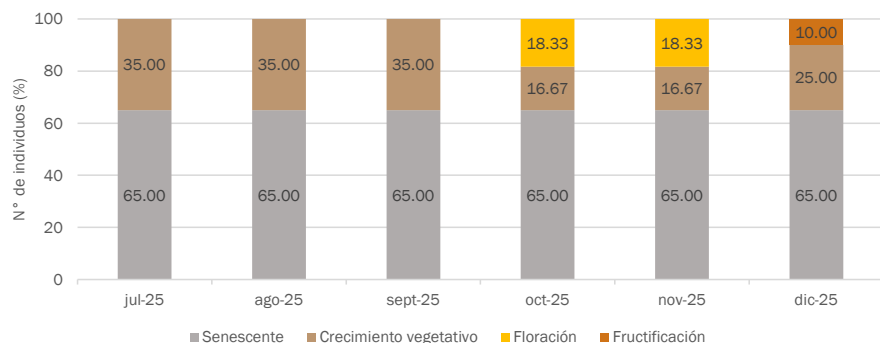


Fuente: geobiota, 2025.

### 5.1.4 Fenología

En la serie A Figura 5-15, el estado de Senescente predomina todo el semestre con un 65%, cabe señalar que estos corresponden a los individuos secos de la serie. La segunda categoría de mayor representación corresponde a Crecimiento vegetativo, con un 35% durante la primera mitad del semestre, la cual disminuye en octubre y noviembre con la aparición de un 18,33% de individuos en Floración. Finalmente, en diciembre un 25% registra Crecimiento vegetativo, y un 10% Fructificación.

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



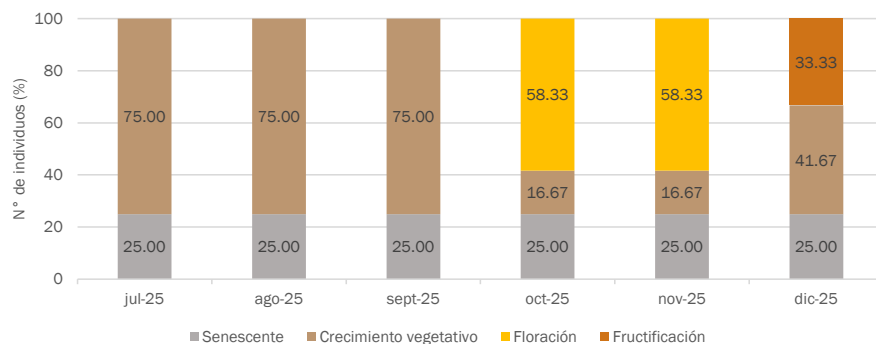
Fuente: geobiota, 2025.

Para la serie B (Figura 5-17), durante los primeros meses del semestre predominan los individuos en Crecimiento vegetativo, con un 75%. Sin embargo, desde octubre, estos disminuyen fuertemente dando paso a un aumento en el registro de individuos en Floración, categoría que predomina hasta noviembre con un 58,33% de representatividad. En el monitoreo de diciembre de 2025, se registró un 33% de individuos en



Fructificación, junto con un 41,67% en Crecimiento vegetativo. Por su parte, la categoría Senescente permanece constante todo el semestre con un 25%, correspondiente a los individuos de vitalidad seca.

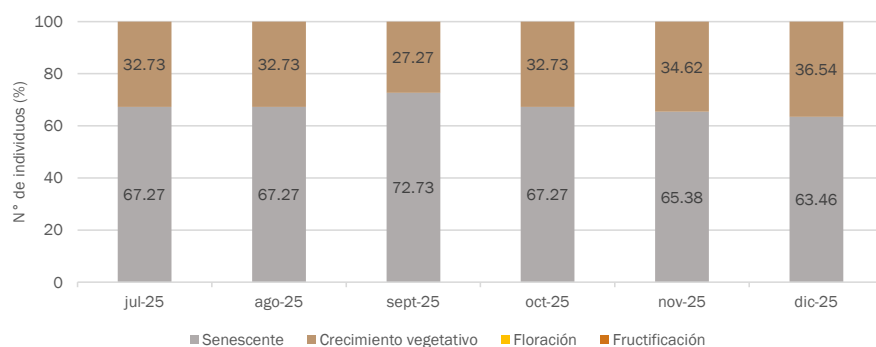
Figura 5-17. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo de la serie B



Fuente: geobiota, 2025.

En la serie C (Figura 5-18), los individuos se distribuyen exclusivamente entre las categorías de Crecimiento vegetativo y Senescente. A lo largo de todo el semestre, la categoría Senescente es claramente predominante, con un promedio de 67,23%, mientras que el Crecimiento vegetativo alcanza en promedio un 32,77%. Durante la temporada invernal se observa una leve disminución del Crecimiento vegetativo, lo que refuerza la dominancia de la condición Senescente en los meses menos favorables. Esta tendencia se revierte hacia la primavera, cuando se registra un ligero incremento del Crecimiento vegetativo.

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



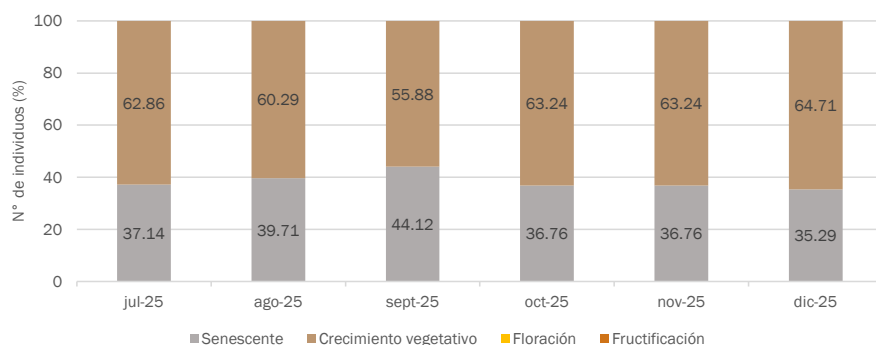
Fuente: geobiota, 2025.

En la serie D (Figura 5-19), se observa un comportamiento similar al registrado en la serie C. Sin embargo, en este caso predomina la categoría Crecimiento vegetativo, con un promedio semestral de 61,70%, por sobre la categoría Senescente, que alcanza una representatividad promedio de 38,30%. Durante la época



invernal se registra una leve disminución del Crecimiento vegetativo, alcanzando un mínimo de 55,88% en julio. Esta tendencia se revierte con la llegada de la primavera, cuando la categoría incrementa su participación hasta un 64,71% en diciembre de 2025.

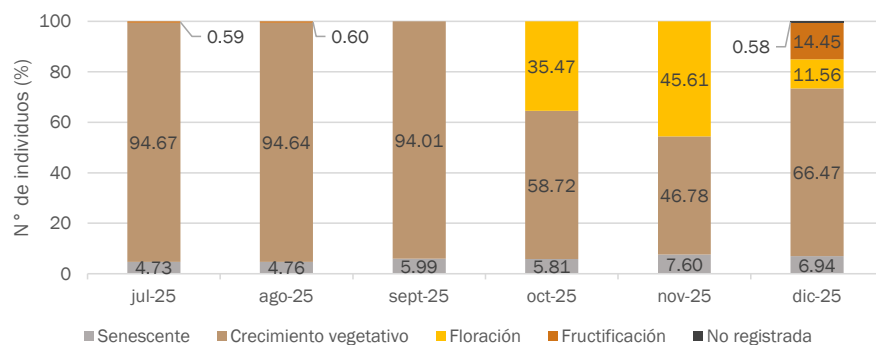
Figura 5-19. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo de la serie D



Fuente: geobiota, 2025.

En la serie E (Figura 5-20), la categoría Crecimiento vegetativo es dominante durante todo el semestre, con una participación promedio de 75,88%, especialmente durante la primera mitad del período, cuando alcanza valores cercanos al 94% hasta septiembre. En la segunda mitad del semestre se observa un aumento marcado de la Floración, la cual alcanza su máximo en noviembre con un 45,61%. La Fructificación se registra únicamente en diciembre, con una participación de 14,45%. Por su parte, la categoría Senescente presenta una baja representatividad, con un promedio de 5,97% y una tendencia poco variable, que alcanza su valor máximo en noviembre con un 7,60%.

Figura 5-20. Variación mensual de la fenología 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 julio a diciembre 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 ( $61,69\% \pm 18,21\%$ ). Se aprecia que durante la primera mitad del semestre la afectación se mantiene estable en  $58,33\%$ , mientras que a medida que avanza el semestre la afectación varía, pasando de un mínimo de  $16,67\%$  en octubre a un máximo de  $66,67\%$  en noviembre. 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, los resultados del censo en la serie A indican que, pese a que el  $65\%$  de los individuos se encuentra en estado seco, una proporción relevante de los árboles que aún conservan algún grado de vitalidad presenta afectación animal. Este tipo de daño se concentra principalmente en la primera parte del semestre, cuando cerca del  $20\%$  de los individuos muestra evidencias de ramoneo. No obstante, a partir de octubre no se registra presencia de este tipo de afectación en la serie.

En las series C y D se observa un patrón similar, donde la mayor cantidad de individuos afectados se da hacia principios del semestre, con cerca de un  $17\%$  de afectación durante la primera mitad para la serie C, y cerca de un  $23\%$  en este mismo periodo para la serie D. Posteriormente, disminuyen en octubre hasta llegar a los valores mínimos en diciembre para ambas series. Se destaca un incremento puntual en la serie D en noviembre, donde un  $17,65\%$  de los individuos presentaron afectación.

La serie E por su parte muestra un patrón distinto, donde si bien los niveles de afectación se mantienen relativamente homogéneos durante la primera mitad del semestre, en el mes de octubre se reduce considerablemente la afectación, la cual va aumentando hacia diciembre hasta alcanza un  $17,34\%$ . 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

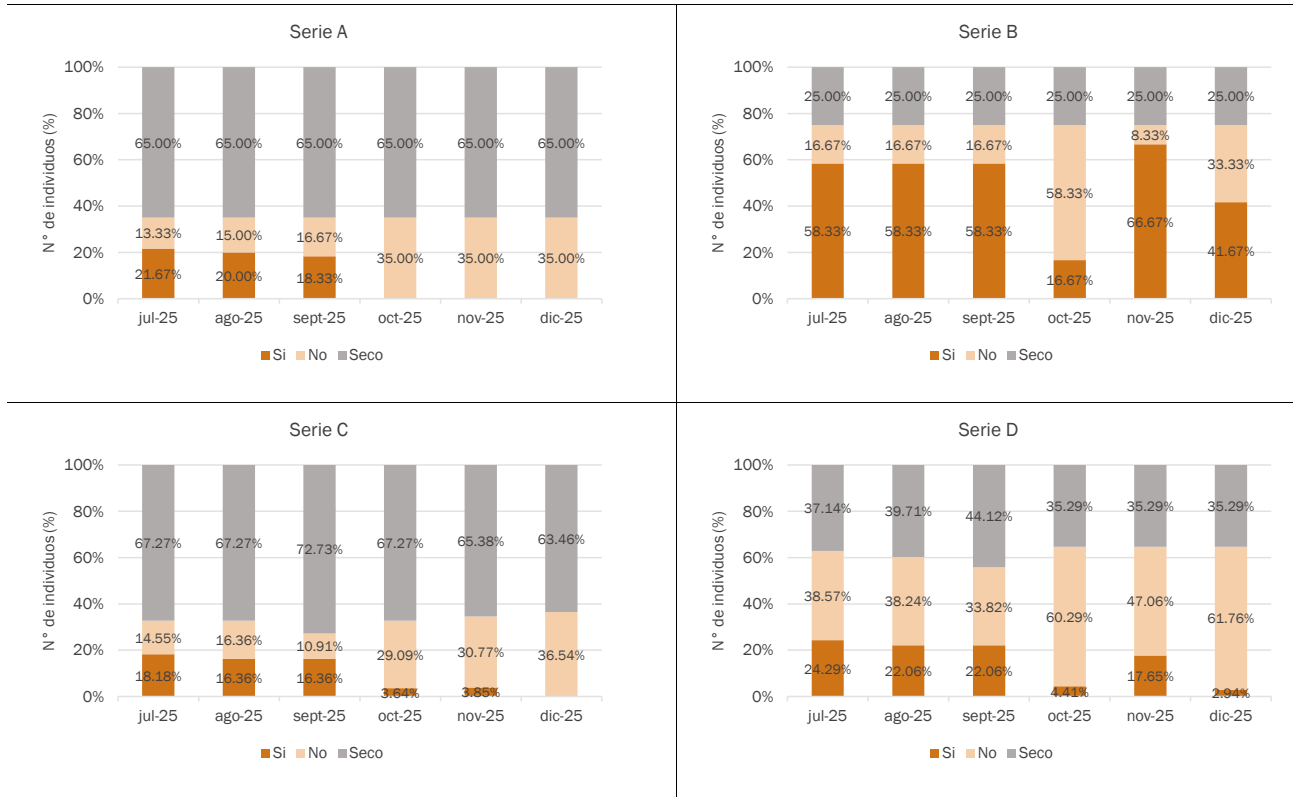
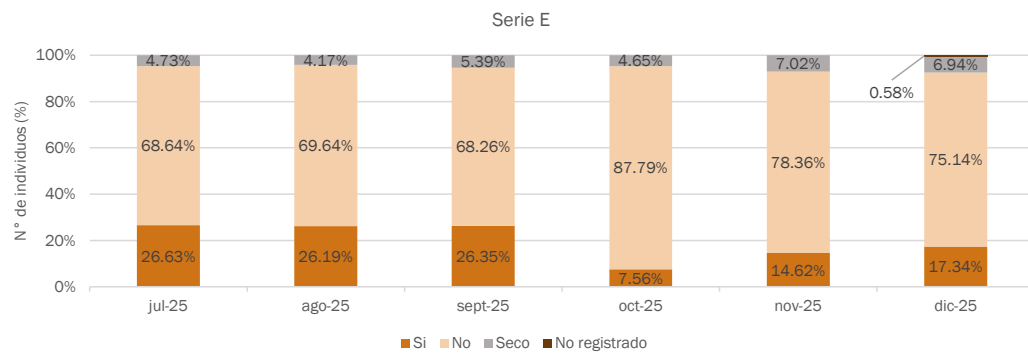


Figura 5-21. Variación semestral daño animal en individuos de *Neltuma alba* por serie



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, prácticamente no se identificaron individuos afectados en todo el semestre, a excepción de un ejemplar en agosto en la serie B (8,33%) y C (1,82%), respectivamente. Por su parte, en la serie E el promedio de afectación fue de 17,46% + 9,04%, y se registra el valor máximo en septiembre con un 28,14% (47 individuos).

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

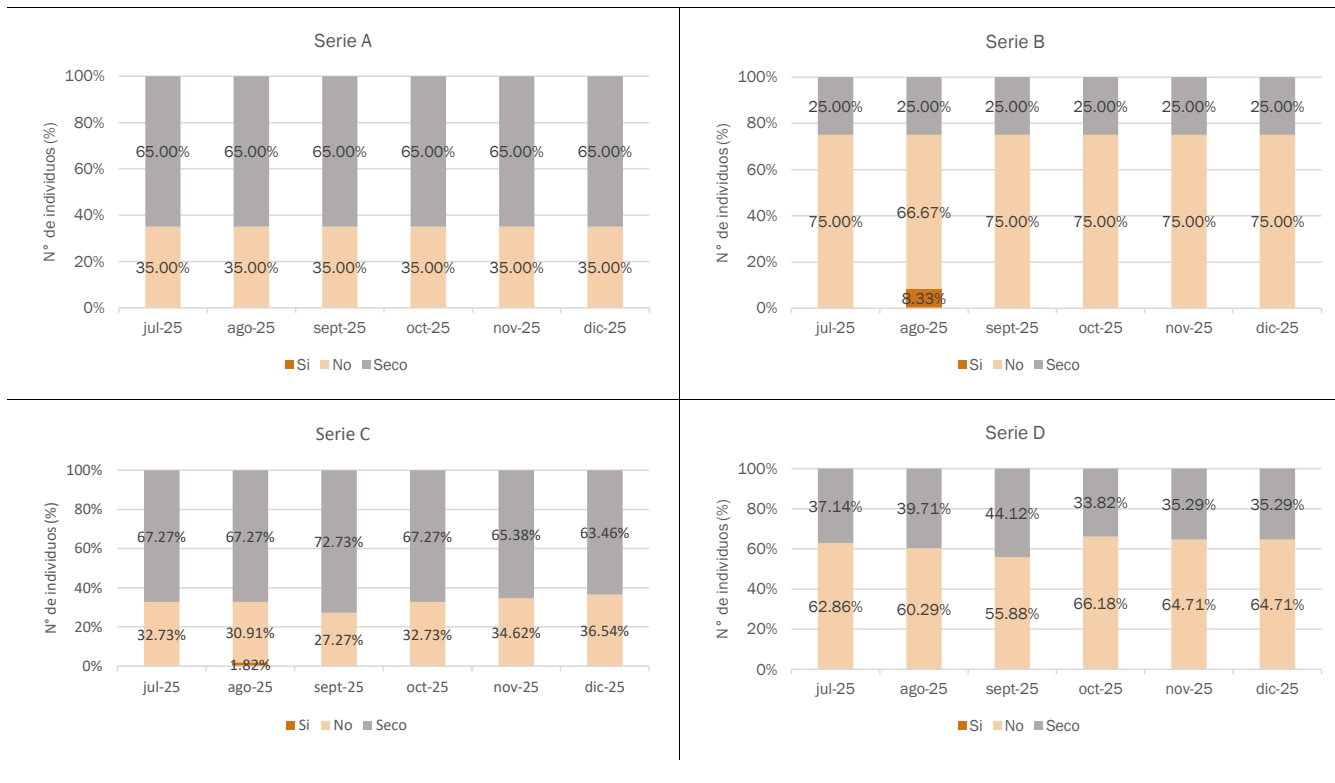
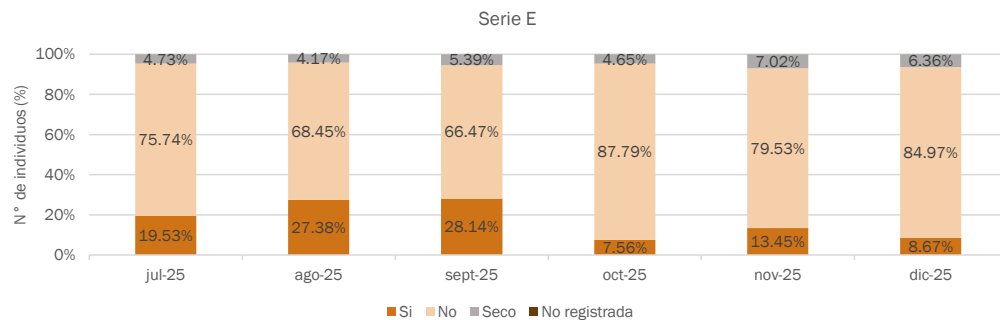


Figura 5-22. Variación semestral daño antrópico en individuos de *Neltuma alba* por serie



Fuente: geobiota, 2025.

### 5.1.6 Fisiología de algarrobos

La Tabla 5-1 muestra variaciones en los parámetros fisiológicos de los árboles entre julio y octubre de 2025, a través de los valores de potencial hídrico de ramilla medidos en pre-alba ( $\Psi_{pa}$ ) y mediodía ( $\Psi_{md}$ ), 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 de la Tabla 5-1 muestran que los valores de potencial hídrico, tanto en pre-alba ( $\Psi_{pa}$ ) como a mediodía ( $\Psi_{md}$ ), son más negativos en julio en comparación con octubre, lo que sugiere una menor disponibilidad de agua o un mayor estrés hídrico durante el invierno. El promedio de  $\Psi_{pa}$  en julio fue de  $-2,67$  MPa y de  $\Psi_{md}$   $-3,28$  MPa, mientras que en octubre estos valores se redujeron a  $-1,40$  MPa y  $-1,91$  MPa, respectivamente.

En cuanto a la conductancia estomática ( $gs$ ), se observa un comportamiento heterogéneo, ya que si bien el promedio general se mantiene similar ( $170,33$   $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  en julio frente a  $172,72$   $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  en octubre), varios individuos presentan incrementos marcados (por ejemplo, A04, A12, A17 y D-28), lo que podría estar asociado a condiciones ambientales más favorables en primavera, como temperaturas más altas y mayor radiación, que incentivan la apertura estomática para sostener la fotosíntesis. Por otro lado, algunos árboles (por ejemplo, A37, A-58, B-02, B-03 y B-04) muestran marcada disminución en  $gs$  hacia octubre, probablemente provocadas debido a restricciones hídricas puntuales.

Tabla 5-1. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba ( $\Psi_{pa}$ ), potencial hídrico de ramilla de mediodía ( $\Psi_{md}$ ) y conductancia estomática ( $gs$ ) medidos en julio y octubre de 2025 en algarrobos de la quebrada de Camar

Árbol	Julio 2025			Octubre 2025		
	$\Psi_{pa}$ (MPa)	$\Psi_{md}$ (MPa)	$gs$ ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	$\Psi_{pa}$ (MPa)	$\Psi_{md}$ (MPa)	$gs$ ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
A04	-3,80	-3,80	151,03	-0,95	-1,25	293,63
A07	-1,95	-2,95	183,75	-0,80	-1,60	173,20
A12	-2,50	-3,50	241,03	-0,90	-1,25	321,53
A17	-	-	125,15	-	-	351,93
A21	-	-	-	-	-	-
A22	-	-	-	-	-	-
A30	-	-	-	-	-	-
A31	-	-	-	-	-	-
A33	-2,50	-3,00	204,30	-1,45	-2,20	199,18
A36	-2,30	-3,40	188,90	-1,35	-1,95	134,18

Tabla 5-1. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba ( $\Psi_{pa}$ ), potencial hídrico de ramilla de mediodía ( $\Psi_{md}$ ) y conductancia estomática (gs) medidos en julio y octubre de 2025 en algarrobos de la quebrada de Camar

Árbol	Julio 2025			Octubre 2025		
	$\Psi_{pa}$ (MPa)	$\Psi_{md}$ (MPa)	gs (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	$\Psi_{pa}$ (MPa)	$\Psi_{md}$ (MPa)	gs (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )
A37	-2,35	-2,65	184,35	-1,25	-2,15	113,43
A38	-	-	-	-	-	-
A40	-2,10	-2,65	190,75	-1,15	-1,90	192,38
A41	-	-	-	-	-	-
A43	-3,80	-	227,77	-0,90	-1,70	224,43
A44	-2,40	-3,15	196,35	-1,25	-2,15	144,93
A47	-2,25	-2,75	166,00	-1,25	-2,05	187,80
A58	-2,05	-2,85	183,10	-1,35	-1,90	118,98
B02	-	-	212,03	-1,70	-1,80	142,30
B03	-3,05	-3,90	157,47	-1,80	-3,00	99,68
B04	-3,30	-3,75	194,90	-1,85	-1,85	97,35
B09	-2,70	-3,40	171,60	-1,60	-1,85	135,70
B10	-2,70	-3,75	110,45	-2,05	-2,65	94,00
B11	-2,45	-3,55	116,13	-1,60	-1,90	78,20
B17	-2,45	-2,95	183,38	-1,60	-1,75	170,23
B20	-2,40	-3,25	175,50	-1,55	-1,75	179,30
B21	-2,40	-3,30	117,13	-1,55	-1,90	149,05
C58	-	-	135,15	-	-	-
D28	-	-	105,20	-	-	186,08
AX01	-4,00	-3,80	166,48	-1,50	-1,60	185,18
AX02	-	-	-	-	-	-
Promedio	-2,67	-3,28	170,33	-1,40	-1,91	172,72

(-): 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

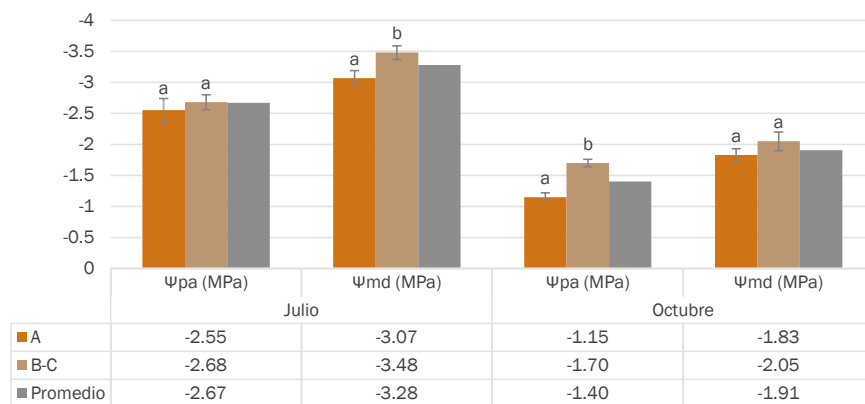
La Figura 5-23 presenta los resultados registrados en la Tabla 5-1 pero agrupando los promedios de la serie A versus los de las series B y C.

En el mes de julio, para los árboles de la serie A y de las series B-C, se encontraron diferencias significativas en potencial hídrico de mediodía ( $p=0,0279$ ), con los valores más bajos en los árboles de las series B-C (-3,48 MPa). Por el contrario, no hubo diferencias al comparar el potencial hídrico en pre-alba ( $p=0,3041$ ),

alcanzando una media de -2,67 MPa. En el mes de octubre se encontraron diferencias significativas en potencial hídrico de pre-alba ( $p < 0,0001$ ), con los valores más bajos en los árboles de las series B-C (-1,70 MPa). Por otra parte, no hubo diferencias al comparar el potencial hídrico de mediodía ( $p = 0,2240$ ), alcanzando una media de -1,91 MPa.

Respecto a los cambios a nivel temporal, los valores promedio del potencial hídrico medido en pre-alba aumentaron de julio (-2,67 MPa) a octubre (-1,40 MPa). Misma situación se aprecia al comparar el promedio del potencial hídrico medido a mediodía que aumenta entre julio (-3,28 MPa) y octubre (-1,91 MPa).

Figura 5-23 Comparación del Potencial Hídrico de ramilla en pre-alba ( $\Psi_{pa}$ ) y mediodía ( $\Psi_{md}$ ) en la Serie A y Series B-C



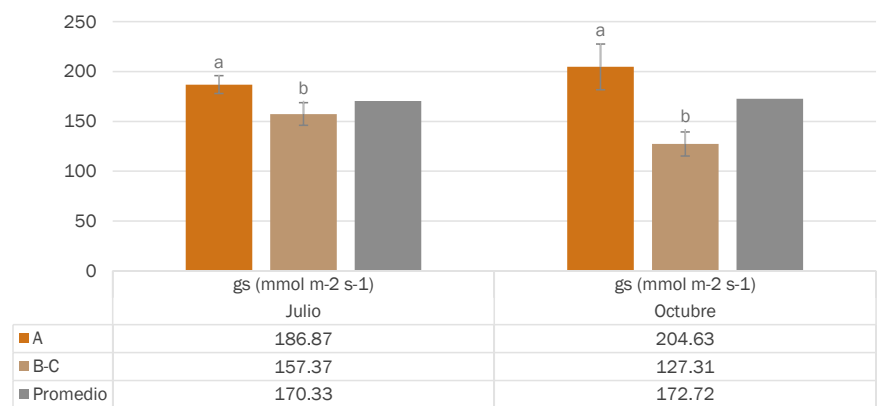
Fuente: geobiota, 2025.

En julio, la conductancia estomática presenta diferencias significativas ( $p = 0,0518$ ), con los valores más bajos en los árboles de las series B-C ( $157,37 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). De esta misma forma, en el mes de octubre se presentan diferencias significativas en la conductancia estomática ( $p = 0,0140$ ), con los valores más bajos en los árboles de las series B-C ( $127,31 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Durante el semestre, la conductancia estomática aumenta ligeramente entre julio ( $170,33 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) y octubre ( $172,72 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) (Figura 5-24)<sup>13</sup>.

<sup>13</sup> Las letras "a" y "b" indican diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% según el test DGC ( $\Psi_{pa}$  y  $\Psi_{md}$ ) y LSD-Fisher (gs) de separación de medias.



Figura 5-24 Comparación de la Conductancia Estomática en la Serie A y Series B-C



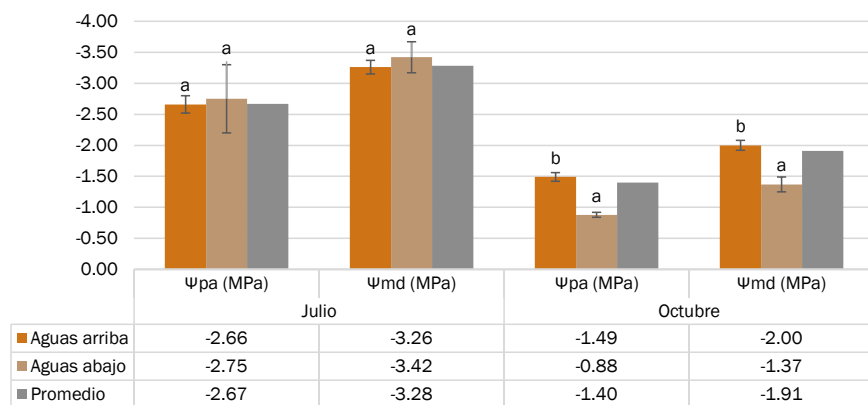
Fuente: geobiota, 2025.

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

En la Figura 5-25 se muestran los resultados obtenidos comparando los individuos ubicados aguas arriba y aguas abajo de la tubería para las mediciones realizadas en julio y octubre de 2025.

En el mes de julio, respecto al potencial hídrico no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los individuos ubicados aguas abajo y aguas arriba de la tubería, tanto en pre-alba ( $p=0,9575$ ) como a mediodía ( $p=0,5536$ ). En el mes de octubre, se encontraron diferencias en el potencial hídrico en pre-alba ( $p=0,0016$ ) y a mediodía ( $p=0,0001$ ), alcanzando los valores más bajos en los árboles ubicados aguas arriba (-1,49 MPa y -2,00 MPa, respectivamente).

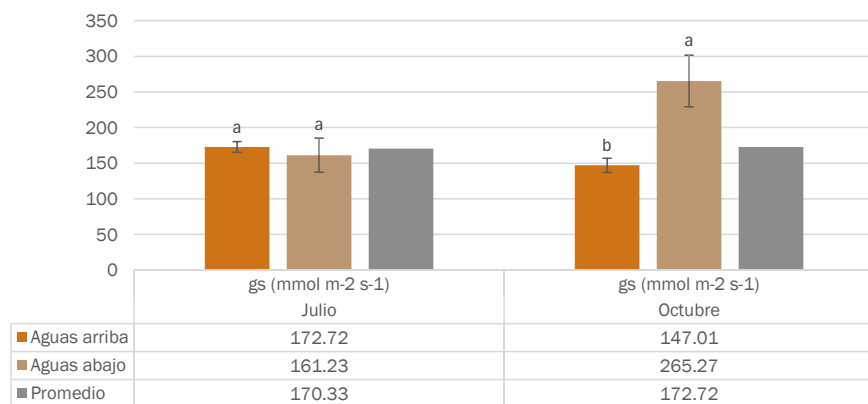
Figura 5-25 Comparación del Potencial Hídrico de ramilla en pre-alba ( $\Psi_{pa}$ ) y mediodía ( $\Psi_{md}$ ) aguas arriba y aguas abajo



Fuente: geobiota, 2025.

Respecto a la conductancia estomática, solo se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el mes de octubre ( $p=0,0048$ ), con los valores más bajos en los árboles ubicados aguas arriba (147,01 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>).

Figura 5-26 Comparación de la Conductancia Estomática aguas arriba y aguas abajo



Fuente: geobiota, 2025.

### 5.1.6.1.3 Comparación de algarrobos con y sin riego

En la Figura 5-27 se muestran los resultados obtenidos comparando los individuos con y sin riego para las mediciones de julio y octubre de 2025. En el mes de julio, se encontraron diferencias en potencial hídrico de

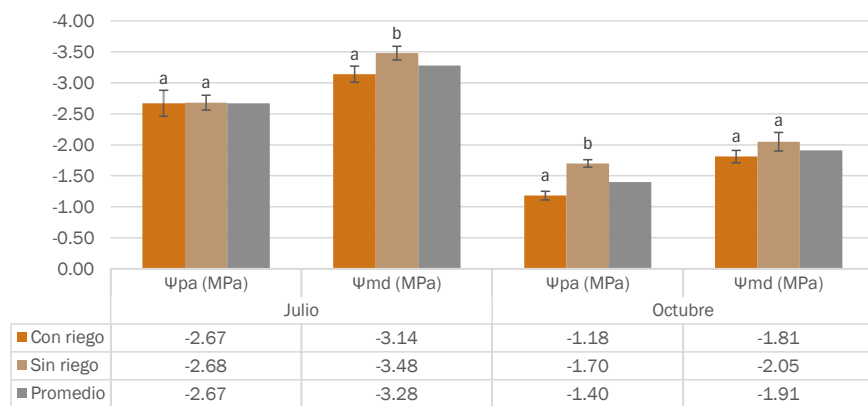
**Comentado [EQ11]:** Se sugiere indicar en el pie de tabla el significado de las letras a y b presentes en la figura

**Comentado [CA12R11]:** Se acoge sugerencia y se incorpora la explicación en una nota al pie en la página 63



mediodía ( $p=0,0718$ ) con los valores más bajos en los algarrobos sin riego (-3,48 MPa). En contraste, no se encontraron diferencias en potencial hídrico en pre-alba ( $p=0,9533$ ). En el mes de octubre, se encontraron diferencias en potencial hídrico de pre-alba ( $p<0,0001$ ), con los valores más bajos en los algarrobos sin riego (-1,70 MPa). Por el contrario, no se encontraron diferencias en potencial hídrico de mediodía ( $p=0,1721$ ).

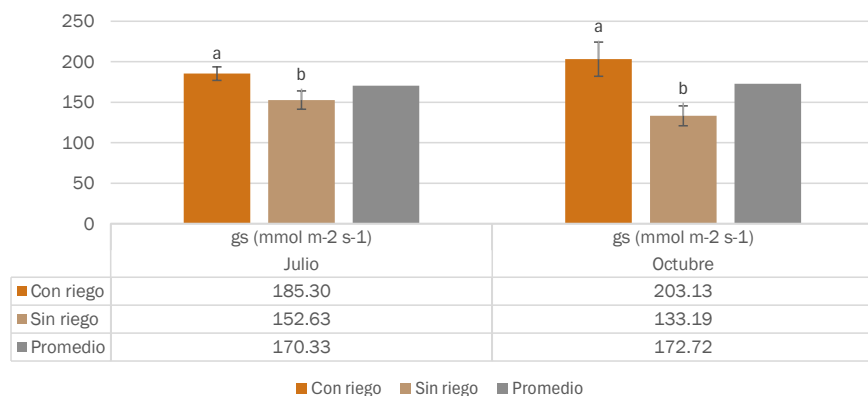
Figura 5-27 Comparación del Potencial Hídrico de ramilla en pre-alba ( $\Psi_{pa}$ ) y mediodía ( $\Psi_{md}$ ) en individuos con y sin riego



Fuente: geobiota, 2025.

Respecto a la conductancia estomática, en julio y octubre se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p=0,0274$  y  $p=0,0153$ , respectivamente), en ambos casos los valores más bajos se registraron en los algarrobos sin riego (152,63 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> y 133,19 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, respectivamente).

Figura 5-28 Comparación de la Conductancia Estomática en individuos con y sin riego



Fuente: geobiota, 2025.



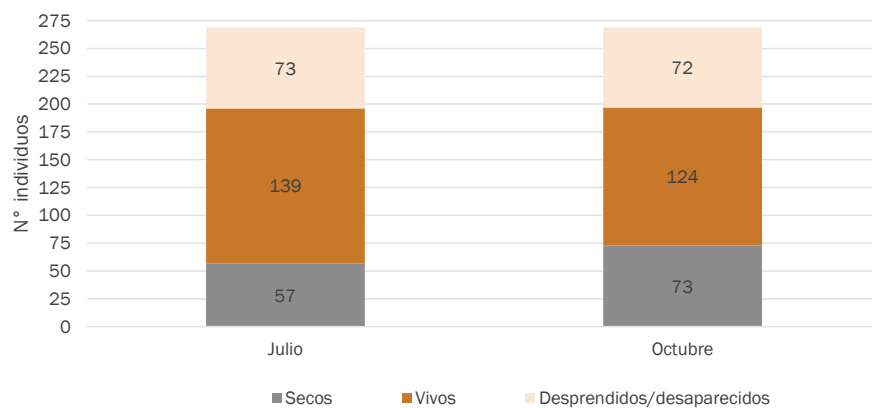
## 5.1.7 Biomasa de algarrobos

### 5.1.7.1 Características de los árboles evaluados

La estimación de la biomasa de la población de algarrobos para el segundo semestre se confeccionó a partir de 269 registros trimestrales correspondientes a árboles del género *Neltuma*, presentes en las series A, B, C y D.

Estas mediciones, junto con el estatus de los árboles medidos (vivos, secos o desaparecidos/desprendidos), se muestran en la Figura 5-29. Donde se aprecia que la proporción de individuos en estado Seco aumentó entre julio y octubre, pasando de 57 a 73 individuos. Este aumento ocurre a costa de una disminución de los individuos vivos, que descendieron de 139 a 124 individuos en el mismo periodo. Por su parte, los individuos desaparecidos/desprendidos mostraron una leve disminución, pasando de 73 a 72 registros, manteniéndose relativamente constantes entre ambos monitoreos.

Figura 5-29 Registros trimestrales de árboles del género *Neltuma* para estimación de biomasa

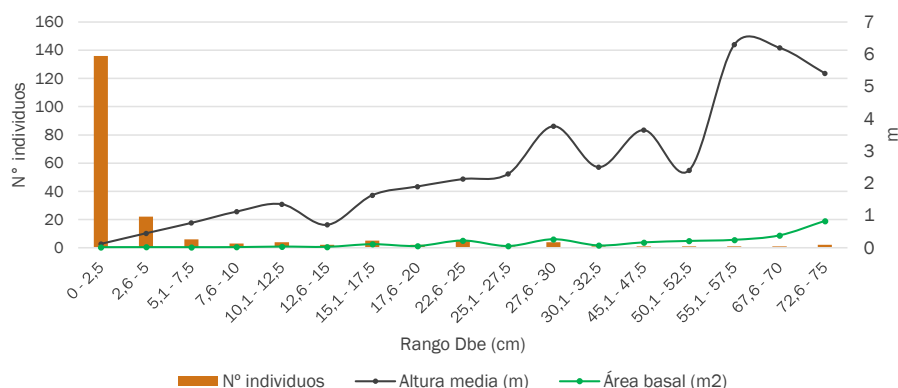


Fuente: geobiota, 2025.

Si bien el análisis previo considera los cambios observados entre julio y octubre, a continuación se presentan únicamente los resultados del monitoreo de octubre, con el fin de mostrar el estado actual de la población a través del análisis de variables estructurales, como el número de individuos, alturas, área basal, área de copa y el número promedio de vástagos por individuo.

La mayor parte de los individuos (80,2%) se concentran en las clases diamétricas de menor tamaño (0 a 2,5 cm y 2,6 a 5 cm) con alturas medias que no superan los 50 cm. Los individuos de mayor tamaño (>20 cm) sólo representan el 8,6% de la población y pueden alcanzar en promedio hasta los 6,3 m de altura. El área basal es baja, alcanzando los 2,7663 m<sup>2</sup> para el total de la población, en donde el 60,0% de esta lo acumulan solo cinco individuos de gran tamaño (Dbe>50 cm) (Figura 5-30).

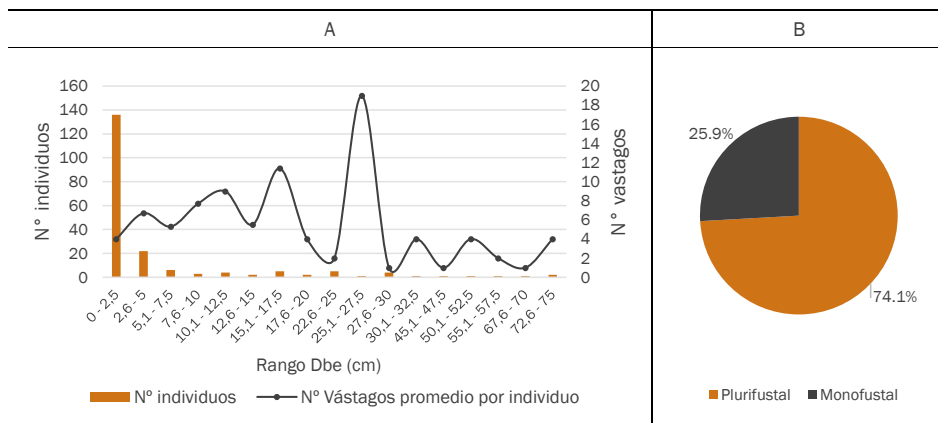
Figura 5-30 Número de individuos por rango Dbe, altura media y área basal.



Fuente: geobiota, 2025.

Más de dos tercios de los individuos (74,1%, 146 árboles) presentan más de un vástago (plurifustales), fluctuando entre los 2 y los 30 vástagos por individuo (Figura 5-31).

Figura 5-31 Número de individuos por rango Dbe, vástagos promedio (A) y proporción de individuos mono y plurifustales (B)

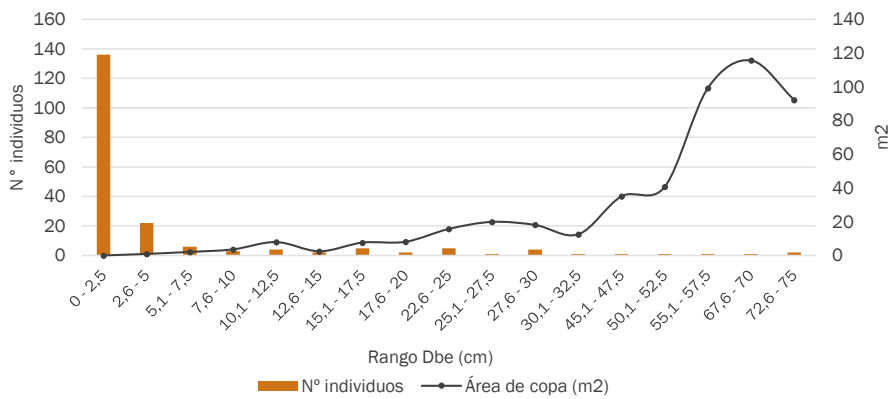


Fuente: geobiota, 2025.

El promedio de las áreas de la copa fluctúa entre 0,060 y 115,571 m<sup>2</sup>, mostrando un claro mayor desarrollo en los individuos de mayores dimensiones. Estos individuos alcanzan superficies superiores a 30m<sup>2</sup>, llegando a un máximo de 115,57m<sup>2</sup> (Figura 5-32).



Figura 5-32 Número de individuos por rango Dbe y área de copa



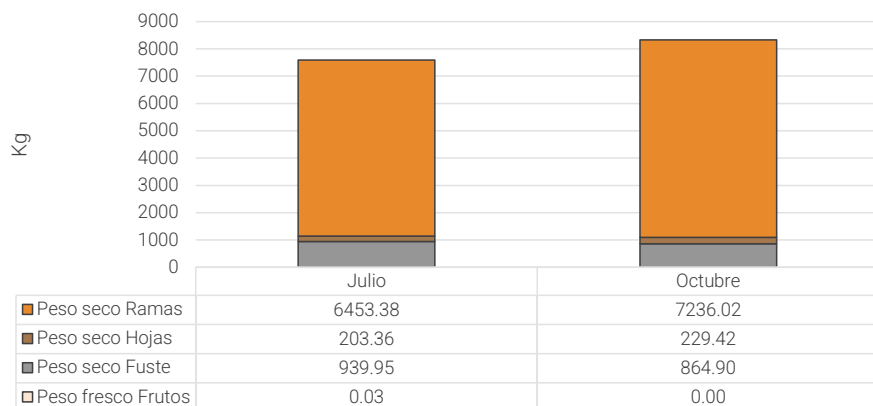
Fuente: geobiota, 2025.

En el Anexo 10 se entregan los informes de biomasa correspondientes al periodo de julio y octubre de 2025.

### 5.1.7.2 Estimación de la biomasa

Durante el semestre se evidencia una dinámica estacional en la biomasa de los distintos componentes evaluados. Las ramas presentan el incremento más significativo, aumentando de 6.453,38 kg en julio a 7.236,02 kg en octubre. El peso seco de hojas también muestra un alza, pasando de 203,36 kg a 229,42 kg. En contraste, el peso seco de fuste disminuye de 939,95 kg a 864,90 kg en el mismo periodo. Finalmente, el peso fresco de frutos desciende desde 0,03 kg en julio hasta desaparecer en octubre, lo que refleja el término del periodo reproductivo (Figura 5-33).

Figura 5-33 Biomasa de los componentes del árbol por trimestre



Fuente: geobiota, 2025.

El peso seco de ramas muestra variaciones claras entre julio y octubre según las clases de diámetro basal equivalente (Dbe). En julio, la mayor acumulación se concentra en la clase 50–75 cm (3.438,18 kg), seguida de un valor elevado en >75 cm (2.611,44 kg), lo que sugiere una mayor presencia de individuos con ramas de gran desarrollo. En octubre, las ramas alcanzan su valor máximo semestral en la clase 50–75 cm (5.562,88 kg) y presentan un incremento notable en 25–50 cm (1.573,53 kg), mientras que en la clase >75 cm no se registran valores. En conjunto, los datos de ambos meses indican que la mayor acumulación de biomasa leñosa se mantiene en los árboles con Dbe entre 50 y 75 cm, aunque con cambios en la distribución de biomasa hacia clases inferiores en octubre.

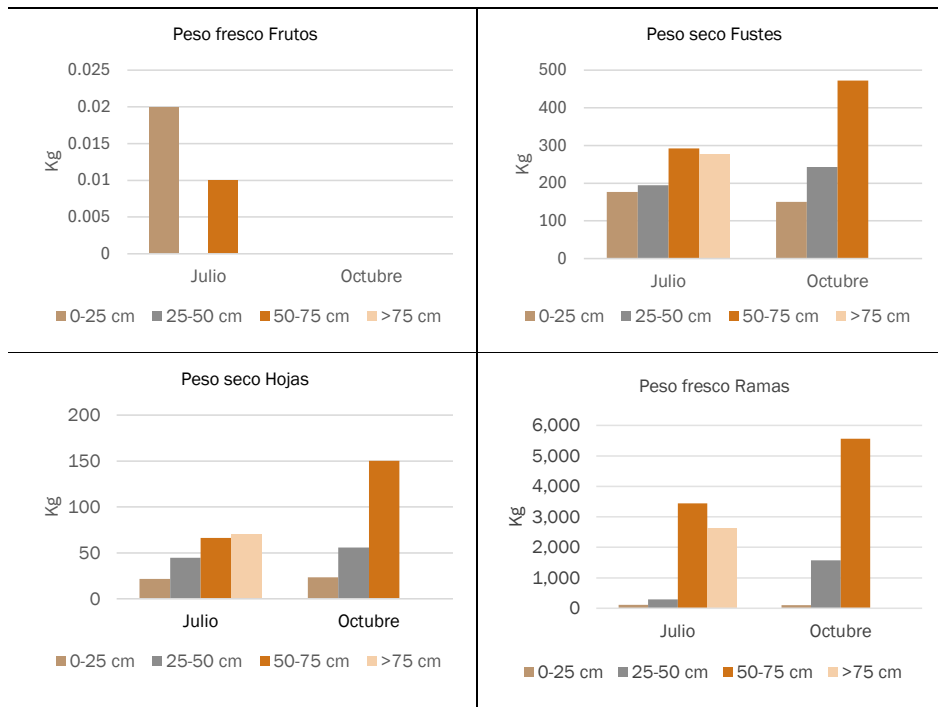
El peso seco del fuste evidencia diferencias marcadas entre julio y octubre. En julio, la clase 50–75 cm presenta 292,16 kg, acompañada de valores relevantes en 25–50 cm (194,48 kg) y >75 cm (276,83 kg). En octubre, se observa un aumento en la clase 25–50 cm (242,62 kg) y un máximo semestral en 50–75 cm (471,96 kg), mientras que en la clase >75 cm no se registran datos. Estos resultados revelan un desplazamiento en la acumulación de biomasa del fuste hacia clases intermedias de Dbe durante octubre, junto con la ausencia de registros en la clase superior.

El peso seco de hojas presenta una redistribución entre las clases de diámetros al comparar julio y octubre. En julio, los valores son menores en las clases inferiores y aumentan en la clase >75 cm (70,62 kg), lo que indica la concentración del follaje en individuos de mayor desarrollo. En octubre, la acumulación de hojas se desplaza hacia clases intermedias, con un incremento en 25–50 cm (55,78 kg) y un máximo semestral en 50–75 cm (150,33 kg), mientras que en >75 cm no se registran hojas. En conjunto, estas variaciones reflejan cambios estacionales en la distribución del follaje entre clases diamétricas.

En julio, el peso fresco de frutos está prácticamente ausente, con valores mínimos en 0–25 cm (0,02 kg) y 50–75 cm (0,01 kg). Para octubre, no se registran frutos en ninguna clase de Dbe, lo que refleja el cierre del ciclo fenológico.



Figura 5-34 Biomasa de los componentes del árbol por trimestre



Fuente: geobiota, 2025.

## 5.2 Evaluación de ejemplares de *Neltuma alba* con sistema de riego

Durante el segundo semestre de 2025, el equipo de Gerencia de Medio Ambiente (GMA) de SQM Salar Spa efectuó 20 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.

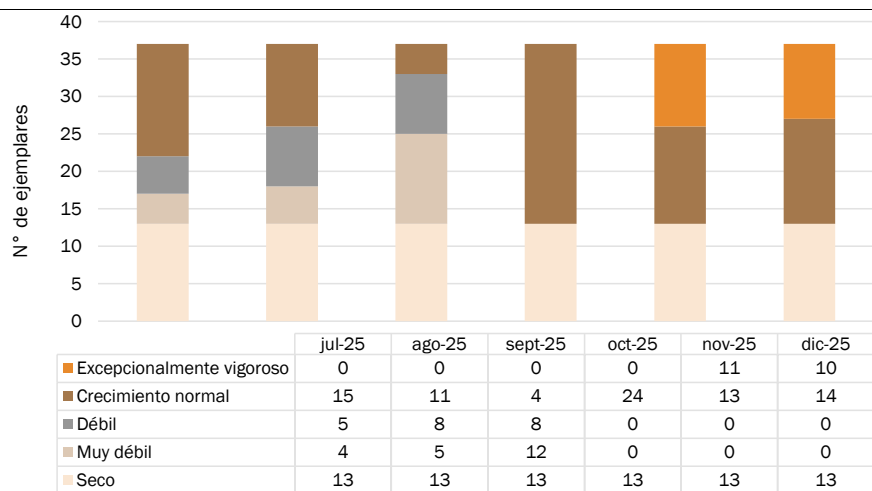


### 5.2.1 Vitalidad

De los 37 individuos de *Neltuma alba* bajo sistema de riego, 13 se mantuvieron en condición seca durante todo el semestre. En el resto de las categorías de vitalidad se observaron variaciones relevantes a lo largo del segundo semestre: las categorías de baja vitalidad (Débil y Muy débil) se redujeron hasta desaparecer, mientras que la categoría de mayor vigor aumentó desde 0 hasta 10 individuos hacia el final del período evaluado (Figura 5-35).

En conjunto, los resultados evidencian un aumento del vigor asociado al cambio estacional, particularmente al término del invierno y el avance de la primavera. Esta mejora se manifiesta durante la fase de floración de la especie, período en el cual los individuos de *Neltuma alba* suelen presentar un incremento natural de su vigor. Asimismo, este comportamiento podría verse favorecido por la disponibilidad del recurso hídrico aportado por el sistema de riego, contribuyendo a una condición fisiológica más favorable de los ejemplares regados.

Figura 5-35. 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 5-36, muestra la proporción de copa viva clasificada en seis categorías de porcentaje de copa viva, para los individuos de algarrobo con riego monitoreados durante el segundo semestre del 2025.

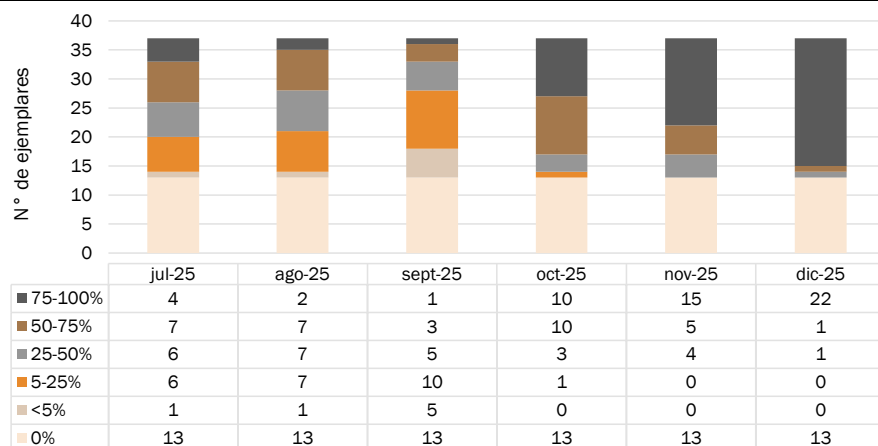
Como se observa, durante el período invernal el porcentaje de copa viva se mantiene en valores relativamente bajos, concentrándose la mayor proporción de individuos en las categorías 5–25% y 25–50%. En los meses de julio y agosto, dichas clases agrupan entre 6 y 7 individuos cada una dentro del universo evaluado,



evidenciando un estado general de follaje reducido. Con el avance estacional de la primavera, se registra un desplazamiento progresivo de la distribución hacia categorías de mayor cobertura foliar. En octubre, las clases 50-75% y 75-100% concentran 10 individuos cada una, reflejando un aumento del vigor de copa. Esta tendencia se intensifica en noviembre, donde la categoría 75-100% incrementa su representación hasta 15 individuos, y alcanza su máximo en diciembre, con 22 individuos en dicha categoría. Las variaciones temporales observadas en el porcentaje de copa viva durante el segundo semestre del año son consistentes con la dinámica fenológica estacional, asociada al término del período invernal y al desarrollo vegetativo propio del tránsito hacia la primavera y verano.

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.

Figura 5-36. 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 partir de las prospecciones semanales realizadas (ver Anexo 8), se constató que los desperfectos identificados en los componentes del sistema de riego corresponden principalmente a filtraciones en las cañerías y líneas de riego. El resumen de estos daños en el sistema de riego se presenta en la Tabla 5-2 a continuación.

Tabla 5-2. Principales desperfectos detectados en los componentes del sistema de riego

Fecha de detección	Tipo de desperfecto	Árbol afectado	Reparación
04/07/2025	Filtraciones	AX-01 y A-48.	-
18/07/2025	Filtraciones y Daño en gotero	A-12 y A-07	-
27/09/2025	Filtraciones y Daño en gotero	A-11 y A-12	-
03/10/2025	Daño en línea T	A-21	03/10/2025
11/10/2025	Daño en línea T	A-21	11/10/2025
17/10/2025	Daño en líneas de riego	A-39, A-38 y A-36	17/10/2025
25/10/2025	Filtraciones en válvula y Daño Tazas	A-12	25/10/2025
08/11/2025	Filtraciones	A-46	08/11/2025
20/11/2025	Goteros sueltos	-	20/11/2020
29/11/2025	Goteros sueltos	-	29/11/2025
05/12/2025	Goteros sueltos	-	05/12/2025
13/12/2025	Goteros sueltos	-	13/12/2025
20/12/2025	Filtraciones en válvula y Falla en Gotero	A-11, A-12 y A-08	20/12/2025

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 segundo semestre de 2025, el cual contempla los monitoreos de julio y octubre 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 julio y octubre 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 5-3 muestra las superficies y porcentajes de representatividad en el área de estudio según las formaciones vegetales en el segundo semestre del 2025:

Tabla 5-3. Formaciones vegetales y otras superficies presentes en la quebrada de Camar

Formación	Cobertura (%)	Superficie julio 2025		Superficie octubre 2025	
		(ha)	Participación (%)	(ha)	Participación (%)
Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> - <i>Ephedra multiflora</i> (Rica rica - Pingo pingo)	Ralo	0,00	0,00	2,02	0,05
	Muy abierto	8,64	0,21	29,81	0,74
	Abierto	23,19	0,57	0,00	0,00
Subtotal		31,83	0,79	31,83	0,79
Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i> - <i>Atriplex imbricata</i> (Cachiyuyo - Ojalar)	Ralo	5,69	0,14	3,77	0,09
	Muy abierto	8,53	0,21	23,01	0,57
	Abierto	14,60	0,36	2,08	0,05
Subtotal		28,82	0,71	28,86	0,71
Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> (Brea)	Rala	46,32	1,15	93,27	2,31
	Muy abierto	65,68	1,62	126,20	3,12
	Abierto	128,29	3,17	18,42	0,46
	Semidenso	1,43	0,04	0,81	0,02
Subtotal		241,72	5,98	238,70	5,90
Matorral de <i>Tiquilia atacamensis</i> (Káuchal)	Ralo	66,12	1,64	48,50	1,20
	Muy abierto	28,09	0,69	28,09	0,69
	Abierto	0,17	0,00	0,17	0,00
Subtotal		94,38	2,33	76,76	1,90
Total Matorrales	-	396,75	9,81	376,15	9,30
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> (Grana salada)	Ralo	0,24	0,01	0,24	0,01
	Muy abierto	0,24	0,01	0,24	0,01
Subtotal		0,48	0,01	0,48	0,01
Total superficie cubierta por vegetación		406,63	10,06	386,03	9,54
Zona agrícola	-	7,36	0,18	7,36	0,18
Zona de vegetación escasa	-	3.584,82	88,64	3.605,43	89,15
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 5-3. Formaciones vegetales y otras superficies presentes en la quebrada de Camar

Formación	Cobertura (%)	Superficie julio 2025		Superficie octubre 2025	
		(ha)	Participación (%)	(ha)	Participación (%)
Subtotal otras superficies		3.637,40	89,94	3.658,01	90,45
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 396,75 ha (julio) y 376,15 ha (octubre), lo que representa el 9,81% y 9,30% 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 julio y octubre, y praderas con 0,48 ha (0,01% de la quebrada) cada mes. La mayor parte de la quebrada corresponde a zonas de vegetación escasa, cuya cobertura de especies vegetales es menor al 5%. En julio, éstas registraron una superficie de 3.584,82 ha (88,64% de la quebrada), y en octubre una superficie de 3.605,43 ha (89,15% de la quebrada). El resto de las superficies 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 julio y octubre de 2025 se adjuntan en el Anexo 4.

### 5.3.1.2 Vitalidad

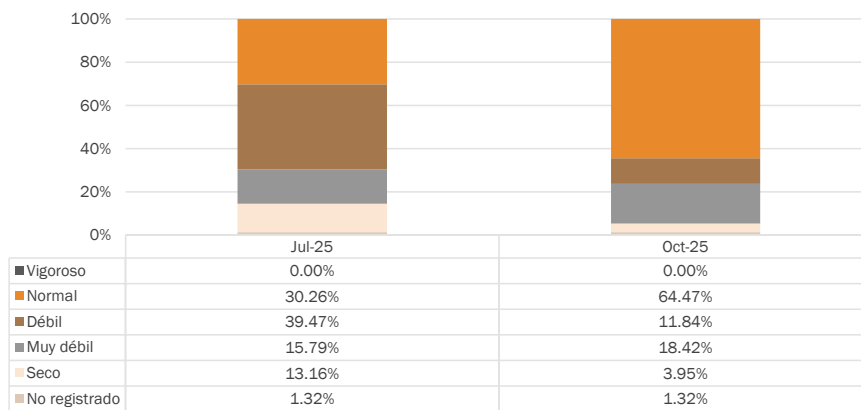
Las prospecciones de vegetación realizadas durante el segundo semestre de 2025 (Figura 5-37) muestran variaciones en la distribución de categorías de vitalidad. En julio, la mayor proporción de unidades se concentró en la categoría Débil (39,47%), seguida por Crecimiento normal (30,26%), Muy débil (15,79%) y Seca (13,16%), mientras que la categoría No registrado alcanzó solo un 1,32% y Excepcionalmente vigoroso no presentó observaciones.

En octubre, la mayoría de las unidades se concentró en la categoría Crecimiento normal (64,47%). En menor proporción se registraron formaciones Muy débiles (18,42%) y Débiles (11,84%). Las unidades en condición Seca disminuyeron a 3,95%, mientras que la categoría No registrado alcanzó solo un 1,32% y Excepcionalmente vigoroso no presentó observaciones.

Estos resultados reflejan una mejoría gradual en las condiciones de vitalidad entre julio y octubre de 2025, marcada por el incremento de unidades en Crecimiento normal y la disminución de formaciones en condición Débil y Seca. En el último monitoreo, de los 76 puntos analizados, la condición Seca se registra en 2 formaciones vegetacionales de *Tessaria absinthioides* y en 1 punto de zona 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 5-37. Variación del porcentaje de vitalidad en la vegetación de la quebrada de Camar



Fuente: geobiota, 2025.

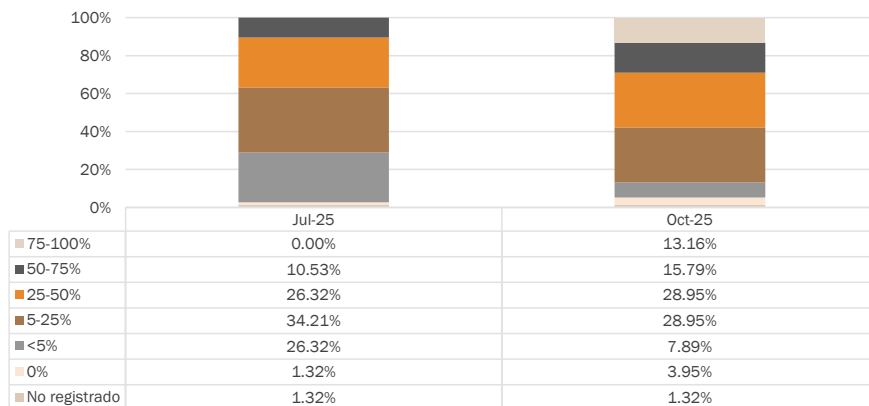
### 5.3.1.3 Porcentaje de copa viva

Los resultados del porcentaje de copa viva de las unidades vegetacionales objeto de estudio se presentan en la Figura 5-38. En julio de 2025, la distribución de coberturas mostró una mayor concentración de unidades en el rango 5–25%, que alcanzó un 34,21%. Le siguieron las clases <5% y 25–50% con 26,32% cada uno. En menor magnitud se registraron las categorías 50–75% (10,53%) y 0% (1,32%), mientras que la categoría No registrado representó solo un 1,32% y no se identificaron unidades en el rango 75–100%.

En octubre de 2025, la distribución de coberturas presentó una mayor concentración de unidades en los rangos 5–25% y 25–50% (ambos con 28,95% del total). En proporciones menores se registraron las clases 50–75% (15,79%), 75–100% (13,16%), <5% (7,89%) y 0% (3,95%). Por su parte, la categoría No registrado alcanzaron valores marginales de 1,32%.

Estos resultados muestran que entre julio y octubre se produce un desplazamiento en la distribución de los porcentajes de copa viva hacia categorías de cobertura intermedia y alta, evidenciado por el incremento de las clases 25-50%, 50–75% y 75–100%, junto con la disminución de las categorías <5% y 5-25%. Este comportamiento sugiere una recuperación parcial del follaje hacia la primavera, periodo en el que las condiciones ambientales favorecen el desarrollo de la copa.

Figura 5-38. Variación del porcentaje de copa viva en la vegetación de la quebrada de Camar

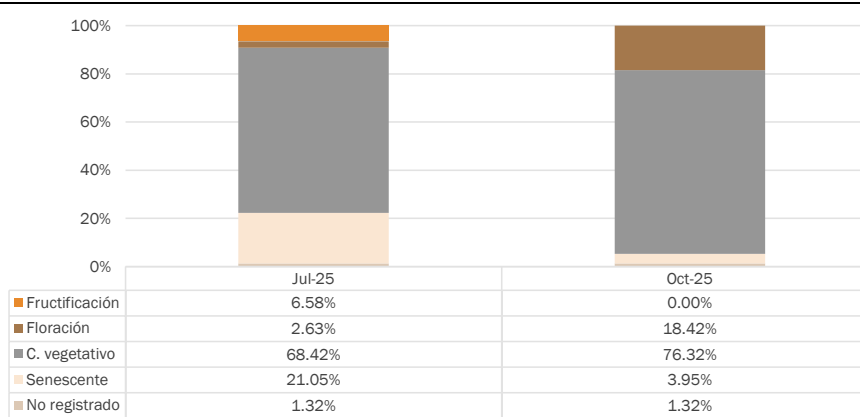


Fuente: geobiota, 2025.

#### 5.3.1.4 Estado fenológico

La variación del estado fenológico de las 75 unidades vegetacionales visitadas y descritas en el segundo semestre del 2025 se presenta en la Figura 5-39. La categoría más representada en ambos meses fue Crecimiento vegetativo, abarcando el 68,42% de las muestras en julio y aumentando al 76,32% en octubre. La etapa de Floración también estuvo presente en ambas campañas, con un incremento desde el 2,63% en julio al 18,42% en octubre. En cuanto a la etapa de Fructificación, esta estuvo presente únicamente en julio con un 6,58%. Finalmente, la categoría Senescente presentó una disminución entre ambos periodos, pasando de 21,05% en julio a 3,95% en octubre.

Figura 5-39. Variación del estado fenológico en la vegetación de la quebrada de Camar



Fuente: geobiota, 2025.

### 5.3.1.5 Afectación antrópica y/o natural

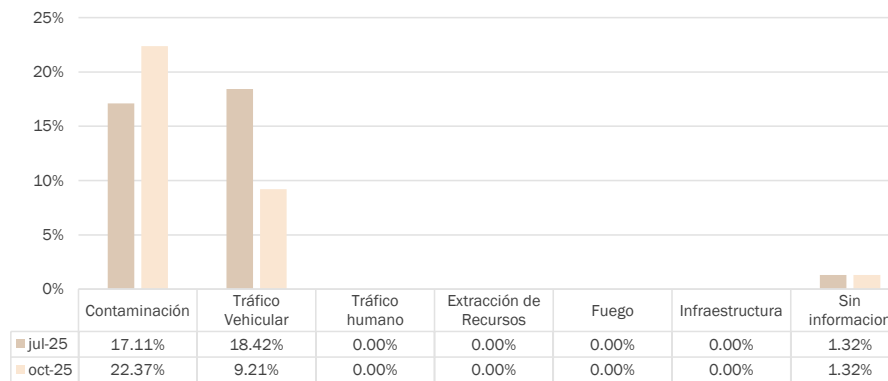
Los resultados relativos a la afectación antrópica sobre la vegetación dentro de la quebrada de Camar se presentan en la Figura 5-40. De las 76 unidades vegetacionales (polígonos) evaluadas en julio de 2025, se registraron signos de intervención antrópica en un 35,53% de los polígonos, el 17,11% corresponde a la categoría de Contaminación y 18,42% en la categoría de Tráfico vehicular. El 64,47% de las muestras vegetacionales no presenta intervención antrópica. Por otra parte, en octubre de 2025, se registraron signos de intervención antrópica en un 31,58% de las unidades vegetacionales, donde el 22,37% corresponde a la categoría de Contaminación y el 9,21% a Tráfico vehicular. En el 68,42% de los polígonos no se observaron signos de intervención antrópica. Cabe destacar que en ambos periodos (julio y octubre) un 1,32% se registró como sin información, ya que no fue posible acceder al polígono<sup>14</sup>. Los tipos de intervención registrados en el segundo semestre del 2025 se pueden ver en la Fotografía 5-1<sup>15</sup>.

<sup>14</sup> El punto P-001 no pudo ser monitoreado, ya que, se encuentra dentro de un recito privado.

<sup>15</sup> 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.



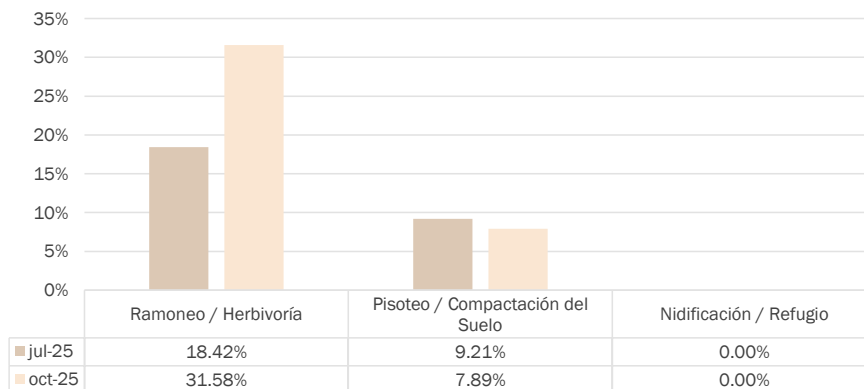
Figura 5-40. Tipos de daño antrópico



Fuente: geobiota, 2025.

La Figura 5-41 presenta la afectación natural observada durante el segundo semestre de 2025, asociada a la presencia de animales, plagas o patógenos. En relación con el daño natural, se registró ramoneo/herbivoría por burros en un 18,42% de los puntos en julio y en 31,58% de los puntos en octubre, evidenciando un incremento hacia la primavera. Por su parte, el pisoteo y compactación del suelo se observó en un 9,21% de los puntos en julio y un 7,89% en octubre.

Figura 5-41. Tipos de daño natural



Fuente: geobiota, 2025.



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



(Coordenadas UTM 602.262 E - 7.410.997 N)

Octubre 2025



(Coordenadas UTM 594.803 E - 7.412.387 N)

Octubre 2025

Fuente: Registro fotográfico en terreno, octubre 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*<sup>16</sup> (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 5-4 se muestran los resultados correspondientes a la riqueza registrada durante el segundo semestre de 2025. El análisis de la flora registrada en la quebrada de Camar, de acuerdo con su origen filogenético para los meses de julio y octubre de 2025, da cuenta de un total de 12 taxones para cada periodo. En ambos meses se registraron en común las siguientes especies: *Aloysia deserticola*, *Atriplex atacamensis*, *Atriplex imbricata*, *Distichlis spicata*, *Ephedra multiflora*, *Tarasa operculata*, *Tessaria absinthioides*, *Tiquillia atacamensis*, *Strombocarpa tamarugo*, *Hoffmannseggia doellii*. La única diferencia en los monitoreos radica en que en julio, se identificó la especie *Cistanthe salsoloides*, mientras que en octubre se registró *Cistanthe celosoides*. Adicionalmente, se encuentra presente dentro de la quebrada la especie arbórea *Neltuma alba* en ambos periodos.

De las especies identificadas en la quebrada de Camar, el 84,62% (10 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 julio, el

<sup>16</sup> Desintegración del género en *Neltuma*, *Strombocarpa* y *Prosopis* en 2022.

58,33% (7 especies) presentó hábito arbustivo, el 25% (3 especies) correspondió a herbáceas y el 16,67% restante (2 especies) a especies arbóreas. En abril, un 58,33% (7 especies) de las especies son arbustos, el 25% (3 especies) fueron herbáceas, y el otro 16,67% (2 especies) arbóreas.

Tabla 5-4. Riqueza de especies presentes en el área de estudio

Nº	Nombre científico	Familia	Hábito de crecimiento	Origen	Julio 2025	Octubre 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>Cistanthe salsoloides</i>	Montiaceae	Hierba anual	Nativo	X	-
6	<i>Distichlis spicata</i>	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X
7	<i>Ephedra multiflora</i>	Ephedraceae	Arbusto	Nativo	X	X
8	<i>Hoffmannseggia doellii</i>	Fabaceae	Hierba perenne	Endémica	X	X
9	<i>Neituma alba</i>	Fabaceae	Árbol	Nativo	(*)	(*)
10	<i>Strombocarpa tamarugo</i>	Fabaceae	Árbol	Endémico	X	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
<b>Riqueza dentro de los puntos de muestreo</b>					<b>11</b>	<b>11</b>
<b>Riqueza fuera de los puntos de muestreo</b>					<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Riqueza total</b>					<b>12</b>	<b>12</b>

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

Fuente: geobiota, 2025.

### 5.3.2.2 Abundancia

En la Tabla 5-5 se presentan la frecuencia y la cobertura de las especies registradas dentro de los transectos durante julio y octubre de 2025. En ambos períodos, *Tessaria absinthioides* fue la especie más frecuente, con 56 puntos de muestreo en julio y 50 en octubre. Le siguió *Atriplex atacamensis*, registrada en 29 puntos en julio y 16 en octubre, mientras que *Distichlis spicata* se presentó en 18 y 15 puntos, respectivamente. *Tiquilia atacamensis* mantuvo una frecuencia constante de 10 puntos en ambos períodos. En tanto, *Aloysia deserticola* disminuyó de 16 puntos a 11 entre julio y octubre, y *Atriplex atacamensis* presentó una caída marcada, pasando de 16 a 4 registros. Por último, se registraron en menor proporción, las especies *Tarasa operculata*, *Cistanthe celosioides*, *Cistanthe salsoloides* y *Hoffmannseggia doellii*.

Respecto a la cobertura, los resultados muestran que las especies presentes en la quebrada de Camar se caracterizan por valores bajos y con variaciones porcentuales leves entre julio y octubre. La mayor cobertura correspondió a *Tessaria absinthioides*, con 8,98% en julio y 7,70% en octubre, manteniéndose

como la especie dominante pese a esta disminución. Le siguió *Atriplex atacamensis*, cuya cobertura se mantuvo prácticamente sin variación (2,16% y 2,19%). *Aloysia deserticola* también presentó valores similares entre ambos meses (1,34% y 1,25%). En tanto, *Distichlis spicata*, *Tiquilia atacamensis*, *Atriplex imbricata* y el resto de los taxa registraron coberturas inferiores al 1% en ambos períodos.

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

N°	Especie	Julio 2025		Octubre 2025	
		N° de puntos de muestreo	% de cobertura	N° de puntos de muestreo	% de cobertura
1	<i>Tessaria absinthioides</i>	56	8,98%	50	7,70%
2	<i>Atriplex atacamensis</i>	29	2,16%	16	2,19%
3	<i>Distichlis spicata</i>	18	0,44%	15	0,21%
4	<i>Tiquilia atacamensis</i>	10	0,23%	10	0,13%
5	<i>Aloysia deserticola</i>	16	1,34%	11	1,25%
6	<i>Atriplex imbricata</i> var. <i>Imbricata</i>	16	0,96%	4	0,08%
7	<i>Ephedra multiflora</i>	8	0,32%	3	0,05%
8	<i>Tarasa operculata</i>	1	0,01%	1	0,01%
9	<i>Strombocarpa tamarugo</i>	1	0,02%	0	0,00%
10	<i>Cistanthe celosioides</i>	0	0,00%	2	0,00%
11	<i>Cistanthe salsoloides</i>	1	0,01%	0	0,00%
12	<i>Hoffmannseggia doellii</i>	1	0,00%	2	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  $0,72\% \pm 0,68\%$ .

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 5-42 y se entregan en detalle en el Anexo 5.



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 5-42, donde se muestran los valores mensuales de CHS para el segundo semestre de 2025, el mayor valor promedio general se registra en el mes de agosto con un  $1,89\% \pm 6,24\%$ . Por otro lado, el menor valor promedio general se observa en el mes de octubre, con un  $0,58\% \pm 1,03\%$ .

Figura 5-42. Contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) en la quebrada de Camar – segundo semestre 2025

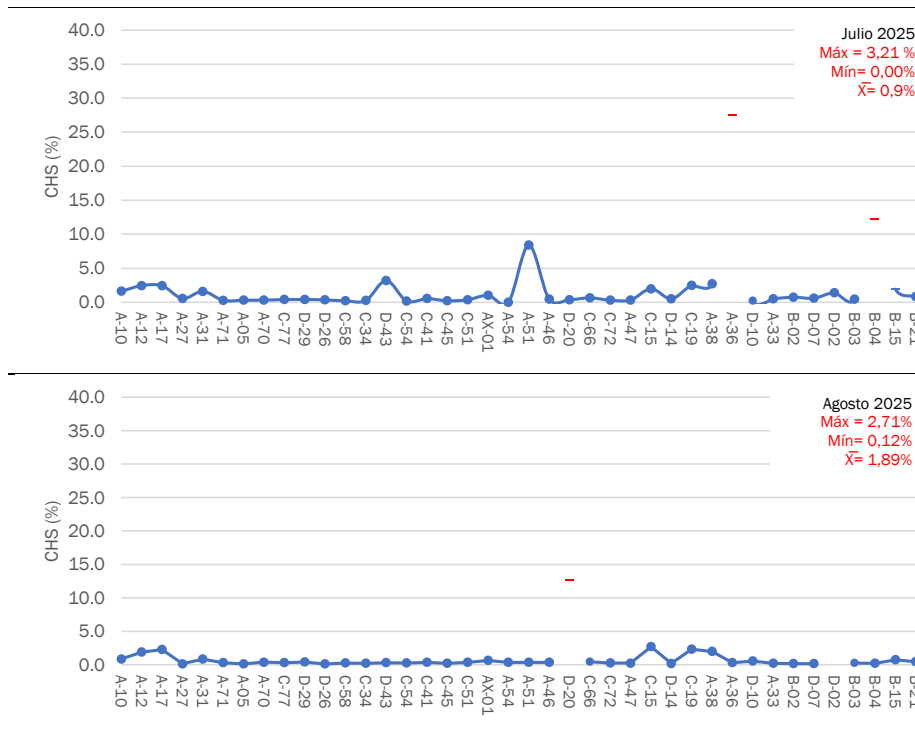


Figura 5-42. Contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) en la quebrada de Camar – segundo semestre 2025

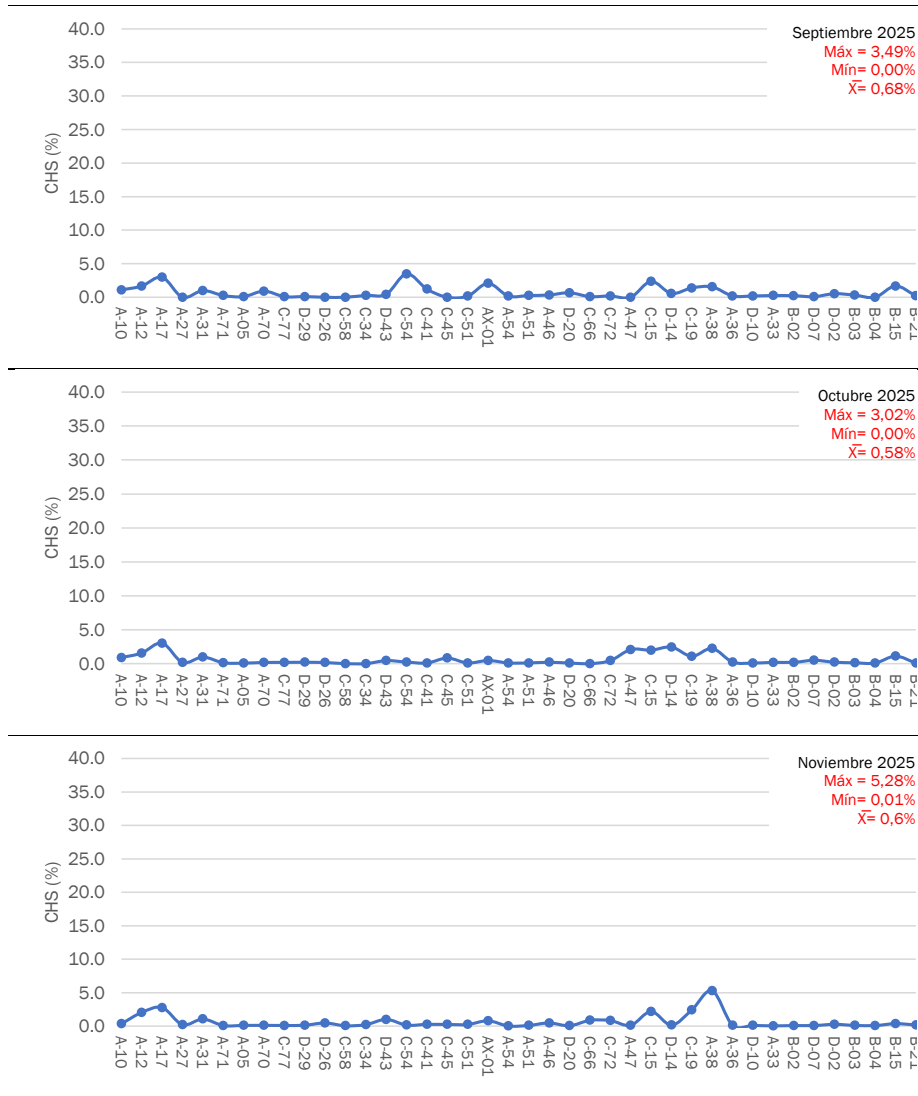
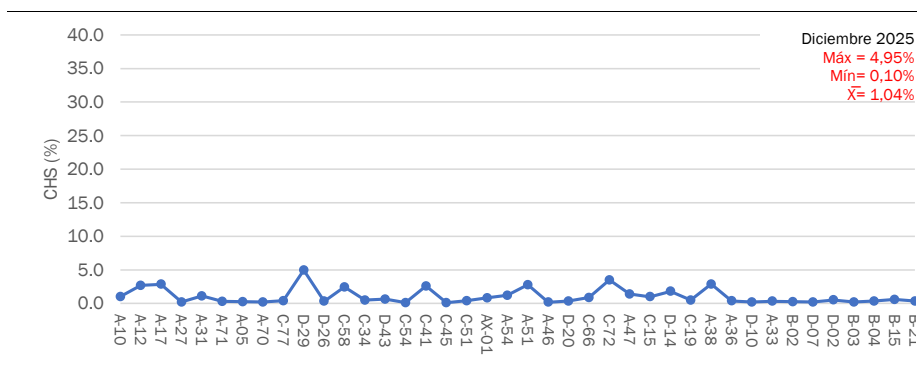


Figura 5-42. Contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) en la quebrada de Camar – segundo semestre 2025



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 5-6 y en la Figura 5-43, 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 segundo semestre de 2025, se puede ver que el valor máximo fue 5,28% y se registró en el punto A-38 (individuo con riego) en el monitoreo de noviembre, mientras que el valor mínimo fue 0% (<0,01%) y fue registrado en varios puntos durante diferentes meses, con predominancia en el mes de septiembre.

El valor máximo registrado se calculó excluyendo los datos de los puntos A-51, A-36 y B-04 correspondientes a julio, y los puntos D-20 y D-02 correspondientes a agosto, ya que estos presentan valores atípicos que se alejan significativamente de los registros históricos para esos meses de monitoreo (Tabla 5-6).

Tabla 5-6. CHS en individuos de *Neltuma alba* con y sin sistema de riego

Individuo	Sistema	Coordenada este	Coordenada norte	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
A-12	Con riego	597.220	7.409.970	2,46	1,9	1,67	1,56	2,04	2,68
A-17	Con riego	597.603	7.409.916	2,43	2,26	2,98	3,02	2,77	2,85
A-31	Con riego	597.789	7.409.950	1,61	0,84	1	0,97	1,05	1,11
A-33	Con riego	598.756	7.409.890	0,51	0,21	0,26	0,19	0,03	0,32
A-36	Con riego	598.727	7.409.760	27,52*	0,29	0,2	0,23	0,12	0,37



Tabla 5-6. CHS en individuos de *Neltuma alba* con y sin sistema de riego

Individuo	Sistema	Coordenada este	Coordenada norte	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
A-38	Con riego	598.674	7.409.690	2,73	2	1,55	2,23	5,28	2,88
A-46	Con riego	598.490	7.409.730	0,45	0,36	0,34	0,2	0,47	0,18
A-47	Con riego	598.580	7.409.760	0,34	0,24	0	2,08	0,12	1,41
C-15	Con riego	598.603	7.409.690	1,99	2,71	2,36	1,98	2,18	0,99
C-19	Con riego	598.630	7.409.700	2,5	2,31	1,39	1,08	2,42	0,49
AX-01	Con riego	598.302	7.409.800	1,02	0,66	2,08	0,46	0,79	0,81
A-05	Sin riego	598.000	7.409.770	0,31	0,12	0,09	0,07	0,1	0,24
A-10	Sin riego	597.084	7.409.690	1,62	0,86	1,1	0,89	0,34	1,02
A-27	Sin riego	597.676	7.409.910	0,56	0,14	0	0,18	0,21	0,19
A-51	Sin riego	598.486	7.409.650	8,4*	0,34	0,26	0,1	0,1	2,77
A-54	Sin riego	598.413	7.409.640	0	0,36	0,18	0,1	0,01	1,2
A-70	Sin riego	598.021	7.409.880	0,32	0,38	0,92	0,17	0,11	0,21
A-71	Sin riego	597.816	7.409.790	0,28	0,29	0,26	0,13	0,08	0,28
B-02	Sin riego	599.016	7.409.890	0,75	0,17	0,23	0,19	0,08	0,27
B-03	Sin riego	599.710	7.409.940	0,46	0,26	0,32	0,12	0,1	0,2
B-04	Sin riego	600.761	7.410.290	12,21*	0,2	0	0,08	0,08	0,34
B-15	Sin riego	601.710	7.410.670	1,93	0,73	1,68	1,1	0,36	0,57
B-21	Sin riego	602.313	7.411.000	0,85	0,46	0,22	0,08	0,17	0,34
C-34	Sin riego	598.117	7.409.480	0,26	0,2	0,28	0	0,21	0,47
C-41	Sin riego	598.133	7.409.490	0,54	0,35	1,22	0,09	0,26	2,57
C-45	Sin riego	598.150	7.409.470	0,22	0,2	0	0,82	0,24	0,1
C-51	Sin riego	598.156	7.409.530	0,37	0,37	0,17	0,09	0,24	0,4
C-54	Sin riego	598.131	7.409.520	0,19	0,25	3,49	0,23	0,14	0,12
C-58	Sin riego	598.113	7.409.510	0,21	0,27	0	0	0,05	2,46
C-66	Sin riego	598.557	7.409.720	0,65	0,46	0,09	0	0,86	0,87
C-72	Sin riego	598.575	7.409.720	0,31	0,28	0,19	0,44	0,83	3,49
C-77	Sin riego	598.102	7.409.488	0,4	0,29	0,09	0,18	0,09	0,4
D-02	Sin riego	599.297	7.409.920	1,4	37,25*	0,53	0,21	0,26	0,51
D-07	Sin riego	599.227	7.410.000	0,6	0,18	0,09	0,49	0,08	0,22
D-10	Sin riego	598.731	7.409.610	0,23	0,53	0,19	0,08	0,1	0,2

Tabla 5-6. CHS en individuos de *Neltuma alba* con y sin sistema de riego

Individuo	Sistema	Coordenada este	Coordenada norte	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
D-14	Sin riego	598.603	7.409.720	0,51	0,19	0,57	2,44	0,14	1,8
D-20	Sin riego	598.550	7.409.620	0,38	12,55*	0,67	0,08	0,05	0,33
D-26	Sin riego	598.113	7.409.460	0,36	0,13	0	0,16	0,46	0,32
D-29	Sin riego	598.107	7.409.900	0,41	0,39	0,1	0,2	0,13	4,95
D-43	Sin riego	598.117	7.410.210	3,21	0,29	0,44	0,44	1	0,62

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

Fuente: geobiota, 2025.

La Figura 5-43 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 segundo semestre de 2025.

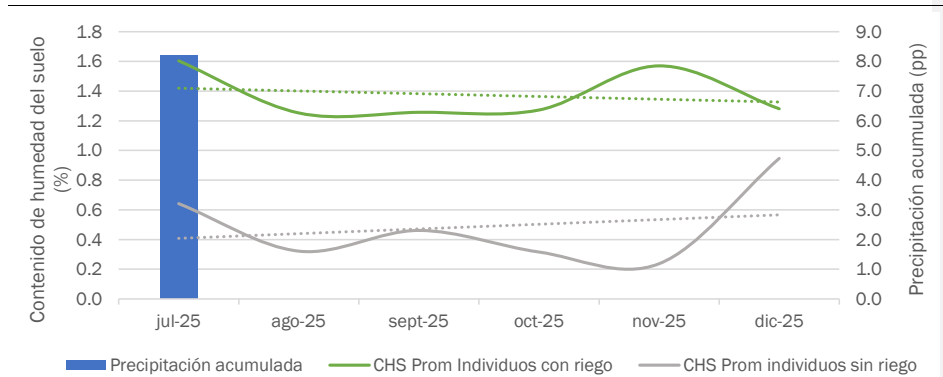
En todo el período, el CHS promedio en individuos con riego es mayor que en aquellos sin riego, lo que indica que el sistema de riego efectivamente incrementa y sostiene la humedad del suelo aún en ausencia de precipitaciones<sup>17</sup>. No obstante, los valores siguen siendo bajos, sin superar el 2% de humedad promedio, lo que refleja una disponibilidad hídrica limitada incluso bajo riego. La línea de tendencia del CHS con riego se mantiene relativamente estable, mientras que se observa mayor variabilidad en el CHS de individuos sin riego, con una leve alza hacia diciembre y valores reducidos durante la mayor parte del semestre (Figura 5-43).

**Comentado [EQ13]:** Revisar consistencia con el semestre reportado

**Comentado [CA14R13]:** Se corrige

<sup>17</sup> 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).

Figura 5-43. Variación mensual del contenido de humedad del suelo en individuos de *Neltuma alba* con y sin sistema de riego



Fuente: geobiota, 2025.

**Comentado [EQ15]:** Indicar origen de los datos de precipitación señalados en el gráfico

**Comentado [CA16R15]:** En el pie de página (hoja anterior) se incorpora el origen de los datos de precipitaciones

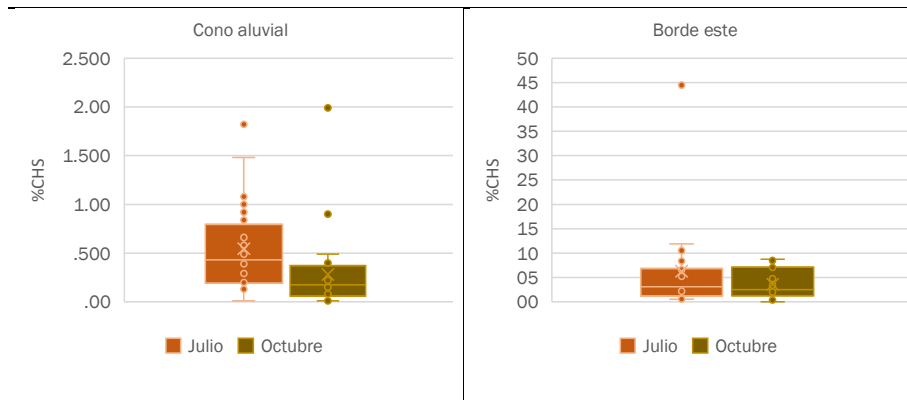
## 5.4.2 Monitoreo trimestral de CHS, pH y CE

### 5.4.2.1 Contenido de humedad

Los resultados asociados a los 43 puntos de monitoreo de suelos se resumen en la Figura 5-44 y se presentan en detalle en el Anexo 12. A nivel general esta variable muestra una baja de julio a octubre en el 81,4% de los puntos de muestreo, pasando de 3,08% a 1,73% de humedad promedio entre ambos periodos. Al analizar espacialmente los datos, se observa que en julio los puntos ubicados en el cono aluvial presentan un mayor contenido de humedad en comparación con la medición de octubre. Esta tendencia no se replica en los puntos del borde este, donde los valores se mantienen similares entre ambos periodos. La disminución del contenido de humedad en la quebrada podría estar asociada al aumento natural de las temperaturas hacia la primavera.

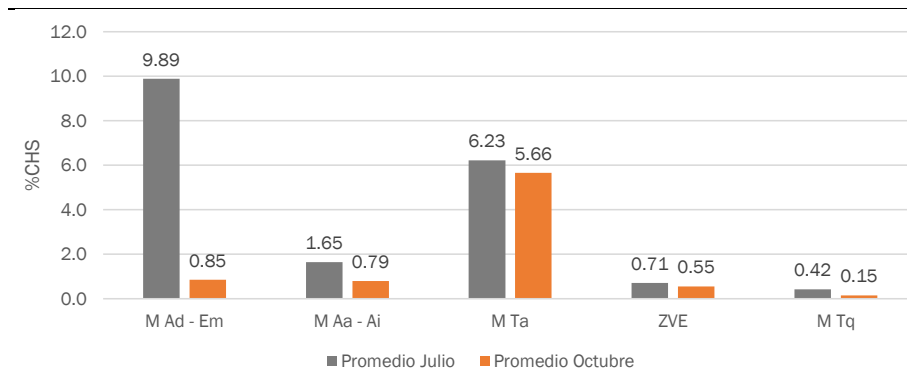
A nivel general, los valores más altos de humedad en todas las formaciones se registraron en el monitoreo de julio (Figura 5-45), probablemente asociados a las precipitaciones propias del invierno continental ocurridas entre junio y julio. En este período, las mayores concentraciones de humedad se observaron en el matorral de *Aloysia deserticola* - *Ephedra multiflora* y en el matorral de *Tessaria absinthioides*, con 9,89% y 6,23% respectivamente. En contraste, durante octubre solo el matorral de *Tessaria absinthioides* mantuvo niveles elevados de CHS, alcanzando un 5,66%.

Figura 5-44. Contenido de humedad de suelos en los puntos monitoreados de la quebrada de Camar



Fuente: geobiota, 2025.

Figura 5-45. 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 *Tiquilla 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 julio y octubre de 2025 para los suelos de la quebrada de Camar se resumen en la Tabla 5-7 y Figura 5-46. Se observa que en ambos periodos las muestras se concentran mayoritariamente en rangos alcalinos, sin presencia de pH ácido ni neutro. Entre julio y octubre se observa un aumento en la proporción de muestras con pH muy fuertemente



alcalino (>9,0), lo que sugiere un aumento de la alcalinidad del sistema hacia el segundo período evaluado.

A nivel de ubicación dentro de la quebrada, en el cono aluvial se observa una mayor variabilidad del pH en julio, con una mediana cercana a 8,5. Mientras que, en octubre, la mediana ascendió a 9,2 acompañado de una dispersión más acotada, lo que sugiere condiciones más homogéneas en el área (Figura 5-46). Por su parte, en el borde este, los valores de pH se mantuvieron estables entre julio y octubre, con medianas cercanas a 8,5 y baja variabilidad general (Figura 5-46).

A nivel de formación (Figura 5-47), los resultados evidencian que, si bien algunas formaciones presentan valores promedio de pH relativamente estables entre julio y octubre, existen unidades donde se observa un aumento marcado hacia el segundo período de muestreo. En particular, las formaciones ZVE y matorral de *Tiquilia atacamensis* muestran un incremento del pH en octubre, lo que sugiere una intensificación de las condiciones alcalinas en estos ambientes. En contraste, formaciones de matorral de *Aloysia deserticola* - *Ephedra multiflora* y matorral de *Tessaria absinthioides* mantienen valores similares o levemente menores en octubre, indicando condiciones más estables en el tiempo.

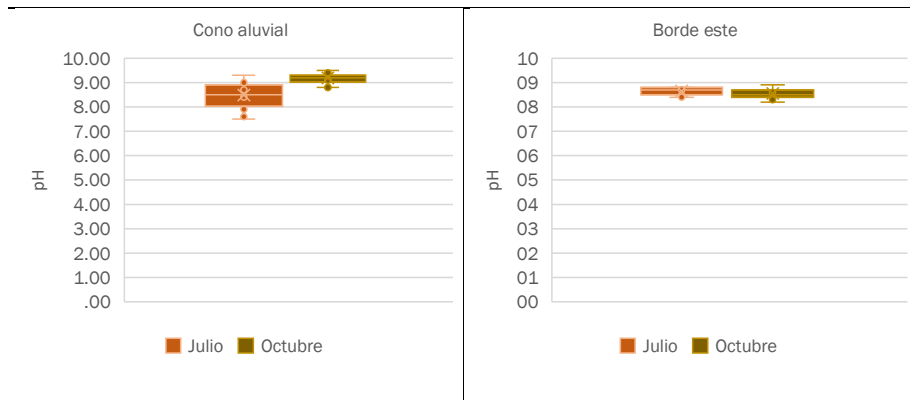
Tabla 5-7. Resultados de pH del suelo

Categorías de pH	pH	Julio 2025 (%)	Octubre 2025 (%)
Extremadamente ácido	3,5 - 4,4	-	-
Muy fuertemente ácido	4,5 - 5,0	-	-
Fuertemente ácido	5,1 - 5,5	-	-
Moderadamente ácido	5,6 - 6,0	-	-
Ligeramente ácido	6,1 - 6,5	-	-
Neutro	6,6 - 7,3	-	-
Ligeramente alcalino	7,4 - 7,8	4,65%	-
Moderadamente alcalino	7,9 - 8,4	23,26%	11,63%
Fuertemente alcalino	8,5 - 9,0	62,79%	46,51%
Muy fuertemente alcalino	> 9,0	9,30%	41,86%
Total		100%	100%

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

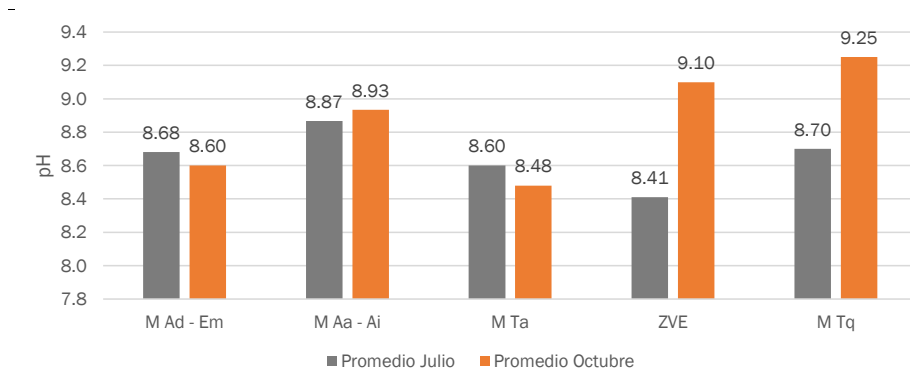
Fuente: geobiota, 2025. A partir de Schoeneberger et al., 2002.

Figura 5-46. pH de suelos en los puntos monitoreados de la quebrada de Camar



Fuente: geobiota, 2025.

Figura 5-47. 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 julio y octubre de 2025, se muestra en la Tabla 5-8. En ambos períodos se observa que la mayoría de los puntos corresponden a suelos no salinos, seguidos por suelos clasificados como fuertemente salinos. Esta distribución podría estar relacionada con la configuración geomorfológica de la quebrada y con la presencia de una napa subterránea cuya profundidad aumenta progresivamente hacia el



sector oriental, en dirección al cono aluvial. En este contexto, los puntos de muestreo ubicados más próximos al núcleo del salar, presentarían mayores niveles de salinidad, lo que explicaría la variabilidad espacial observada en los valores de CE.

En el cono aluvial, la conductividad eléctrica se mantuvo en valores bajos y con escasa variabilidad tanto en julio como en octubre, aunque con presencia de outliers en ambos periodos. En cambio, en el borde este los valores fueron considerablemente más altos, destacando además una mayor variabilidad en octubre respecto de julio (Figura 5-48).

En la Figura 5-49 se aprecia que, tanto en julio como en octubre, los mayores valores de conductividad eléctrica se concentran en el matorral de *Tessaria absinthioides* y en el matorral de *Aloysia deserticola* – *Ephedra multiflora*. Al comparar ambos períodos, se evidencia una disminución de la salinidad en la mayoría de las formaciones evaluadas. No obstante, el matorral de *Tessaria absinthioides* presenta un comportamiento diferencial, registrando en octubre valores de conductividad eléctrica superiores a los observados en julio, lo que sugiere una dinámica particular de acumulación o concentración de sales en esta formación.

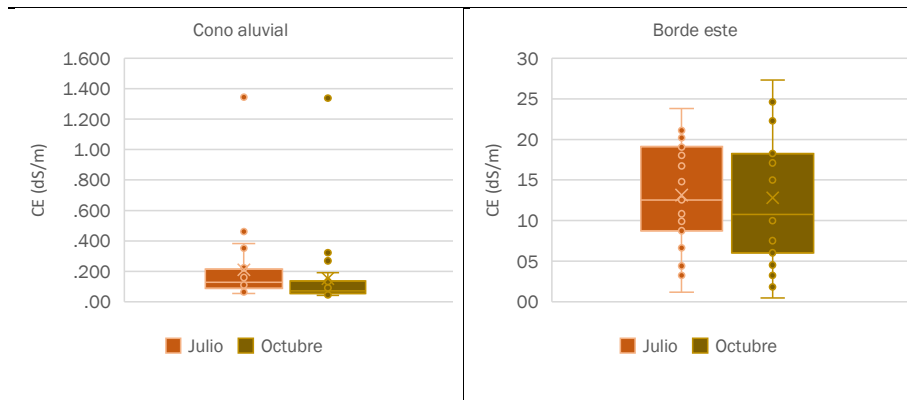
Tabla 5-8. Resultados de conductividad eléctrica del suelo

Categorías de salinidad	Conductividad eléctrica (dS/m)	% julio 2025	% octubre 2025
No salino	0 – 0,98	53,49%	55,81%
Muy ligeramente salino	0,98 – 1,71	4,65%	2,33%
Ligeramente salino	1,71 – 3,16	-	2,33%
Moderadamente salino	3,16 – 6,07	4,65%	6,98%
Fuertemente salino	> 6,07	37,21%	32,56%
<b>Total</b>		100%	100%

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

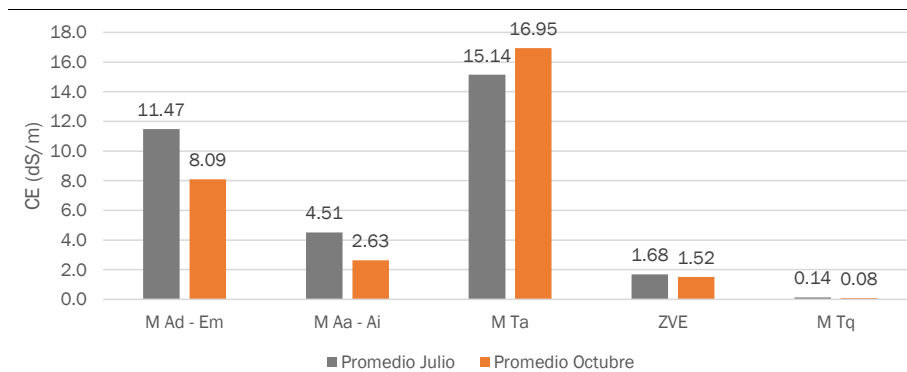
Fuente: Elaboración propia, a partir de USDA NRCS, 2001.

Figura 5-48. Salinidad de suelos en los puntos monitoreados de la quebrada de Camar



Fuente: geobiota, 2025.

Figura 5-49. 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 *Tiquilla 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* (algarrobos)

A la fecha de diciembre de 2025, entre todas las series monitoreadas, existe un acumulado de 112 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 2023<sup>18</sup>, los que causaron el desprendimiento de al menos 13 individuos en abril 2023<sup>19</sup>. 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 (diciembre de 2025), se han identificado 18 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 (diciembre de 2025).

#### 6.1.1 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.

---

<sup>18</sup> SQM en línea, <https://www.sqmsenlinea.com/meteorology> y Red Agrometeorológica de INIA. Estación Camar, San Pedro de Atacama. [www.agrometeorologia.cl](http://www.agrometeorologia.cl)

<sup>19</sup> 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.

En particular, la serie A (Figura 6-1) se compone principalmente de individuos adultos, teniendo a la fecha un promedio de 44,90% (equivalente a cerca de 27 individuos), y una variación del 8,5%. 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, no se han presentado individuos en el periodo analizado. Por otra parte, un porcentaje importante de individuos se catalogan como secos (promedio 53,57%).

Al igual que la serie A, la serie B se compone principalmente de individuos adultos (Figura 6-1), donde en promedio el 72,94% presentan esta etapa de crecimiento. La segunda mayor proporción corresponde a ejemplares secos, los que en promedio ocupan el 23,77% 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.

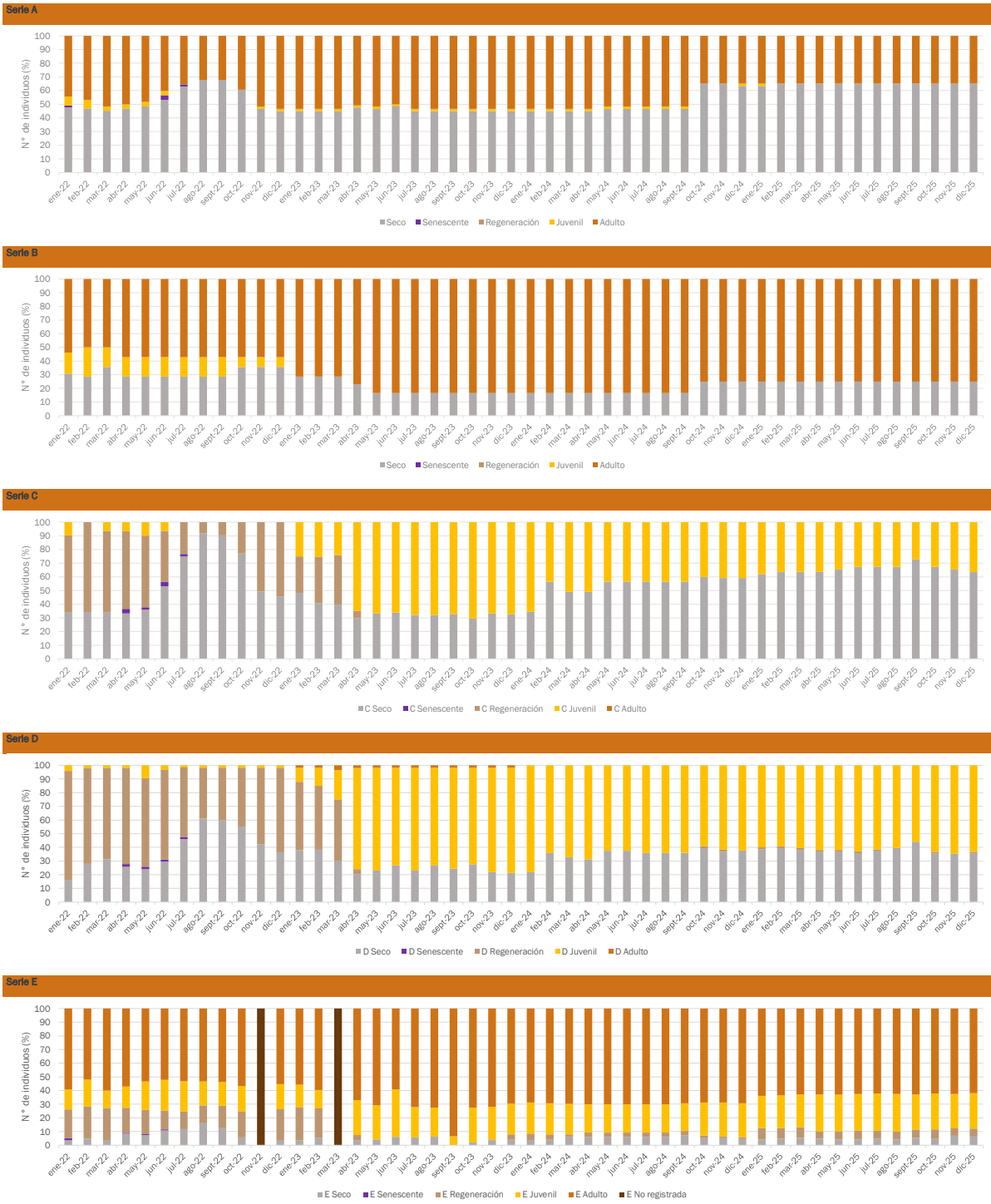
La serie C se caracteriza por ser una población de individuos juveniles (Figura 6-1). Durante 2022 y comienzos de 2023, prácticamente la totalidad de los individuos corresponden a Regeneración. Posteriormente, a partir de abril de 2023 comienzan a predominar los individuos juveniles, llegando a ser cerca del 60% hasta la fecha. Los ejemplares secos presentan un promedio de 52,30%, y es posible identificar una tendencia a aumentar durante el invierno de 2022, y levemente durante todo 2024 hasta septiembre de 2025.

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 6-1), pero posteriormente pasaron a identificarse como individuos juveniles, llegando a ser el 63,24% a la fecha, con un promedio de 47%. 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 34,35% de los ejemplares de la serie a nivel histórico, y durante 2024 hasta la fecha, se han mantenido con escasas variaciones.

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 6-1). Predominan los ejemplares adultos, donde en promedio se ubica el 64,29% de los ejemplares. Le sigue la categoría Juvenil con un promedio del 21,95%. En menor medida, hay ejemplares de Regeneración y Secos, los que llegan al 8,02% y 5,66% respectivamente. Los individuos senescentes registran un pequeño porcentaje de árboles, llegando a un promedio de 0,07%.

Figura 6-1. Variación histórica de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobos

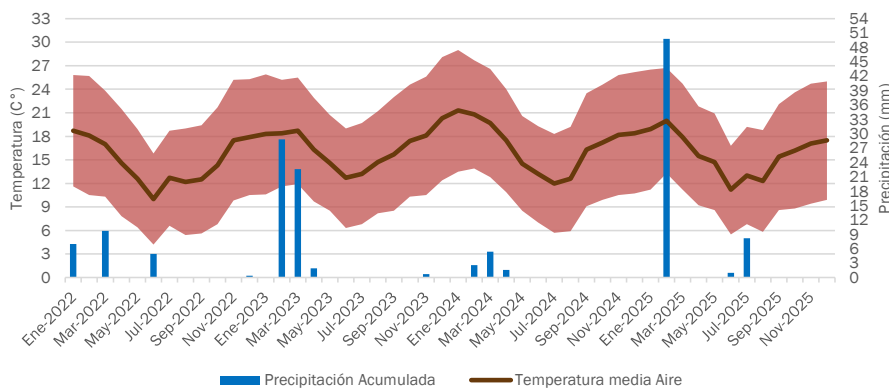


\*Valores no registrados en serie E: en noviembre de 2022 se suspendió la campaña debido al robo de pertenencias al equipo de terreno. En marzo de 2023, se suspendió la campaña debido a eventos de precipitaciones. En junio de 2023 se registraron datos, pero se suspendió la campaña por motivos de seguridad. 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 sí se registraron datos (junio y septiembre de 2023), se consideran solamente los individuos medidos.  
Fuente: geobiota, 2025.

### 6.1.2 Vitalidad

Respecto a la vitalidad de los algarrobos, las distintas series presentan 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 una, 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 precipitaciones (Figura 6-2)<sup>20</sup>. En las series, también 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 6-2. 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 6-3) 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 29,91% 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 8,13%. 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 estado Seco y en menor medida a Crecimiento normal. Durante el invierno de 2025 se registra un aumento en la proporción de ejemplares en estado Muy débil y

**Comentado [EQ17]:** Indicar fuente y/o origen de los datos de precipitación y Temperatura media del aire

**Comentado [CA18R17]:** Se incorpora nota al pie indicando la procedencia de ambos datos

<sup>20</sup> Los datos de precipitaciones y temperaturas medias fueron obtenidos desde la Estación Agrometeorológica Camar, perteneciente a la Red de Monitoreo Agroclimático del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).



Débil; sin embargo, a partir de septiembre vuelve a predominar la categoría Crecimiento normal, junto con la aparición de la categoría Excepcionalmente vigoroso hacia los meses de noviembre y diciembre.

Los individuos de la serie B (ver Figura 6-3) muestran una mayor capacidad de recuperación, con una mayor participación en el tiempo de las categorías Excepcionalmente 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 contrate, durante el verano, la categoría de Crecimiento normal tiende a tener una mayor representatividad, siendo la categoría de mayor participación a lo largo del tiempo de estudio, con un promedio de 38,44%.

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 de 2023 se registraron eventos de precipitaciones (Figura 6-2), 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 de 2023 su punto máximo con un 54,39% de representatividad. Si bien durante la temporada invernal de 2023 se evidencia un deterioro en la vitalidad, este se revierte parcialmente durante la primavera, aunque con menor intensidad y una mayor variabilidad en las categorías Muy débil y Débil. En invierno y comienzos de la primavera de 2024 se observa nuevamente una disminución en la vitalidad, pero esta vez con una mayor representatividad de la categoría muy débil. En cuanto a la cantidad de individuos secos, desde mediados de 2023 han registrado incrementos leves y sostenidos, alcanzando en diciembre de 2025 un 63,46% de participación. Es importante mencionar que la categoría Excepcionalmente vigoroso se presenta casi exclusivamente durante 2023 en esta serie, junto con recientes apariciones de 7,69% y 15,38% en noviembre y diciembre de 2025, respectivamente.

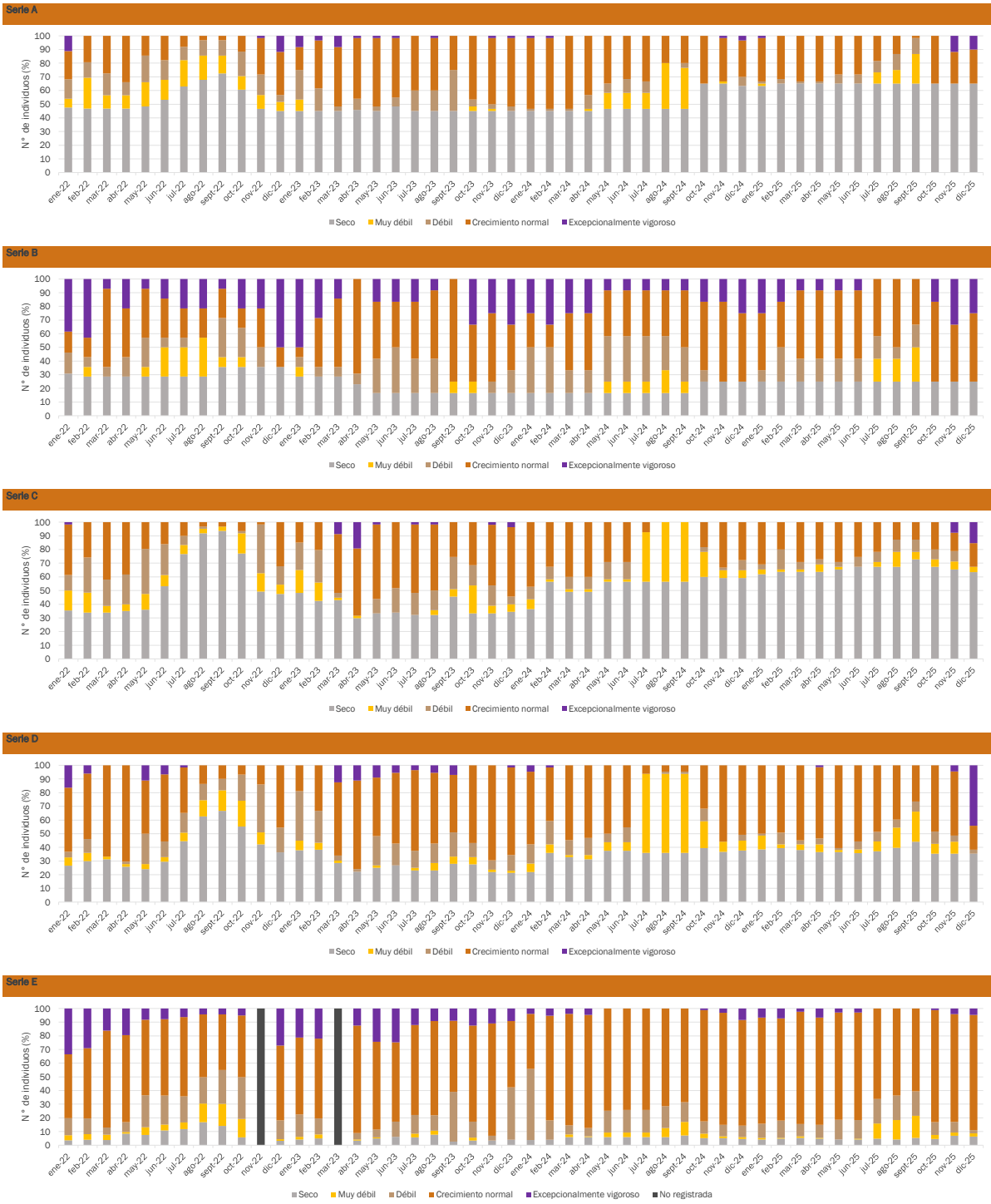
Respecto a la variación histórica en la vitalidad de la serie D (Figura 6-3), la categoría Crecimiento normal destaca como la más representativa, alcanzando su máximo en abril de 2022 con un 70,37%, y mostrando consistencia al mantenerse en niveles superiores al 50% durante gran parte de 2023, 2024 y 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 Excepcionalmente vigoroso mostró valores bajos y dispersos, con algunos máximos como en enero de 2022 (16,33%), marzo de 2023 (12,50%) y diciembre de 2025 (44,12%), pero con un promedio histórico de 3,19%. En cuanto a las categorías de menor vitalidad (Muy débil y Débil), estas presentaron grandes variaciones en el periodo estudiado. La categoría Muy débil presentó un promedio de 9,26%, con algunos valores destacablemente altos en julio, agosto y septiembre del 2024. Mientras que la categoría Débil promedió un 10,02%, 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 elevados, particularmente durante los meses invernales de agosto y septiembre de 2022, cuando alcanzó 62,71% y 66,67%, respectivamente. No obstante, es relevante destacar que durante el último año no se han registrado incrementos progresivos en la proporción de individuos en estado Seco, observándose incluso una leve disminución en comparación con diciembre de 2024.

Respecto a la variación histórica en la vitalidad de la serie E (Figura 6-4) la categoría de Crecimiento normal predomina como el estado de vitalidad con mayor número de individuos. Esta categoría alcanzó un máximo histórico en el monitoreo de abril de 2024, con un 82,78%, y presentó valores elevados de manera consistente en diversos momentos del período analizado, principalmente en aquellos meses en que las condiciones ambientales resultan más favorables, lo que permite identificar una mejora en el estado vital de los individuos durante la primavera y el verano.

Por otro lado, la categoría Excepcionalmente vigoroso, presentó variaciones, 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. En cuanto a las categorías de menor vitalidad, la categoría Débil mostró incrementos marcados 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.



Figura 6-3. 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 sí se registraron datos (junio y septiembre de 2023), se consideran solamente los individuos medidos.  
Fuente: geobiota, 2025.

### 6.1.3 Copa viva

Respecto a las categorías de copa viva, se observa el mismo comportamiento para todas las series (Figura 6-4). 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 6-2). 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. Por su parte, 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 6-4), alcanzando hasta diciembre de 2025 un promedio de 55,30%.

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, principalmente categorías inferiores al 25%. Esta diferencia podría ser resultado de la menor cantidad de precipitaciones registradas en Camar durante 2024 (Figura 6-2) en comparación al año anterior. El periodo 2025 se observa más estable, dominando la categoría 0% pero sin registrar aumentos, mientras que el resto de las observaciones oscilan principalmente entre la categoría 50-75% y 75-100%, a excepción del invierno donde aumenta la categoría 5-25%.

La variación histórica del porcentaje de copa viva de la serie B (Figura 6-4), muestra un mejor desempeño que la serie A. La categoría dominante en esta serie corresponde a 75-100% con un promedio de 42,08% a diciembre de 2025. En septiembre de 2022 registró un aumento de las categorías intermedias 5-25% y 25-50% (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. 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. Posteriormente, se observa un patrón similar, caracterizado por un aumento de las categorías de mayor porcentaje de copa viva durante la primavera de 2024 y el verano de 2025, seguido de una disminución de estas y un incremento de las categorías intermedias durante el otoño e invierno. Finalmente, hacia el cierre del año se evidencia

una mejoría, predominando la categoría 75-100%, que alcanza un 66,67% de participación en diciembre de 2025.

La Figura 6-4 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 14,40% a diciembre de 2025, solo por debajo de la categoría 0% la cual registra un promedio de 54,97%. 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 2024, 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. Durante invierno de 2023 se observa un deterioro, correspondiente 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 de 2023 como en marzo de 2025 se observa una mejora foliar, reflejada en el aumento de la categoría 75-100%. En ambos casos, durante los meses previos se registraron precipitaciones, lo que podría explicar este comportamiento favorable.

La Figura 6-4 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 29,15% a diciembre de 2025. Por su parte, la categoría de copa verde 0%, registra un promedio de 36,99%, lo cual indicaría un mejor estado foliar de la serie D, en comparación a la serie C. Durante el periodo estudiado, la categoría de copa viva <5% es la de menor participación, registrando un promedio de 6,24% a diciembre 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 6-2).

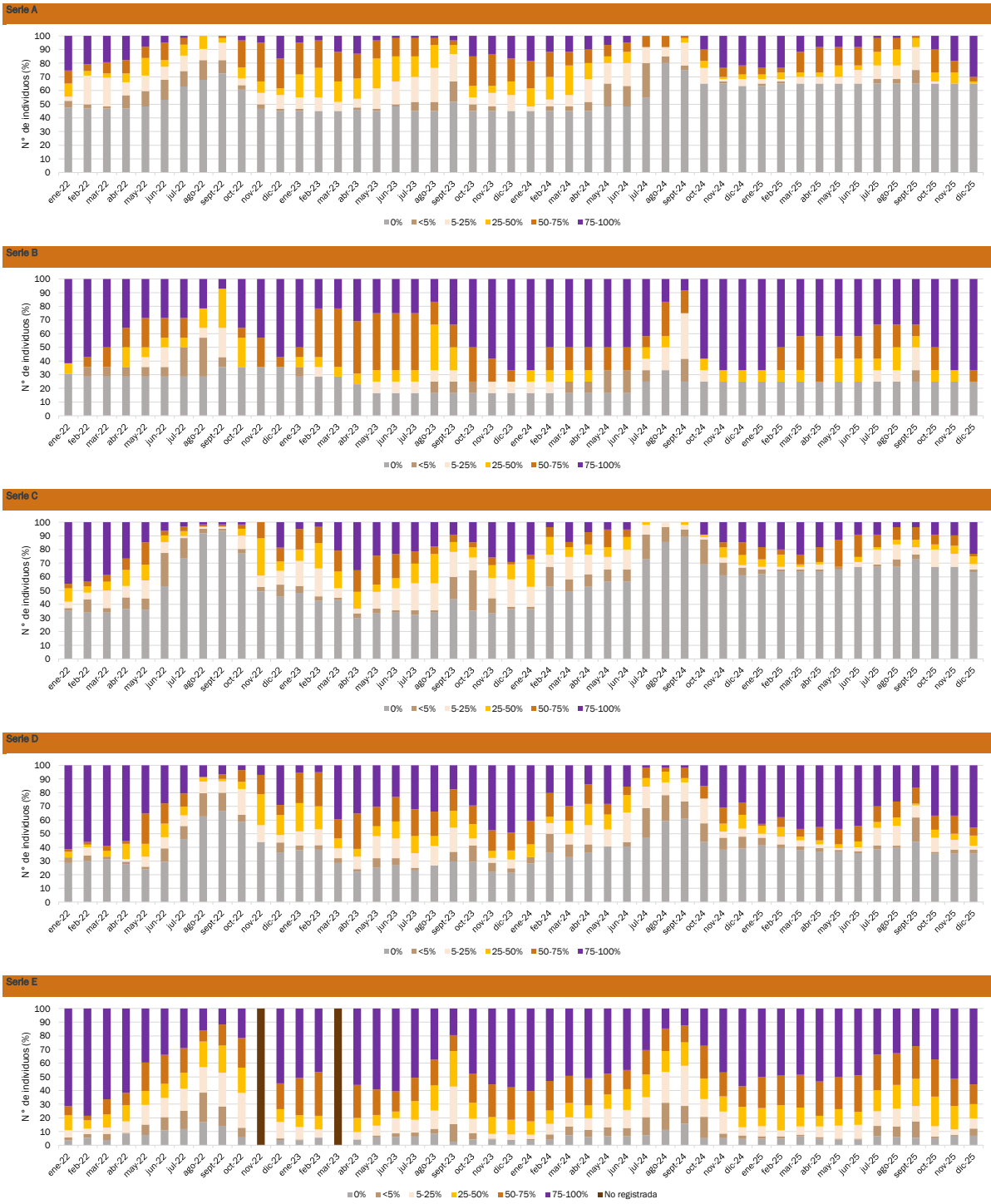
En la Figura 6-4 también se muestra la variación histórica del porcentaje de copa viva de la serie E. A lo largo del periodo estudiado (2022-2025), esta serie es la que registra un mejor estado foliar a lo largo del tiempo, siendo las categorías de copa viva mayor a 50% las predominantes. Se observa que la categoría de copa verde 75-100% es la de mayor participación, con un promedio de 44,76% a diciembre 2025, seguida por la categoría 50-75% con un promedio de 19,17%.

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 6,45% a diciembre de 2025 para la categoría 0% y de 5,49% 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 6-2). 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 6-4. Variación histórica del porcentaje de copa viva 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 se registraron datos (junio y septiembre de 2023), se consideran solamente los individuos medidos.

Fuente: geobiota, 2025.



#### 6.1.4 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 6-5, 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 y 2024, mientras que en el año 2023 y 2025 se presentó una mayor estabilidad en la senescencia. 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 6-5, 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, junto con octubre y noviembre de 2025, lo que es consistente con las condiciones favorables de la primavera. Por su parte, 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. 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 6-5, 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 y 2025, manteniendo valores elevados hasta septiembre. Posteriormente, disminuye en primavera y verano, con los valores más bajos observados en abril de 2023

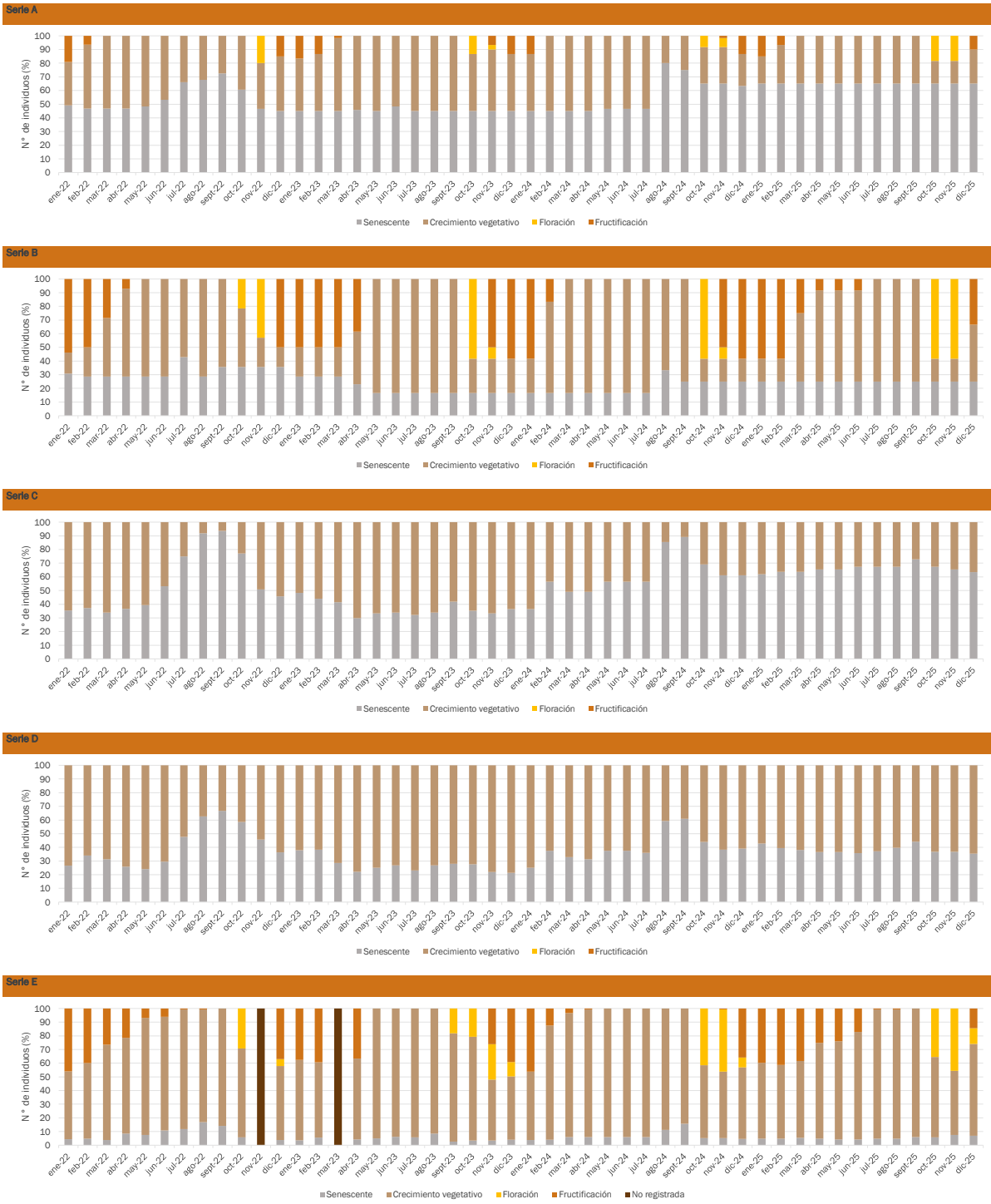


(29,82%), posterior a los meses más cálidos. La ausencia de un patrón estacional marcado durante el invierno de 2023 podría estar relacionado con las precipitaciones registradas en febrero (28,80mm), marzo (22,60mm) y abril (1,90mm) de ese año (ver Figura 6-2). Dado que, debido a su magnitud, estas lluvias 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 mantenerse estable en comparación con 2022 y 2024, presentando únicamente leves aumentos hacia el periodo invernal.

La variación histórica en el estado fenológico de la serie D se muestran en la Figura 6-5. 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. Durante el invierno de 2025, se registra un leve aumento de individuos Senescentes, que posteriormente vuelven a decrecer en primavera.

En la serie E, el Crecimiento vegetativo es dominante en todo el periodo analizado (Figura 6-5), con un promedio de 72,85%, 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. 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 6-5. 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 sí 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

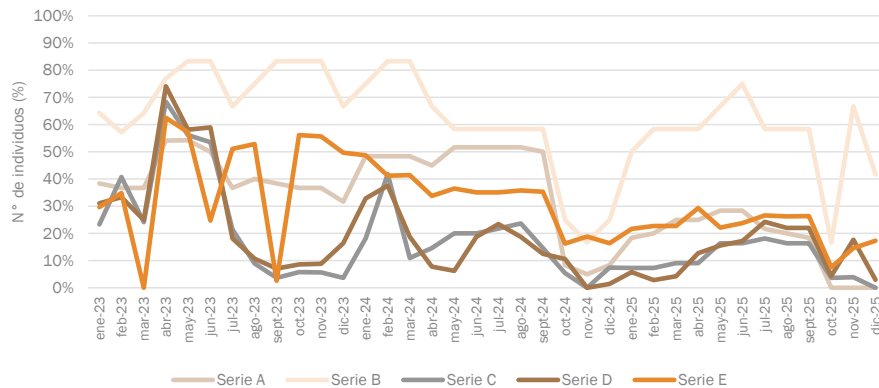
Desde el comienzo de los reportes mensuales del Programa de Cumplimiento se han observado algunos signos que evidencian el daño animal en varios ejemplares de *Neltuma alba* en la quebrada de Camar. Entre los que destaca la presencia de fecas, huellas y desgarramiento de ramas. Esta última se define 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 diciembre de 2025. En la serie A, el promedio histórico de afectación fue de  $32,31\% \pm 17,08\%$ , con un valor máximo de  $54,24\%$  (32 individuos) registrado en mayo de 2023. La serie B alcanzó un promedio de  $61,69\% \pm 18,21\%$ , 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  $17,71\% \pm 16,10\%$ , con un máximo de  $68,42\%$  (39 individuos) en abril de 2023. De manera similar, la serie D registró un promedio de  $19,18\% \pm 16,76\%$ , con un máximo de  $74,07\%$  (40 individuos) en abril de 2023. Finalmente, en la serie E se observó un promedio de  $32,35\% \pm 14,94\%$ , con un valor máximo de  $62,50\%$  (90 individuos), también reportado en abril de 2023.

Los resultados muestran un patrón diferenciado entre series, donde la serie B destaca por su mayor y persistente nivel de afectación, mientras que las series C y D, pese a registrar promedios bajos, alcanzan valores máximos elevados en determinados momentos, reflejando una alta variabilidad. Por su parte, las series A y E se mantienen en un nivel intermedio. Finalmente, resalta que abril de 2023 concentró los máximos de afectación en la mayoría de las series.

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 – Segundo semestre 2025



E-164 (Coordenadas UTM 604.745 E - 7.411.336 N)  
Octubre, 2025



A-47 (Coordenadas UTM 598.581 E - 7.409.758 N)  
Octubre, 2025

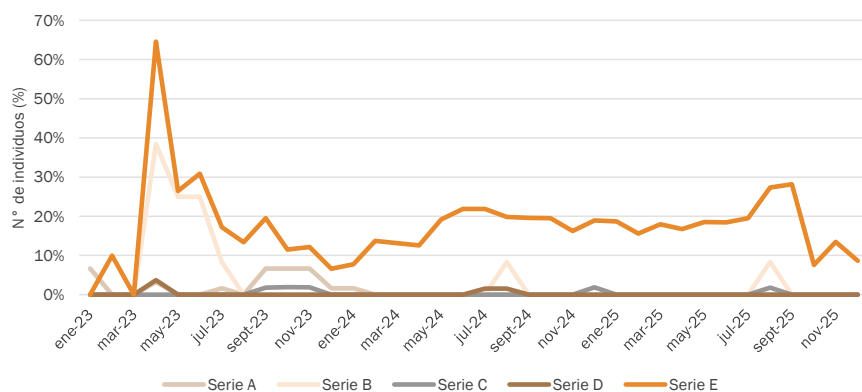
Fuente: Registro fotográfico terreno, 2025.

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 de  $0,97\% \pm 2,16\%$ , 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 de  $3,15\% \pm 8,59\%$  con un valor máximo de 38,46% (5 individuos) en abril de 2023. La serie C registra un promedio de  $0,26\% \pm 0,65\%$  y el valor máximo se registró en octubre de 2023



con un 1,92% (1 individuo). La serie D registra un promedio de  $0,19\% \pm 0,70\%$ , 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  $17,92\% \pm 10,38\%$ , con un máximo de 64,58% (93 individuos) registrado en abril de 2023. Cabe destacar que la serie E registre 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 – Segundo semestre 2025



E-190 (Coordenadas UTM 606.051 E - 7.410.954 N)  
Julio, 2025



E-021 (Coordenadas UTM 605.962 E - 7.410.783 N)  
Diciembre, 2025

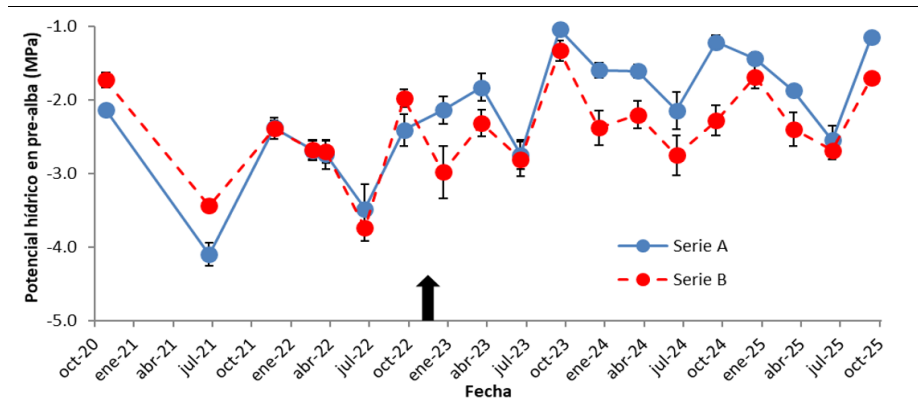
Fuente: Registro fotográfico terreno, geobiota, 2025.

6.1.6 Fisiología de algarrobos

En la Figura 6-8 y Figura 6-9 se observa la evolución en el tiempo del potencial hídrico en los árboles de la serie A y B (pre-alba y mediodía, respectivamente), desde noviembre de 2020 a octubre de 2025. En estas figuras se observan comportamientos similares en ambas mediciones, con valores más altos en potencial de pre-alba. En todos los meses de octubre se alcanzaron los valores más altos de potenciales hídricos de pre-alba de cada año, tanto en la serie A como en la serie B, siendo más notorio en la serie A (regada). Por otra parte, en las campañas de julio se observaron los valores más bajos de potencial hídrico de pre-alba de cada año, tanto en la serie A como en la serie B. Este comportamiento en el potencial hídrico también se presentó en las mediciones realizadas al mediodía en los primeros dos años (2021 y 2022) y en 2025, sin embargo, en 2023 y 2024 este patrón temporal no es tan evidente.

Por otro lado, antes de la aplicación de riego (diciembre 2022) la serie B tuvo valores de potencial hídrico (pre-alba y mediodía) superiores o similares a los de la serie A, lo que se da por el mejor estado hídrico de los árboles B11, B17, B20 y B21. Estos árboles se encuentran distribuidos cercanos a la ruta CH-23, donde los árboles B20 y B21 reciben diariamente agua liberada desde el poblado de Camar, lo que ha sido observado desde el inicio de las mediciones en 2020. Al iniciar el riego de los árboles de la serie A, estos alcanzaron valores superiores a los de la serie B en todas las campañas posteriores, excepto en las mediciones de mediodía de julio de 2023 y abril de 2025, lo que posiblemente fue provocado por condiciones ambientales de mayor humedad relativa y menor temperatura del aire.

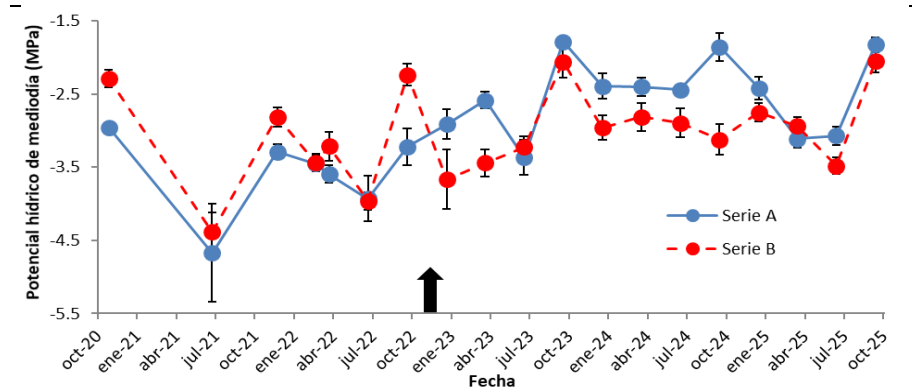
Figura 6-8. Variación histórica del potencial hídrico en pre-alba para árboles de las series A y B\*



\*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.

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

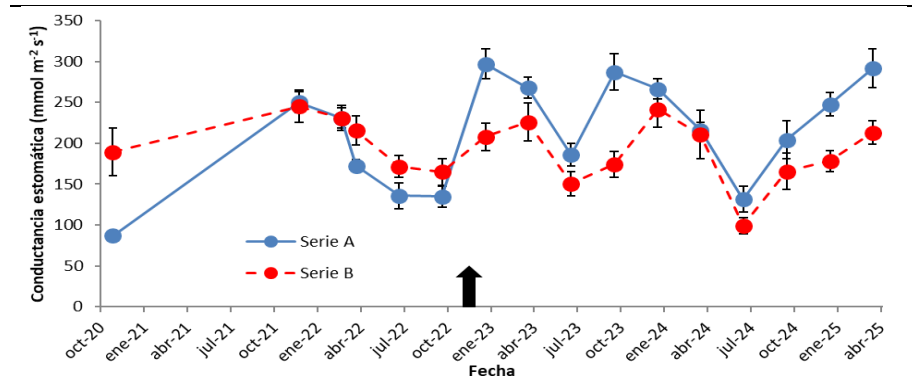


\*Las barras verticales representan el error estándar de la media. La flecha representa el inicio de la aplicación de riego en los árboles de la serie A.

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

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, mientras que, en las últimas doce campañas, con la aplicación del riego en la serie A, esta alcanza valores superiores o similares a los de la serie B. Los valores de la serie A de enero y octubre de 2023 y abril 2025, 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 (excepto en 2025 en la serie B), alcanzando los valores más bajos de cada año.

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. El bajo potencial hídrico de julio puede deberse a las bajas temperaturas a las que están sometidos los árboles ese mes, generando alteraciones en el grado de control estomático (Allen y Ort, 2001) como también mostrar una caída en el potencial hídrico (Vernieri *et al.*, 2001). Las bajas temperaturas también podrían provocar una disminución de la conductividad hidráulica de las raíces (Allen y Ort, 2001), y una caída en el contenido relativo de agua (Vernieri *et al.*, 2001), además puede provocar cavitación del xilema (Hacke y Sauter, 1996) y cambios en la fluidez y permeabilidad de las membranas (Sellin y Kupper, 2007) y/o cambios en la viscosidad del agua (López y Nobel, 1990), que pueden provocar pérdidas en el porcentaje de conductividad hidráulica de la planta (Carevic *et al.*, 2017).

Por otra parte, 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.

### 6.1.7 Biomasa de algarrobos

La Tabla 6-1 presenta la biomasa Total según vitalidad y medición, para la población estudiada del género *Neeltuma* (ex *Prosopis*) emplazada en el sector de Camar, borde este del Salar de Atacama.

Tabla 6-1. Biomasa acumulada Total (kg)

Fecha	N°	Serie	Vivos		Secos		Total (Vivos+Secos)	
Nov 2020	1	A+B+C+D	-		-		-	
Abr 2022	2	A+B+C+D	4.478,89	a	277,90	ab	4.756,79	a
Ene 2023	3	A+B+C+D	4.424,70	a	264,58	ab	4.689,28	a
Abr 2023	4	A+B+C+D	4.721,87	b	241,29	a	4.963,16	b
Jul 2023	5	A+B+C+D	4.823,68	b	381,77	a	5.205,45	b
Oct 2023	6	A+B+C+D	5.118,38	b	469,86	a	5.588,24	b
Ene 2024	7	A+B+C+D	7.997,37	cd	360,59	cd	8.357,96	cd
Abr 2024	8	A+B+C+D	7.512,39	ac	335,47	abc	7.847,86	a
Jul 2024	9	A+B+C+D	8.331,70	ac	127,12	abc	8.458,82	ae
Oct 2024	10	A+B+C+D	6.733,32	cd	323,42	d	7.056,74	c
Ene 2025	11	A+B+C+D	6.153,58	acd	400,07	bcd	6.553,65	cd
Abr 2025	12	A+B+C+D	7.734,28	cd	425,09	cd	8.159,37	cd



Tabla 6-1. Biomasa acumulada Total (kg)

Fecha	N°	Serie	Vivos		Secos		Total (Vivos+Secos)	
Jul 2025	13	A+B+C+D	8.539,01	d	415,51	abcd	8.954,52	cd
Oct 2025	14	A+B+C+D	8.434,95	c	171,79	cd	8.606,74	de

(-) No se registra medición. Letras diferentes al costado derecho de cada valor, indican diferencias estadísticamente significativas (Prueba de Wilcoxon  $p < 0.05$ ).

Fuente: geobiota, 2025. En base a los informes trimestrales del año 2025: "Estimación biomasa de una población del género *Neltuma* (ex *Prosopis*) (algarrobo) emplazada en la quebrada de Camar, Borde Este del Salar de Atacama". Anexo 10.

La biomasa de los individuos de la población (Series A, B, C y D) clasificados como "Vivos", "Secos" y Total, en el periodo comprendido entre abril de 2022 y octubre de 2025 presenta diferencias estadísticamente significativas entre mediciones (valores p en el Anexo 10). Si se compara la primera y la última medición registrada, se observa un aumento en la biomasa de individuos "Vivos" de 3.956,06 kg (88,3%), una disminución en la biomasa de individuos "Secos" de 106,11 kg (38,2%) y un aumento de la biomasa Total de 3.849,95 kg (80,9%), presentando diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones (valores p en el Anexo 10).

A nivel de componente, la Tabla 6-2 presenta la biomasa de Fustes según vitalidad y medición, para la población estudiada.

Tabla 6-2. Biomasa acumulada de Fustes (kg)

Fecha	N°	Serie	Vivos		Secos		Total (Vivos+Secos)	
Nov 2020	1	A+B+C+D	-	-	-	-	-	-
Abr 2022	2	A+B+C+D	782,91	a	63,51	a	846,42	a
Ene 2023	3	A+B+C+D	738,52	a	60,98	a	799,50	a
Abr 2023	4	A+B+C+D	679,51	b	55,57	a	735,08	b
Jul 2023	5	A+B+C+D	834,84	b	77,99	a	912,83	b
Oct 2023	6	A+B+C+D	789,20	b	93,13	a	882,33	b
Ene 2024	7	A+B+C+D	728,97	c	64,99	bc	793,96	cde
Abr 2024	8	A+B+C+D	773,91	c	61,16	bc	835,07	cf
Jul 2024	9	A+B+C+D	812,90	c	33,06	ab	845,96	f
Oct 2024	10	A+B+C+D	684,25	cd	77,64	c	761,89	d
Ene 2025	11	A+B+C+D	663,21	cd	91,60	bc	754,81	ce
Abr 2025	12	A+B+C+D	833,38	cd	83,55	bc	916,93	cde
Jul 2025	13	A+B+C+D	863,02	d	76,92	abc	939,94	de
Oct 2025	14	A+B+C+D	819,22	c	45,67	bc	864,89	cf

(-) No se registra medición. Letras diferentes al costado derecho de cada valor, indican diferencias estadísticamente significativas (Prueba de Wilcoxon  $p < 0.05$ ).

Fuente: geobiota, 2025. En base a los informes trimestrales del año 2025: "Estimación biomasa de una población del género *Neltuma* (ex *Prosopis*) (algarrobo) emplazada en la quebrada de Camar, Borde Este del Salar de Atacama". Anexo 10.



La biomasa acumulada de fustes de los individuos de la población (Series A, B, C y D) clasificados como “Vivos”, “Secos” y Total, en el periodo comprendido entre abril de 2022 y octubre de 2025, presenta diferencias estadísticamente significativas entre mediciones (valores p en el Anexo 10). Si se compara la primera y la última medición registrada (abril de 2022 y octubre de 2025), se observa un aumento en la biomasa acumulada de fustes de individuos vivos de 36,31 kg (4,6%), una disminución en la biomasa acumulada de fustes de individuos secos de 17,84 kg (28,1%) y un aumento de la biomasa acumulada de fustes Total de 18,47 kg (2,2%). Observándose diferencias significativas entre las mediciones (valores p en el Anexo 10).

La Tabla 6-3 presenta la biomasa de Ramas según vitalidad y medición, para la población estudiada.

Tabla 6-3. Biomasa acumulada de Ramas (kg)

Fecha	N°	Serie	Vivos		Secos		Total (Vivos+Secos)	
Nov 2020	1	A+B+C+D	-	-	-	-	-	-
Abr 2022	2	A+B+C+D	1.527,19	a	58,26	ab	1.585,45	a
Ene 2023	3	A+B+C+D	1.557,44	a	59,15	ab	1.616,59	ab
Abr 2023	4	A+B+C+D	1.970,91	b	53,32	ab	2.024,23	c
Jul 2023	5	A+B+C+D	1.560,96	ab	76,90	a	1.637,86	bc
Oct 2023	6	A+B+C+D	1.605,75	a	66,47	ab	1.672,22	abc
Ene 2024	7	A+B+C+D	6.402,59	cd	40,41	cd	6.443,00	def
Abr 2024	8	A+B+C+D	5.151,20	cd	39,90	cd	5.191,10	dg
Jul 2024	9	A+B+C+D	6.031,63	c	22,97	abc	6.054,60	g
Oct 2024	10	A+B+C+D	4.275,50	d	60,47	d	4.335,97	e
Ene 2025	11	A+B+C+D	4.935,18	cde	60,97	cd	4.996,15	df
Abr 2025	12	A+B+C+D	6.095,66	cde	76,19	cd	6.171,85	df
Jul 2025	13	A+B+C+D	6.374,83	e	78,55	bcd	6.453,38	ef
Oct 2025	14	A+B+C+D	7.193,42	cde	42,59	cd	7.236,01	dfg

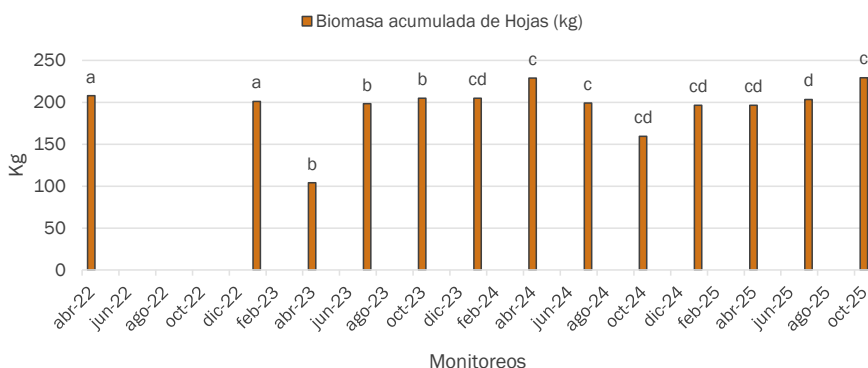
(-) No se registra medición. Letras diferentes al costado derecho de cada valor, indican diferencias estadísticamente significativas (Prueba de Wilcoxon  $p < 0.05$ ).

Fuente: geobiota, 2025. En base a los informes trimestrales del año 2025: “Estimación biomasa de una población del género *Neltuma* (ex *Prosopis*) (algarrobo) emplazada en la quebrada de Camar, Borde Este del Salar de Atacama”. Anexo 10.

Se observa que los individuos catalogados como “Vivos”, “Secos” y Total, presentan diferencias estadísticamente significativas entre mediciones (valores p en el Anexo 10). Si se compara la primera y la última medición registrada (abril de 2022 y octubre de 2025), se observa un aumento en la biomasa acumulada de Ramas de individuos “Vivos” de 5.666,23 kg (371,0%), una disminución en la biomasa acumulada de Ramas de individuos “Secos” de 15,67 kg (26,9%) y un aumento de la biomasa acumulada Total de Ramas de 5.650,56 kg (356,4%). Para todos estos casos, se observan diferencias significativas entre las mediciones (valores p en el Anexo 10).

La Figura 6-11 presenta el promedio de la biomasa del componente Hojas (kg) según monitoreo, para la población estudiada. Es importante señalar que, solo se consideraron los individuos vivos para determinar esta proporción de biomasa, ya que los individuos secos no presentan hojas.

Figura 6-11 Promedio de la biomasa de Hojas (kg) por monitoreo



Años vacíos no registran mediciones. Letras diferentes arriba de las barras, indican diferencias estadísticamente significativas (Prueba de Wilcoxon  $p < 0.05$ ).

Fuente: geobiota, 2025. En base a los informes trimestrales del año 2025: "Estimación biomasa de una población del género *Neltuma* (ex *Prosopis*) (algarrobo) emplazada en la quebrada de Camar, Borde Este del Salar de Atacama". Anexo 10.

La biomasa acumulada de Hojas de los individuos del total de la población (Series A, B, C, D), clasificados como "Vivos", en el periodo comprendido entre abril de 2022 y octubre de 2025, presenta diferencias estadísticamente significativas entre mediciones (valores p en Anexo 10). Si se compara la primera y la última medición registrada (abril de 2022 y octubre de 2025), se observa un aumento en la biomasa acumulada de Hojas de 21,67 kg (10,4%), presentando también diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones.

## 6.2 Evaluación de ejemplares de *Neltuma alba* 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 37 mediciones mensuales realizadas entre diciembre de 2022 y diciembre 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 ha sido la predominante en los individuos de *Neltuma alba* bajo sistema de riego, presentando fluctuaciones asociadas a la estacionalidad, con un promedio de  $23 \pm 9$  individuos. El valor máximo se registró en diciembre de 2024, con 35 individuos, mientras que el mínimo histórico desde el inicio de la aplicación del riego se observó en septiembre de 2025, con solo 4 individuos en esta categoría.



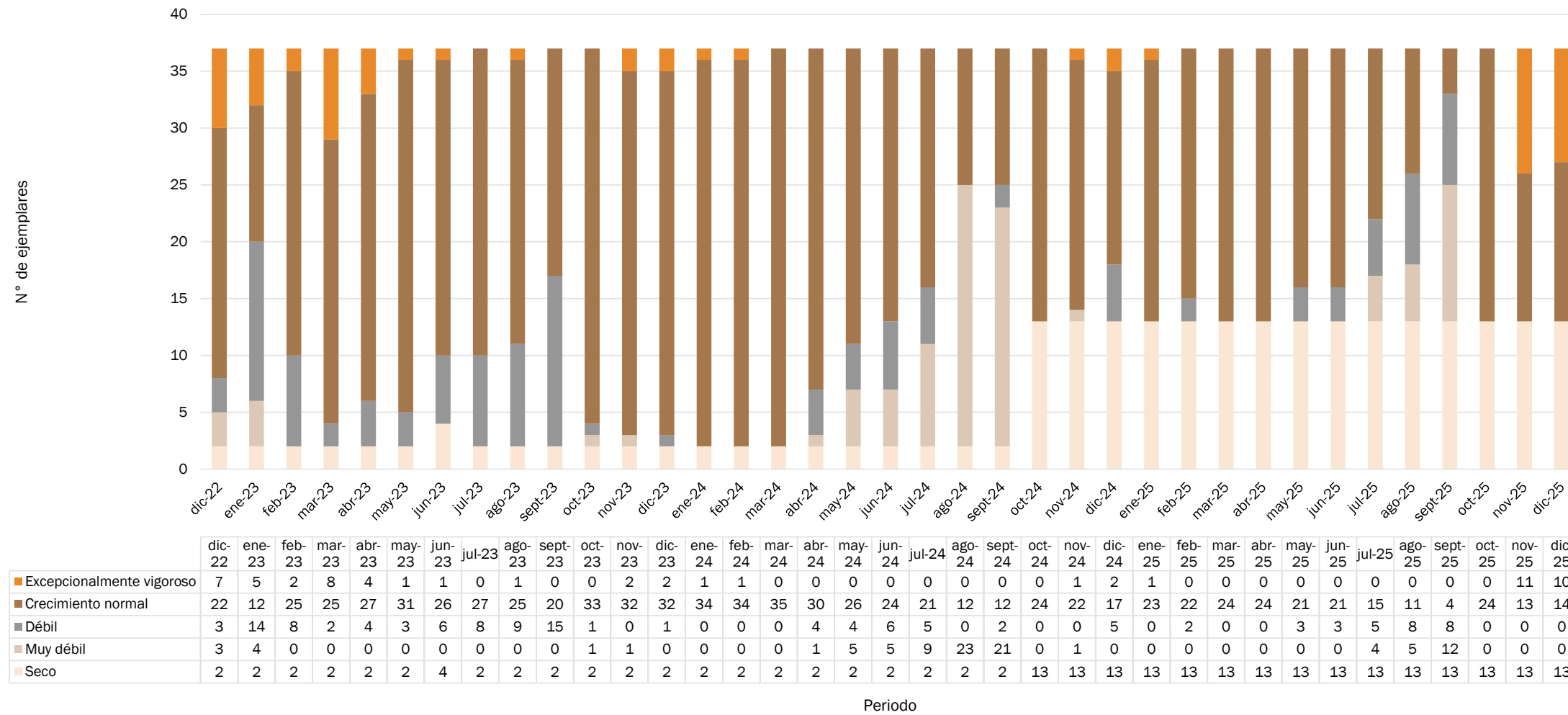
Por su parte, las categorías de menor vitalidad (Débil y Muy débil) presentan una alta variabilidad a lo largo de los monitoreos, observándose incrementos en la categoría Débil durante el invierno de 2023 y aumentos más marcados de la categoría Muy débil durante el invierno de 2024. En cuanto a la categoría Excepcionalmente vigoroso, su ocurrencia ha sido baja y discontinua, dado que esta condición se registra principalmente durante el período primavera-verano, pese a la aplicación continua del sistema de riego desde diciembre de 2022. Este comportamiento sugiere que el riego no induce de manera sistemática el desarrollo de individuos en estado Excepcionalmente vigoroso.

Asimismo, a partir de octubre de 2024 se observa un aumento en el número de individuos clasificados como Secos, alcanzando 13 ejemplares, sin evidenciarse una disminución posterior durante los meses siguientes ni a lo largo del año 2025.

En el último semestre, la dinámica observada en los individuos vivos es coherente con el patrón esperado según la estacionalidad. Al inicio del período invernal, la categoría Crecimiento normal concentra la mayor proporción de individuos, mientras que el porcentaje restante corresponde a ejemplares clasificados en categorías de menor vitalidad (Débil y Muy débil). A medida que avanza el semestre y se inicia el período primaveral, estas categorías inferiores dejan de registrarse, observándose simultáneamente un aumento en la proporción de individuos clasificados como Crecimiento normal y Excepcionalmente vigoroso.



Figura 6-12. 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.



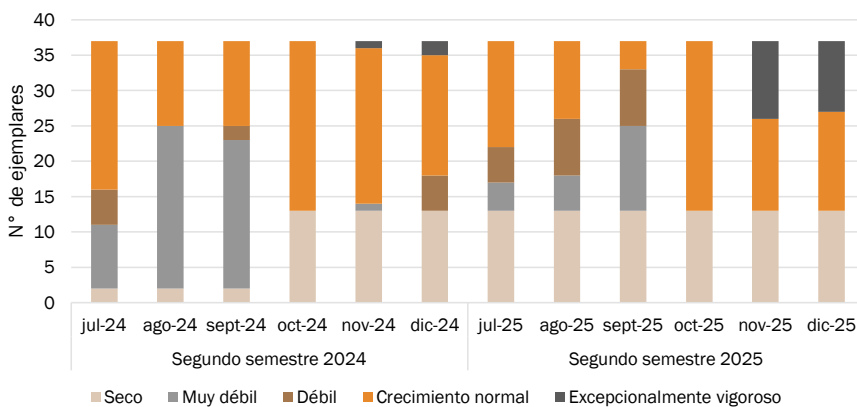
**6.2.1.1 Evaluación de vitalidad de los árboles bajo sistema de riego respecto al segundo semestre del año 2024**

Para evaluar la vitalidad de los 37 individuos de *Neltuma alba* bajo sistema de riego durante el segundo semestre de 2025, se compararon los resultados con el mismo período de 2024 (Figura 6-13). El resultado más relevante es que la proporción de individuos clasificados como Secos se ha mantenido constante desde octubre de 2024, sin evidenciar recuperación durante 2025.

Adicionalmente, la categoría Muy débil presenta valores consistentemente menores en 2025 respecto de 2024, mientras que la categoría Débil muestra un aumento progresivo entre julio y septiembre de 2025, seguido de una disminución posterior, lo que sugiere una posible reclasificación de individuos previamente Muy débiles. La categoría Crecimiento normal mantiene un patrón estacional similar entre ambos años, mientras que Excepcionalmente vigoroso presenta un incremento significativo en noviembre y diciembre de 2025 en comparación con 2024.

Pese a contar con riego activo, la persistencia de individuos Secos dentro del total de 37 ejemplares constituye el hallazgo más significativo, ya que indica que el riego no ha sido suficiente para revertir las condiciones de estrés del sitio. Este comportamiento podría estar asociado, al menos parcialmente, a incidencias operacionales en el sistema de riego, tales como filtraciones o roturas, que afectarían la distribución efectiva del recurso hídrico.

Figura 6-13. Evolución de la vitalidad de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego



Fuente: geobiota, 2025.

**6.2.2 Porcentaje de copa viva**

Entre 2022 y el primer semestre de 2024, los individuos sin copa viva (asociados a condición Seco) se mantuvieron bajos y relativamente estables. Desde el segundo semestre de 2024 se observa un aumento marcado, con un máximo de 25 individuos (agosto 2024) y luego una estabilización en 13 individuos, valor que se mantiene durante los últimos 15 monitoreos.



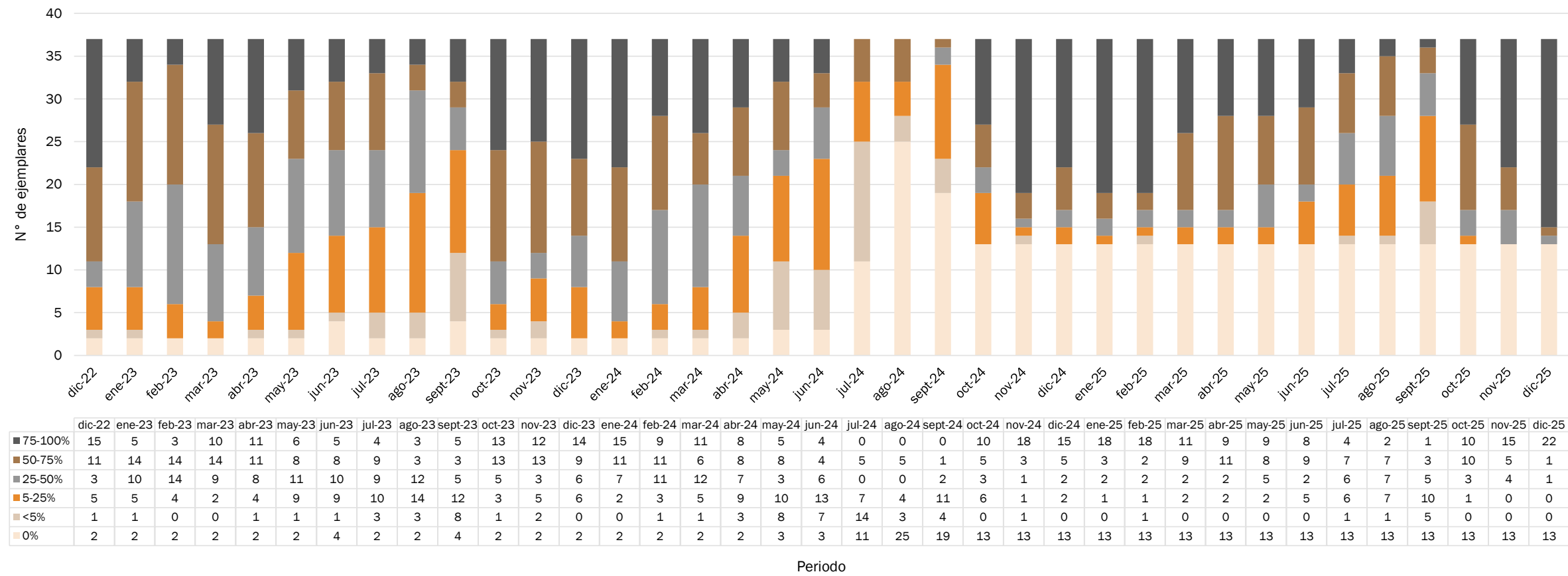
La categoría <5% de copa viva presenta alta variabilidad (mínimos recurrentes de 0), con un máximo de 14 individuos (julio 2024). Históricamente tiende a aumentar en otoño-invierno y disminuir en primavera-verano; sin embargo, esa estacionalidad no se evidencia en 2025, coincidiendo con el mayor número de individuos Secos desde septiembre de 2024.

Las categorías intermedias 5-25% y 25-50% alcanzan máximos puntuales de 14 individuos (2023), sin una tendencia temporal consistente.

Las categorías altas 50-75% y 75-100% muestran un patrón estacional más claro: aumentan en primavera-verano y disminuyen en invierno, llegando la categoría 75-100% a registrar 0 individuos en inviernos de 2023 y 2024.

En síntesis, durante el período evaluado se destaca el incremento y la posterior estabilización de los individuos sin copa viva a partir del segundo semestre de 2024, lo que sugiere una pérdida sostenida de actividad foliar en parte del grupo y una menor expresión de la estacionalidad esperada en 2025, asociada a la mayor proporción de individuos en condición Seco.

Figura 6-14. 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 segundo semestre del año 2024**

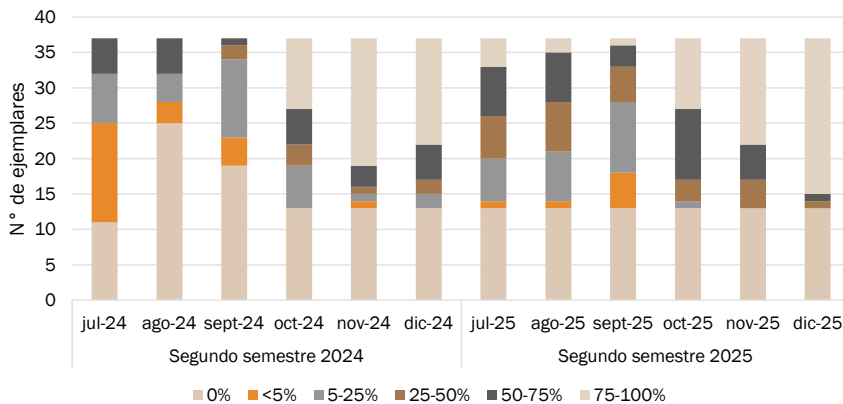
Para evaluar el porcentaje de copa viva de los ejemplares de *Neltuma alba* bajo sistema de riego durante el segundo semestre de 2025, se comparó este parámetro con los datos obtenidos en el segundo semestre de 2024 (Figura 6-14).

El resultado más relevante es la mantención del número de individuos sin copa viva, que durante 2025 se mantiene en 13 individuos, sin variaciones respecto de lo registrado desde octubre de 2024. En la categoría <5% de copa viva, si bien esta se presenta predominantemente durante los meses invernales, se observa en 2025 una disminución en el número de individuos en comparación con 2024. Por su parte, la categoría 5-25% presenta valores globalmente similares entre ambos períodos, con variaciones mensuales menores.

En contraste, durante 2025 se registra una mayor representación de individuos en categorías superiores al 25% de follaje, respecto del período anterior. En particular, la categoría 25-50% muestra una mayor proporción de individuos durante los meses invernales en comparación con 2024, mientras que la categoría 50-75% evidencia un incremento leve a nivel general. Finalmente, la categoría 75-100% de copa viva presenta un aumento significativo hacia el término del segundo semestre de 2025, concentrándose principalmente en los meses de primavera.

En conjunto, los resultados indican que, si bien persiste un grupo estable de individuos sin actividad foliar, durante el segundo semestre de 2025 se observa una mejora en la distribución del porcentaje de copa viva, reflejada en un desplazamiento hacia categorías de mayor follaje, especialmente hacia el final del período evaluado.

Figura 6-15. 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  $\approx 400$  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 ( $\approx 3.500$  ha).

La formación más abundante considerando todos los monitoreos es el matorral de *Tessaria absinthioides*, concentrando un promedio de  $242,00 \text{ ha} \pm 7,10$  ha con un valor máximo de  $257,84$  ha en abril de 2023. A su vez, este matorral representa en promedio un 59,93% de la superficie total cubierta de matorrales en la quebrada y un 5,98% de la quebrada.

El matorral de *Tiquilia atacamensis* registra la segunda formación más abundante con un promedio de  $104,31 \text{ ha} \pm 12,40$  ha, el valor máximo se observó en los meses de abril 2021 y enero 2022 con  $117,70$  ha. Este matorral representa en promedio un 25,83% de la superficie total de matorrales y un 2,58% de la quebrada.

Según Richardson (1977), las especies del género *Tiquilia* son xerofíticas perennes, y algunas pueden florecer y fructificar el primer año, funcionando como anuales si son eliminadas por condiciones adversas posteriores. De acuerdo con lo observado en terreno, *Tiquilia atacamensis* se ajusta a estas características, dado que su aparición y densidad de individuos se asocian con precipitaciones abundantes como las registradas entre enero y febrero de 2017, 2018 y 2019 en la zona.

Durante el semestre actual el matorral de *Tiquilia atacamensis* ha disminuido su superficie, a partir del cambio de cuatro formaciones ( $17,62$  ha en total) que fueron reclasificadas como zonas de vegetación escasa (ZVE). Esta disminución podría estar relacionada con la menor disponibilidad de precipitaciones en los últimos periodos, lo que habría limitado la regeneración y permanencia de la especie, dada su fuerte dependencia de eventos lluviosos intensos para mantener su dinámica poblacional.

Con menos superficie, el matorral de *Aloysia deserticola* - *Efedra multiflora* registra un promedio de  $31,24 \text{ ha} \pm 7,30$  ha, con un valor máximo de  $41,10$  ha determinadas en octubre de 2022 y enero de 2023. Este matorral representa en promedio un 7,74% de la superficie total cubierta por matorrales y un 0,77% de la superficie total de la quebrada.

El matorral de *Atriplex Atacamensis* - *Atriplex imbricata* posee un promedio de 26,23 ha  $\pm$  7,30 ha con un valor máximo de 44,05 ha reportado en enero 2024. Este matorral representa en promedio un 6,50% de la superficie total cubierta de matorrales de la quebrada y un 0,65% de la superficie total de la quebrada.

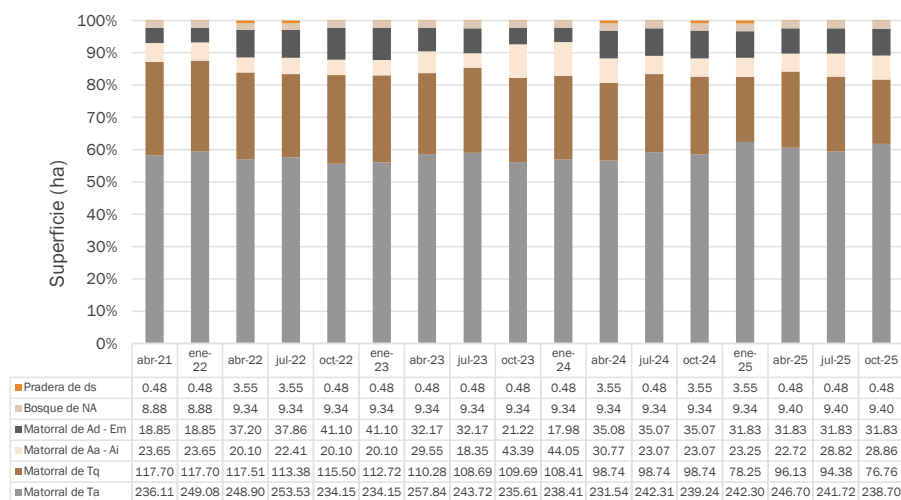
Finalmente, las superficies del Bosque de *Neltuma alba* y la pradera de *Distichlis spicata* registran un promedio de 9,30 ha  $\pm$  0,20 ha y 1,38 ha  $\pm$  1,40 ha, respectivamente, siendo aquellas con menor ocupación total (0,23% y 0,03% de la quebrada).

Tabla 6-4. Variación histórica de superficie de las formaciones vegetacionales presentes en la quebrada de Camar

Período	Matorral de <i>Tessaria absinthoides</i>	Matorral de <i>Tiquilia 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
Jul-25	241,72	94,38	28,82	31,83	9,40	0,48	406,63
Oct-25	238,70	76,76	28,86	31,83	9,40	0,48	386,03

Fuente: geobiota, 2025.

Figura 6-16. Evolución de la superficie de las formaciones vegetacionales presentes en la quebrada de Camar



Donde: ds: *Distichlis spicata*; NA: *Neituma 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 *Neituma alba* ni Pradera de *Distichlis spicata*).

Fuente: geobiota, 2025.

### 6.3.1.2 Vitalidad

Tal como se muestra en la Figura 6-17, 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 (53,55% ± 26,90%), 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 (25,10% ± 17,07%; máximo 62,67% en julio 2022) y Muy Débil (11,50% ± 13,77%; 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: Excepcionalmente vigoroso (2,22% ± 4,47%) y Seco (6,51% ± 10,68%), lo que evidencia que las unidades en estado óptimo o, por el contrario, totalmente secas, son escasas 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.

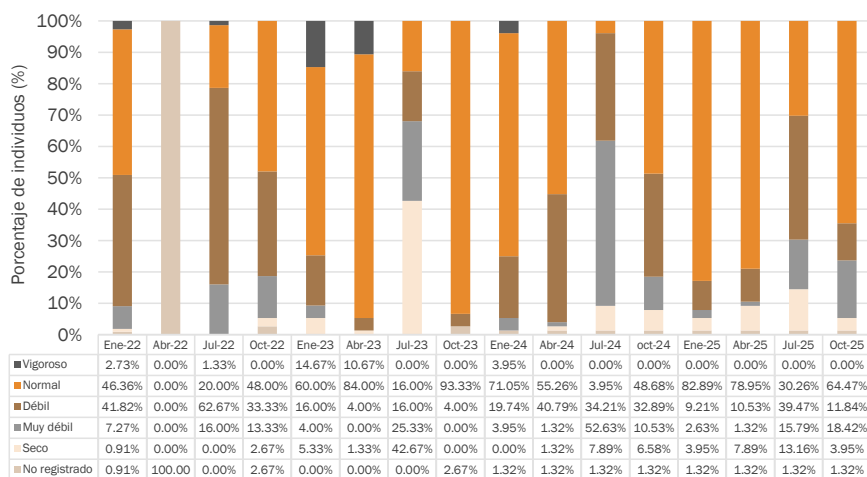
Al comparar los monitoreos del segundo semestre de 2025, se observa una disminución en el número de polígonos en categoría Seco y Débil hacia el mes de octubre, con una diferencia de 9,21% y 27,63%, respectivamente. Contrariamente, se observa un aumento en el número de polígonos Muy débiles y en



Crecimiento normal con un diferencial positivo de 2,63% y 34,21%. La categoría Excepcionalmente vigoroso se mantuvo, ya que no hubo polígonos en esta categoría para ambos periodos (julio y octubre).

Al término del segundo semestre de 2025, se destaca un aumento del 15,79% en la categoría Crecimiento normal, respecto de lo registrado al término del semestre de 2024, junto con una disminución del 21,05% en la categoría Débil.

Figura 6-17. Variación histórica de la vitalidad en la vegetación de la quebrada de Camar



Fuente: geobiota, 2025.

### 6.3.1.3 Porcentaje de copa viva

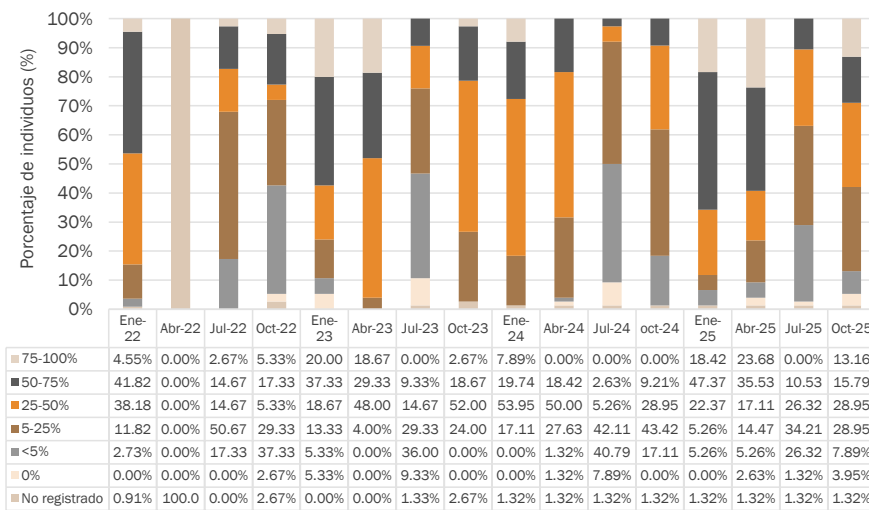
La vegetación en la quebrada de Camar tiende a mantenerse dentro de categorías intermedias de copa viva, concentrando la mayor proporción promedio de individuos en la categoría 25–50% (28,29% ± 16,61%), 5–25% (25,04% ± 14,02%) y 50–75% (21,85% ± 13,31%). En contraste, las categorías extremas presentan menores valores: <5% (13,51% ± 14,77%), 75–100% (7,80% ± 8,60%) y 0% (2,30% ± 3,07%), 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 los resultados entre julio y octubre de 2025, se observa una disminución en la proporción de unidades con follaje en las categorías <5% y 5–25%, con reducciones de 18,42% y 5,26%, respectivamente. En contraste, las categorías más frondosas muestran los siguientes incrementos: la categoría 0% aumentó en 2,63%; el rango 25–50% también presentó un alza de 2,63%; 50–75% registró un incremento de 5,26%; y la categoría 75–100% fue la que mostró la mayor variación positiva, con un aumento



de 13,16%. Estos resultados evidencian un desplazamiento hacia clases de mayor cobertura de copa viva, fenómeno que probablemente se relaciona con el inicio de la primavera y las condiciones favorables que esta estación ofrece para el desarrollo vegetativo.

Figura 6-18. Variación histórica del porcentaje de copa viva en la vegetación de la quebrada de Camar



Fuente: geobiota, 2025.

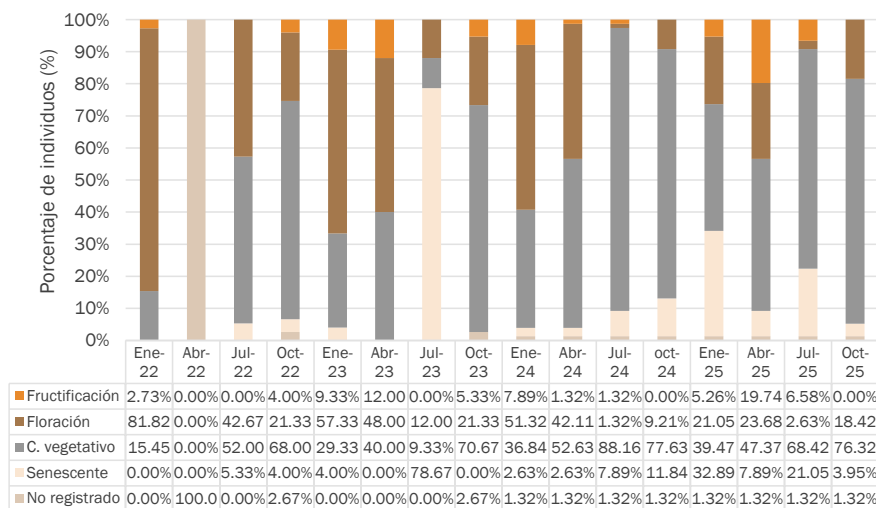
### 6.3.1.4 Estado fenológico

Tal como se muestra en la Figura 6-19, el estado fenológico predominante corresponde al crecimiento vegetativo, con un promedio de  $51,44\% \pm 23,37\%$  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  $30,28\% \pm 22,75\%$ , alcanzando un máximo de  $81,82\%$  en enero de 2022, mientras que la fructificación se presenta de manera mucho más acotada ( $5,03\% \pm 5,54\%$ ), con un máximo de  $19,74\%$  en abril de 2025. Finalmente, el estado senescente muestra un promedio de  $12,19\% \pm 20,43\%$ , 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 períodos de julio y octubre de 2025, se aprecia una disminución de  $17,11\%$  y  $6,58\%$  en las categorías senescente y fructificación, respectivamente. En contraste, las categorías crecimiento vegetativo y floración muestran incrementos de  $7,89\%$  y  $15,79\%$ . Estos cambios son coherentes con la dinámica fenológica de transición entre invierno y primavera. Durante este período, las formaciones vegetacionales comienzan a salir del receso invernal, reactivando procesos de crecimiento y desarrollo. Como resultado, disminuye la proporción de unidades en estado de senescencia y se incrementa la presencia de individuos en etapas activas, como crecimiento vegetativo y floración.



Figura 6-19. Variación histórica del estado fenológico en la vegetación de la quebrada de Camar



Fuente: geobiota, 2025.

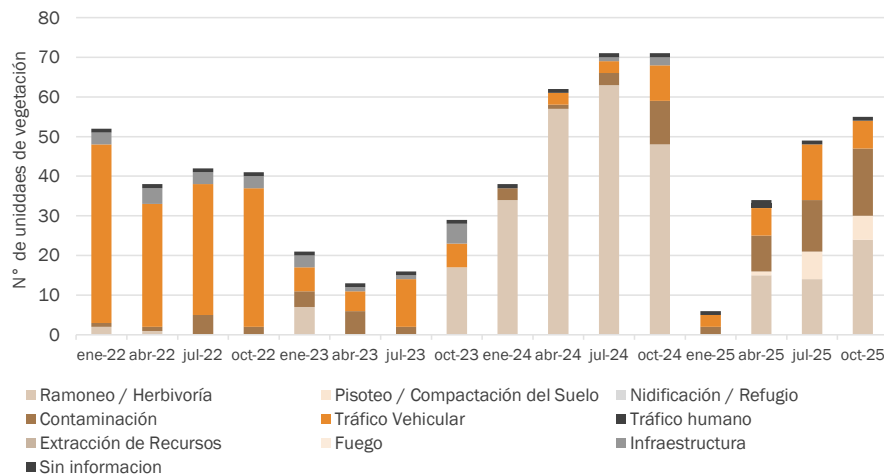
### 6.3.1.5 Afectación antrópica y/o natural

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 6-20). Al analizar la afectación natural y antrópica desde enero de 2022 a octubre 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. 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, observándose mayor presencia de este tipo de daño en los árboles de *Neltuma alba* (algarrobo) que crecen en la quebrada.

Respecto a la afectación antrópica, el 31,58% de los polígonos monitoreados se observó con algún tipo de intervención aparente en el monitoreo de octubre, lo que significa una disminución del 3,95% en el número de polígonos intervenidos respecto de julio de 2025. En cuanto a la afectación animal, el 39,47% de los polígonos monitoreados se observó con algún tipo de intervención en el monitoreo de octubre, lo que significa un aumento del 11,84% en el número de polígonos intervenidos respecto de julio de 2025. La evolución histórica de la afectación animal y antrópica se presentan en la Figura 6-20.



Figura 6-20. 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 2025 se presenta en la Tabla 6-5. En ella se observa que la riqueza registrada dentro de los puntos de monitoreo alcanza un máximo de 11 taxa, identificado en abril de 2023, así como también en abril y julio de 2025. Por su parte, la riqueza registrada fuera de los puntos de monitoreo presenta su valor máximo únicamente en abril de 2023, con 15 taxa. Considerando ambos registros, la riqueza florística acumulada en el área de estudio alcanza a la fecha un total de 26 taxa.

Los períodos asociados a una mayor riqueza florística coinciden con fases de mayor actividad vegetal, las cuales podrían estar relacionadas con las precipitaciones estivales típicas del norte de Chile, vinculadas al denominado invierno altiplánico, fenómeno que se desarrolla entre diciembre y marzo y alcanza su mayor intensidad, en el área de estudio, durante el mes de febrero. La magnitud de estas precipitaciones presenta una marcada variabilidad interanual, determinada por la interacción de forzantes de gran escala (como El Niño/La Niña, la temperatura superficial del mar (TSM) y la oscilación Madden-Julian (MJO)), la circulación atmosférica regional (en particular la Alta de Bolivia y los vientos del este), así como por condiciones locales, entre ellas la topografía y la disponibilidad de humedad de origen amazónico.

En este contexto, Gutiérrez (2008) señala que episodios cortos e infrecuentes de precipitaciones intensas incrementan la humedad del suelo, regulando los patrones de productividad de la biota del desierto. De manera concordante, Holmgren et al. (2011) indican que, posterior a eventos de lluvias abundantes, la fertilidad del suelo puede aumentar de forma significativa, permitiendo el establecimiento de



comunidades bióticas relativamente ricas, aunque de carácter transitorio. Este marco permite explicar la incorporación de nuevos taxa registrados en abril de 2023, considerando que en febrero de ese año se produjo un evento de precipitaciones relevante, el cual habría favorecido la proliferación de especies que, si bien no habían sido previamente registradas en la quebrada de Camar, sí han sido documentadas en monitoreos anuales realizados en el sector del Borde Este.

Al analizar la composición florística a lo largo de las campañas, se observa que 6 taxa han sido registrados de manera consistente dentro de los transectos durante las 16 prospecciones realizadas entre enero de 2022 y octubre de 2025: *Aloysia deserticola*, *Atriplex atacamensis*, *Atriplex imbricata* var. *imbricata*, *Distichlis spicata*, *Tessaria absinthioides* y *Tiquilia atacamensis*. Estas especies representan el núcleo más estable de la flora registrada en el área de estudio.

Complementariamente, *Neltuma alba* y *Strombocarpa tamarugo* han sido observadas de forma recurrente en todas las campañas de monitoreo, aunque no necesariamente dentro de los transectos establecidos, mientras que *Ephedra multiflora* fue registrada en 15 de las 16 campañas, evidenciando una presencia prácticamente continua en el área.

En su conjunto, estas especies (con excepción de *Neltuma alba* y *Strombocarpa tamarugo*) se consideran dominantes, y en la quebrada de Camar conforman, de manera individual o en asociación, las principales formaciones vegetacionales que estructuran el paisaje vegetal del área de estudio:

*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 2017<sup>21</sup>, 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 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 octubre 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 octubre de 2025, con un número relativamente constante de especies registradas (8 a 11 especies registradas por período). Con aumentos explosivos de especies cuando se dan eventos importantes de precipitaciones.

---

<sup>21</sup> Mas detalles en los informes de seguimiento ambiental del proyecto Cambios y Mejoras en la Operación Minera del Salar de Atacama.

Tabla 6-5. 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	Jul	Oct
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	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	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	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	-	-	-	-	-	-	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	X	
13	<i>Ephedra multiflora</i>	Ephedraceae	Arbusto	Nativo	X	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	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	(*)	X	



Tabla 6-5. 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	Jul	Oct
21	<i>Solanum chilense</i>	Solanaceae	Hierba perenne	Endémico	(*)	(*)	(*)	(*)	-	(*)	X	-	-	-	-	-	-	-	-	
22	<i>Tarasa operculata</i>	Malvaceae	Arbusto	Nativo	(*)	(*)	(*)	(*)	-	X	(*)	-	-	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	X	
24	<i>Tiquilia atacamensis</i>	Boraginaceae	Arbusto	Endémico	X	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	11	10
Riqueza fuera de los puntos de muestreo					10	12	11	12	5	15	3	2	2	2	2	1	2	1	2	2
Riqueza total					18	20	20	20	13	26	12	9	10	10	10	11	10	13	12	12

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

Fuente: geobiota, 2025.



### 6.3.2.2 Abundancia

En la Tabla 6-6 se presenta la variación histórica (enero 2022 hasta octubre 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 julio y octubre de 2025, la cobertura de las especies evaluadas mostró ligeros descensos. *Tessaria absinthioides* registró la mayor reducción (1,28%), seguida de *Atriplex atacamensis* (0,88%), *Ephedra multiflora* (0,27%), *Distichlis spicata* (0,23%), *Tiquilia atacamensis* (0,10%), *Aloysia deserticola* (0,09%), *Strombocarpa tamarugo* (0,02%) y *Cistanthe salsoloides* (0,01%). *Cistanthe celosioides* y *Hoffmannseggia doellii* presentaron variaciones marginales, inferiores a 0,01%.

Tabla 6-6. 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	Jul	Oct
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	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	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	1,34%	1,25%
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	2,16%	2,19%
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	0,96%	0,08%
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	0,01%	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	0,00%	<0,01
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	0,44%	0,21%
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	0,32%	0,05%
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	0,00	0,00
11	<i>Hoffmannseggia doellii</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	0,00	<0,01	<0,01	<0,01
12	<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	0,00	0,00
13	<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	0,02%	0,00%
14	<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	0,01%	0,01
15	<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	8,98%	7,70%
16	<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	0,23%	0,13%
17	<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	0,00	0,00

Fuente: geobiota, 2025.



## 6.4 Parámetros del suelo

### 6.4.1 Monitoreo mensual de CHS

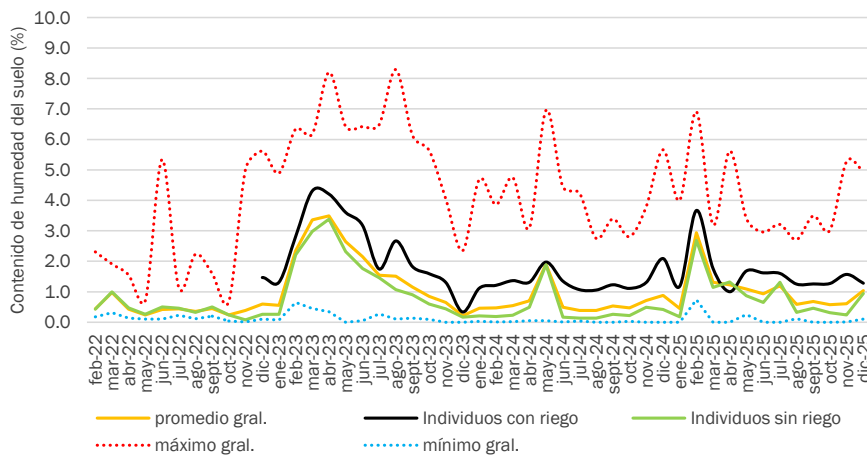
El monitoreo del contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) se realiza desde febrero del 2022 a la fecha, con el objetivo de dar cuenta de la evolución temporal de este parámetro y su posible relación con la vitalidad de la población de algarrobos presente en la quebrada de Camar.

#### 6.4.1.1 Evolución temporal del CHS a nivel de población

Tal como se muestra en la Figura 6-21, el comportamiento histórico del CHS dentro de la quebrada de Camar se ha visto influenciado por la puesta en marcha de un sistema de riego en diciembre de 2022 en 11<sup>22</sup> de los 40 puntos de monitoreo de CHS. A partir de ese momento, se observa un aumento en el CHS promedio, así como un aumento de los valores máximos de cada mes de monitoreo.

Al comparar los datos obtenidos en el monitoreo actual respecto al mes anterior (noviembre de 2025), se observa un aumento en el promedio general del contenido de humedad del suelo en un 0,44%. En cuanto al promedio de las muestras con sistema de riego, se observa una disminución del 0,29% respecto del mes anterior. Paralelamente, el promedio en los individuos sin sistema de riego aumentó en un 0,71%.

Figura 6-21 Comparación mensual del contenido de humedad del suelo en individuos de *Neltuma alba*, periodo febrero 2022 – diciembre 2025



Fuente: geobiota, 2025.

<sup>22</sup> Los once individuos con riego son los siguientes: A-12, A-17, A-31, A-33, A-38, A-46, A-47, AX-01, C-15 y C-19.

Tabla 6-7. 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	CS1	C54	C58	O66	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	0.80	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	1.50	1.15	0.98	1.07	0.75	0.70	0.80	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	0.20	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	0.40	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	0.10	0.15	0.20	0.16	0.38	0.21	0.10	0.10	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	0.70				
	Junio	0.20	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	0.00	0.36	0.30	0.25	0.21	0.29	0.16	0.31	0.19	0.23	0.10	0.22	0.46	0.48	0.26	0.30	0.17	0.46	0.71			
	Julio	0.47	0.58	0.38	0.23	0.35	0.41	0.29	0.40	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	0.40	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	0.30	0.22	0.18	0.26	0.35	0.20	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	0.20	0.27	0.26	0.20	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	0.20	0.25	0.35	0.29	0.41	0.53	1.60	0.46	0.20	0.27	0.40	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	0.20	0.37	0.30	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	0.10	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	0.10	0.16	0.20	0.02	0.03	0.06	0.06	0.03	0.04	0.08	0.07	0.07	0.07	0.15	0.18	0.10	0.08	0.03	0.07	0.24			
	Diciembre	0.21	5.62	0.18	0.10	0.18	0.31	0.21	3.68	2.04	3.40	0.21	0.19	0.33	0.13	0.30	0.24	0.14	0.19	0.21	0.28	0.48	0.57	0.26	0.18	0.24	0.22	0.20	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			
2024	Enero	0.13	4.81	0.29	0.15	0.17	0.26	0.11	1.35	2.09	4.89	0.20	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	0.80	0.14	0.09	0.20	0.17	0.21	0.12	0.28	0.28	0.31	0.19	0.24	0.07	0.80	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	1.50	2.31	2.64	2.10	3.78	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	1.50	3.09	1.47	2.15	1.79	3.04	3.10	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	2.60	3.27	3.68	3.04	2.25	4.42	6.18	3.13	4.40	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	2.90	3.06	2.50	8.20	1.73	0.49	4.08	0.35	2.81	2.94	2.68	3.12	3.60	2.44	4.24	3.05	6.77	2.43	6.12	3.22	3.30	2.97	2.90	3.16	3.75			
	Mayo	0.73	6.36	1.42	1.18	4.18	3.40	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	1.60	2.99	2.51	1.81	2.40	2.33	6.07	5.90	0.03	1.76	1.60	1.68	2.75	2.22	3.21			
	Junio	1.70	6.42	1.74	1.43	2.37	3.80	1.88	2.51	5.98	5.64	1.55	2.80	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	2.30	5.20	1.14	0.14	2.05	1.80	1.47	1.66	2.11	2.72			
	Julio	1.45	0.78	0.34	0.27	1.69	0.41	1.30	1.82	6.48	3.52	1.16	0.85	5.68	0.81	0.60	1.20	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	1.60	5.10	8.29	0.33	0.33	1.75	0.62	1.56	1.19	1.36	0.95	0.37	0.20	0.10	4.20	0.15	0.98	0.98	0.93	1.20	1.84	0.66	1.32	1.09	1.88	0.10	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	0.90	0.47	3.48	6.13	0.60	0.26	1.64	0.42	0.74	1.01	0.30	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	2.90	0.23	0.39	0.14	0.22	0.91	0.40	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	0.40	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	0.00	2.93	0.00	0.10	1.04	0.06	0.03	4.03	0.13	0.00	0.14	0.96	0.39	0.05	0.02	1.17	2.79	0.07	0.08	0.03	3.09	0.09	0.10	0.06	0.33	0.44	0.23	0.08	0.12	0.00	0.17	0.89	0.86	0.00	0.00	0.10	0.20	0.30	0.09			
	Diciembre	0.13	0.11	0.08	0.05	0.08	0.10	0.10	0.04	2.35	0.55	0.12	0.05	0.21	0.06	0.07	0.04	0.10	0.07	0.06	0.09	0.05	0.36	0.14	0.08	0.00	0.00	0.04	0.03	0.12	0.05	0.07	0.08	0.91	0.04	0.03	0.04	0.01	1.85	0.10	0.05			
2024	Enero	0.08	1.72	0.06	0.05	0.03	0.86	0.09	0.05	4.60	4.69	0.07	0.04	0.45	0.07	0.03	0.03	0.06	0.04	0.09	0.14	0.04	2.29	0.11	0.07	0.10	0.07	0.06	0.07	0.12	0.05	0.20	0.14	1.07	0.16	0.17	0.05	0.08	0.06	0.11	0.07			
	Febrero	0.21	2.22	0.17	0.08	0.41	0.94	0.08	0.20	3.68	3.86	1.48	0.05	0.72	0.05	0.10	0.07	0.06	0.13	0.17	0.10	0.02	1.02	0.30	0.10	0.02	0.04	0.16	0.14	0.11	0.06	0.06	0.13	1.01	0.10	0.15	0.14	0.11	0.01	0.01	0.08	0.13		
	Marzo	0.12	2.28	0.06	0.06	0.08	0.76	0.10	0.07	4.25	4.75	2.50	0.11	0.55	0.08	0.13	0.06	0.09	0.07	0.11	0.03	0.06	2.00	0.06	0.09	0.10	0.20	0.08	0.14	0.10	0.07	0.02	0.12	0.77	0.11	0.08	0.31	0.04	0.05	0.09	0.88			
	Abril	0.08	2.70	0.22	0.20	0.20	1.98	11.97	0.24	2.68	3.10	1.74	3.08	0.39	1.01	0.24	0.08	1.66	0.05	0.26	0.21	0.29	1.90	0.33	0.91	0.22	0.06	0.11	0.15	0.13	0.14	0.42	0.25	0.79	0.22	0.26	0.17	0.22	0.16	0.30	0.25			
	Mayo	9.53	0.63	0.17	0.10	3.43	16.71	4.04	0.92	3.00	3.73	1.75	0.19	1.19	3.53	6.39	3.61	3.63	1.71	4.87	1.12	0.35	6.96	0.19	0.59	1.45	1.80	0.12	1.04	9.17	1.28	0.63	8.48	0.63	0.44	6.42	0.27	0.05	2.12	0.05	0.27			
	Junio	0.43	2.97	0.27	0.22	0.01	1.95	0.10	0.08	2.94	4.45	1.44	0.06	0.47	0.01	0.07	0.21	0.07	0.27	0.11	0.23	0.16	1.03	0.23	0.03	0.14	0.23	0.12	0.01	0.20	0.08	0.18	0.12	0.14	0.17	0.01	0.11	0.09	0.10	0.15	0.05			
	Julio	0.51	2.69	0.14	0.11	0.12	2.28	0.12	0.10	0.66	4.24	0.79	0.15	0.39	0.09	0.11	0.09	0.09	0.13	0.07	0.06	0.18	0.78	0.13	0.09	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.09	0.27	0.08	0.05	0.11	0.06	0.05	0.09	0.33			
	Agosto	0.19	2.60	0.00	0.00	0.00	2.04	0.00	0.22	2.75	2.36	1.46	0.00	0.14	0.10	0.00	0.21	0.06	0.22	0.00	0.00	0.00	1.42	0.00	0.00	0.19	0.21	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.07	0.00	0.14	17.73	0.00	0.00			

Tabla 6-7. 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	O66	C72	C77	D02	D07	D10	D14	D20	D26	D29	D43									
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	22.14	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	44.86	12.13	8.84	2.32	5/1	14.78	2.05	8.34	1.27	0.72	10.41	0.00	0.94	1.88	18.79	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	100.00	0.48	0.51	0.50	0.42	0.43	0.44	2.19	0.72	0.47	99.43	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									
Julio	2.46	2.43	1.61	0.51	27.52	2.73	0.45	0.34	1.99	2.50	1.02	0.31	1.62	0.56	8.40	0.00	0.32	0.28	0.75	0.46	12.21	1.93	0.85	0.26	0.54	0.22	0.37	0.19	0.21	0.65	0.31	0.40	1.40	0.60	0.23	0.51	0.38	0.36	0.41	3.21									
Agosto	1.90	2.26	0.84	0.21	0.29	2.00	0.36	0.24	2.71	2.31	0.66	0.12	0.86	0.14	0.34	0.36	0.38	0.29	0.17	0.26	0.20	0.73	0.46	0.20	0.35	0.20	0.37	0.25	0.27	0.46	0.28	0.29	37.25	0.18	0.53	0.19	12.55	0.13	0.39	0.29									
Septiembre	1.67	2.98	1.00	0.26	0.20	1.55	0.34	0.00	2.36	1.39	2.08	0.09	1.10	0.00	0.26	0.18	0.92	0.26	0.23	0.32	0.00	1.68	0.22	0.28	1.22	0.00	0.17	3.49	0.00	0.09	0.19	0.09	0.53	0.09	0.19	0.57	0.67	0.00	0.10	0.44									
Octubre	1.56	3.02	0.97	0.19	0.23	2.23	0.20	2.08	1.98	1.08	0.46	0.07	0.89	0.18	0.10	0.10	0.17	0.13	0.19	0.12	0.08	1.10	0.08	0.00	0.09	0.82	0.09	0.23	0.00	0.00	0.44	0.18	0.21	0.49	0.08	2.44	0.08	0.16	0.20	0.44									
Noviembre	2.04	2.77	1.05	0.03	0.12	5.28	0.47	0.12	2.18	2.42	0.79	0.10	0.34	0.21	0.10	0.01	0.11	0.08	0.08	0.10	0.08	0.36	0.17	0.21	0.26	0.24	0.24	0.14	0.05	0.86	0.83	0.09	0.26	0.08	0.10	0.14	0.05	0.46	0.13	1.00									
Diciembre	2.68	2.85	1.11	0.32	0.37	2.88	0.18	1.41	0.99	0.49	0.81	0.24	1.02	0.19	2.77	1.20	0.21	0.28	0.27	0.20	0.34	0.57	0.34	0.47	2.57	0.10	0.40	0.12	2.46	0.87	3.49	0.40	0.51	0.22	0.20	1.80	0.33	0.32	4.95	0.62									
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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00								
Máximo	6.08	9.22	5.75	22.14	27.52	5.28	11.97	8.96	6.48	16.67	10.18	3.08	14.07	14.66	100.00	2.90	3.76	5.91	44.86	12.13	12.21	5.35	1.52	14.78	99.43	8.34	3.68	3.60	10.41	4.42	6.18	6.77	37.25	8.12	5.62	4.65	13.64	17.73	4.95	3.91									
Promedio	1.10	2.87	0.88	0.90	1.21	1.93	0.92	1.02	2.79	3.34	1.20	0.57	1.50	0.94	3.04	0.58	0.65	0.61	1.58	0.64	1.00	1.72	0.41	0.89	2.87	0.72	0.65	0.68	0.75	0.72	0.76	0.94	2.19	0.60	0.65	0.84	1.03	1.01	0.78	0.95									

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

Fuente: geobiota, 2025.

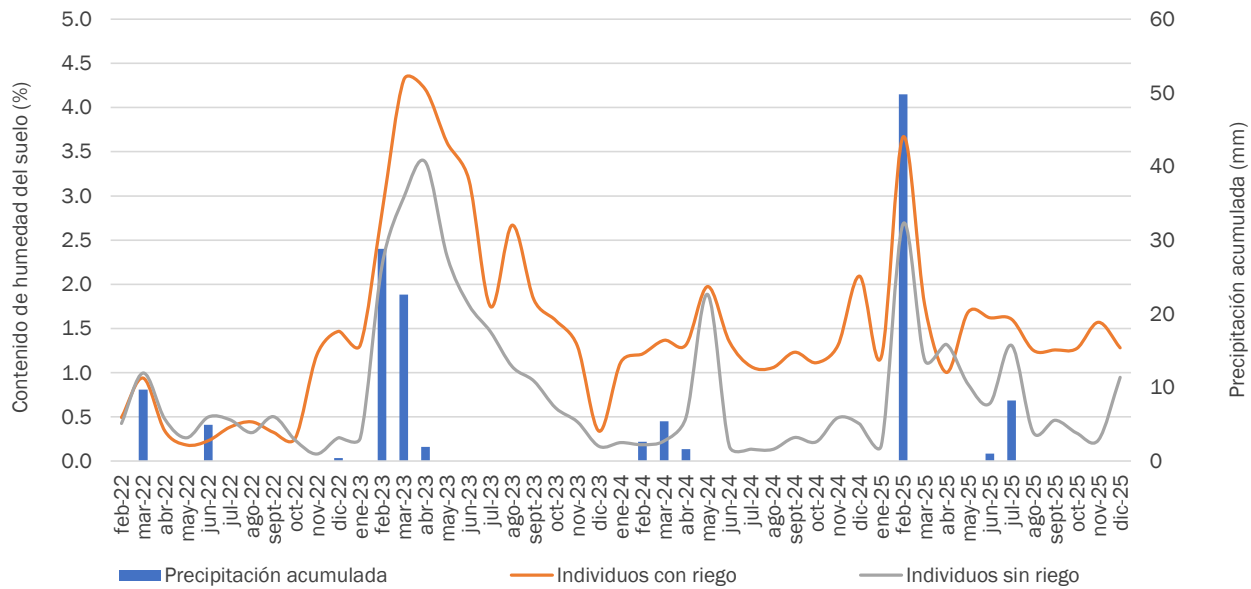


La Figura 6-22 muestra la variación del promedio del CHS de los individuos con y sin sistema de riego en el tiempo y su relación con las precipitaciones. El valor promedio máximo alcanzado en los individuos con riego se reportó en marzo de 2023 (4,31% de CHS), mientras que el valor promedio máximo en los individuos sin riego se registró en abril de 2023 (3,38% de CHS). El valor promedio mínimo alcanzado en los individuos con sistema de riego (desde diciembre 2022 a la fecha) fue de 0,34% y se registró en diciembre de 2023, mientras que en los individuos sin sistema de riego (desde diciembre 2022 a la fecha) fue de 0,13% y se registró en julio y agosto de 2024.

Se observa que el CHS presenta una estrecha relación con las precipitaciones, ya que los valores promedio tienden a incrementarse cuando se registran eventos de lluvia en el territorio. Este patrón se aprecia con claridad en la Figura 6-22, donde los máximos de precipitación desde el inicio del monitoreo mensual se observan en febrero de 2023 y febrero 2025. En ambos casos, dichos eventos coinciden, o son inmediatamente seguidos, por los valores más altos de CHS. Asimismo, cuando las precipitaciones cesan, el contenido de humedad del suelo muestra una tendencia descendente, lo que se evidencia en los meses posteriores a los eventos de lluvia. Durante el primer semestre de 2025 se observa un comportamiento general similar al registrado en el mismo periodo de 2024, sin embargo, se aprecia una menor persistencia del contenido de humedad en el suelo. Esta diferencia podría explicarse porque en 2025 las precipitaciones se concentraron en un solo mes, mientras que en el 2023 se distribuyeron a lo largo de 3 meses consecutivos, favoreciendo una mayor mantención de la humedad edáfica.

Tal como se ha mencionado en informes anteriores (CRICYT, 2018, PSAB año 2021 (Geobiota, 2021) y PSAB año 2023 (Geobiota, 2023)), 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, y en consecuencia el vigor.

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



Fuente: geobiota, 2025.

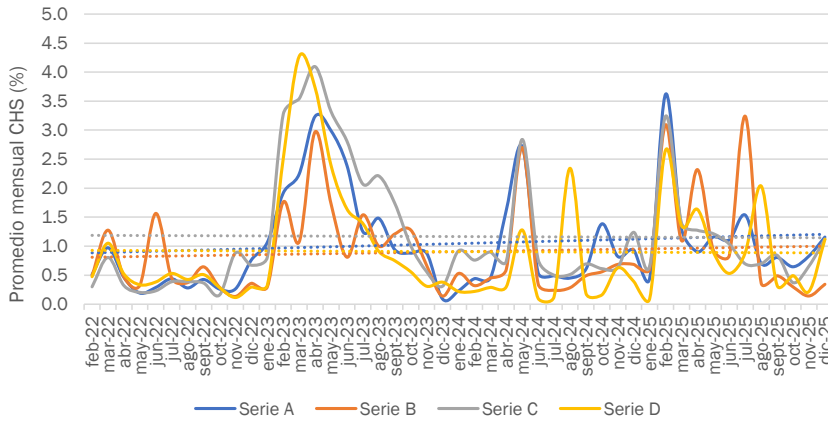


**6.4.1.2 Evolución temporal del CHS a nivel de series**

La Figura 6-23 muestra la variación del CHS en el tiempo, por serie de monitoreo. En general, todas las series experimentaron un notable aumento en el contenido de humedad desde finales de 2022 hasta alcanzar máximos en abril de 2023. Este comportamiento coincide con eventos de precipitaciones registrados en esa fecha, los cuales influyeron en las mediciones. Posteriormente, las series mostraron un descenso progresivo hasta diciembre de 2023. En mayo de 2024, se registró un incremento abrupto en todas las series, nuevamente asociado a eventos de precipitaciones. Sin embargo, a diferencia del caso anterior, las mediciones disminuyen rápidamente en el mes siguiente, probablemente debido a la menor magnitud de las precipitaciones. Finalmente, en los meses posteriores, algunas series han mostrado aumentos puntuales, los cuales se atribuyen a puntos de medición específicos que presentan valores anormalmente altos, afectando significativamente el promedio de la serie. Cabe destacar que la serie A presenta el mayor contenido de humedad promedio en febrero de 2025 con un 3,62%, la serie B tuvo su máximo en julio de 2025 con un promedio de 3,24%, la serie C presenta un máximo histórico en abril de 2023 con un 4,09% y la serie D en marzo de 2023 con un 4,27% promedio.

Todas las series mostraron un incremento en el CHS respecto del monitoreo anterior, como se aprecia en la Figura 6-26. En el primer semestre de 2025 se registraron aumentos significativos en el contenido de humedad, asociados al incremento y variabilidad de las precipitaciones del período. Durante el segundo semestre también se observaron incrementos, especialmente en la serie B, posiblemente vinculados a aportes adicionales de humedad por escorrentías provenientes del pueblo de Camar.

Figura 6-23. Variación mensual del contenido de humedad de suelo por serie en individuos de *Neltuma alba*, febrero 2022 – diciembre 2025



Fuente: geobiota, 2025.



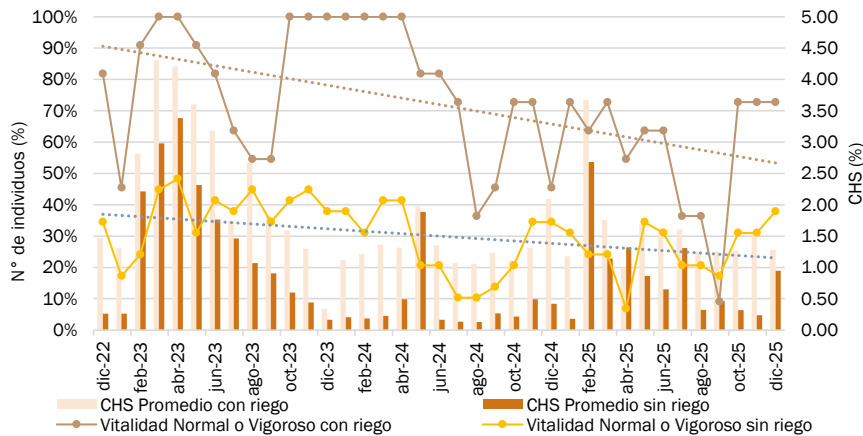
6.4.1.3 Relación del CHS y el estado vital de los individuos con y sin riego

La Figura 6-24 muestra la evolución del CHS y de la vitalidad de los individuos con y sin riego a lo largo del periodo evaluado. En primer lugar, el CHS en sectores con riego evidencia valores significativamente superiores respecto sectores sin riego, registrando incrementos marcados durante los primeros meses del año 2023, no obstante, a partir de mediados de 2023 se observa una tendencia general a la disminución, aunque con fluctuaciones atribuibles tanto a la estacionalidad como a variaciones en la disponibilidad hídrica. En contraste, el CHS sin riego se mantiene consistentemente en niveles bajos, con aumentos puntuales asociados principalmente a eventos de precipitación, sin alcanzar en ningún momento los valores de los sectores con riego.

En cuanto a la vitalidad, los individuos con riego presentan inicialmente niveles elevados, alcanzando el 100% en diversos meses de 2022 y 2023. Sin embargo, se aprecia una disminución sostenida a lo largo del tiempo, concordante con la reducción gradual del CHS, lo que indica una respuesta directa al contenido de humedad del suelo. Por su parte, la vitalidad de individuos sin riego muestra valores bajos y alta variabilidad, fuertemente condicionados por la estacionalidad y las precipitaciones, sin evidenciar recuperaciones significativas producto del bajo CHS que caracteriza a estos sitios.

En conjunto, se evidencia una relación positiva entre el contenido de humedad del suelo y la vitalidad de los individuos, observándose que el riego genera un efecto favorable inicial que se atenúa progresivamente, mientras que la vitalidad asociada al tratamiento sin riego permanece limitada durante todo el periodo.

Figura 6-24. Contenido de humedad del suelo mensual versus proporción de individuos de *Neltuma alba* con vitalidad normal o Excepcionalmente vigoroso, periodo diciembre 2022 – diciembre 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



#### 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 octubre 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 y julio 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.

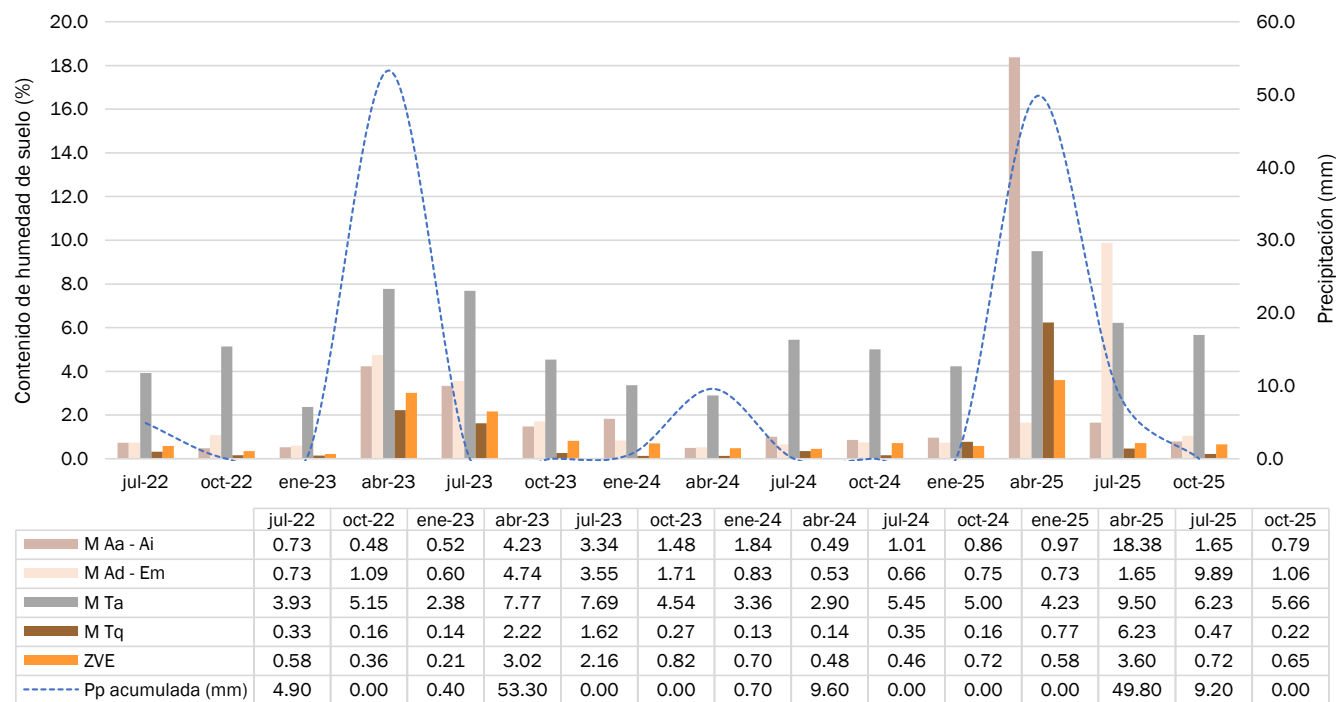
Al comparar los resultados de abril de 2025 con el reporte de enero del mismo año, se aprecia de manera clara el efecto de las precipitaciones en el CHS. Este aumentó en un 18,05% en el matorral de *Atriplex atacamensis* - *Atriplex imbricata*, en un 5,27% en el matorral de *Tessaria absinthioides*, 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 y julio de 2025), seguido en la mayor parte de los monitoreos, por el matorral de 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 5-3 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

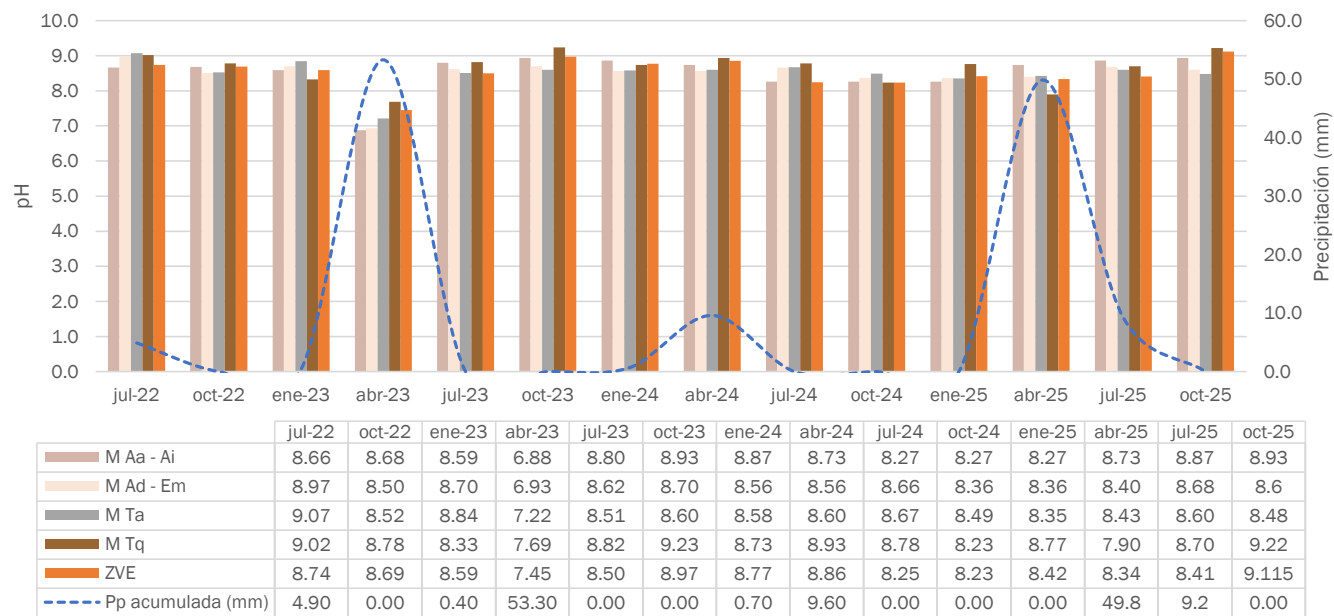
Fuente: geobiota, 2025



En la Figura 6-26 se presentan los resultados de las mediciones de pH en la quebrada Camar realizadas desde julio de 2022 a octubre de 2025. 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 7 de los 14 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 8,47 y 8,53 unidades de pH, respectivamente (suelos moderada y fuertemente alcalinos respectivamente). Por otro lado, el matorral de *Tiquilia atacamensis* presentó los mayores valores promedio de pH en 8 de los 14 monitoreos, presentando un promedio histórico de 8,65 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.

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 *Tiquilia atacamensis*; M Ta = Matorral de *Tessaria absinthioides*; ZVE = Zona de vegetación escasa

Fuente: geobiota, 2025.

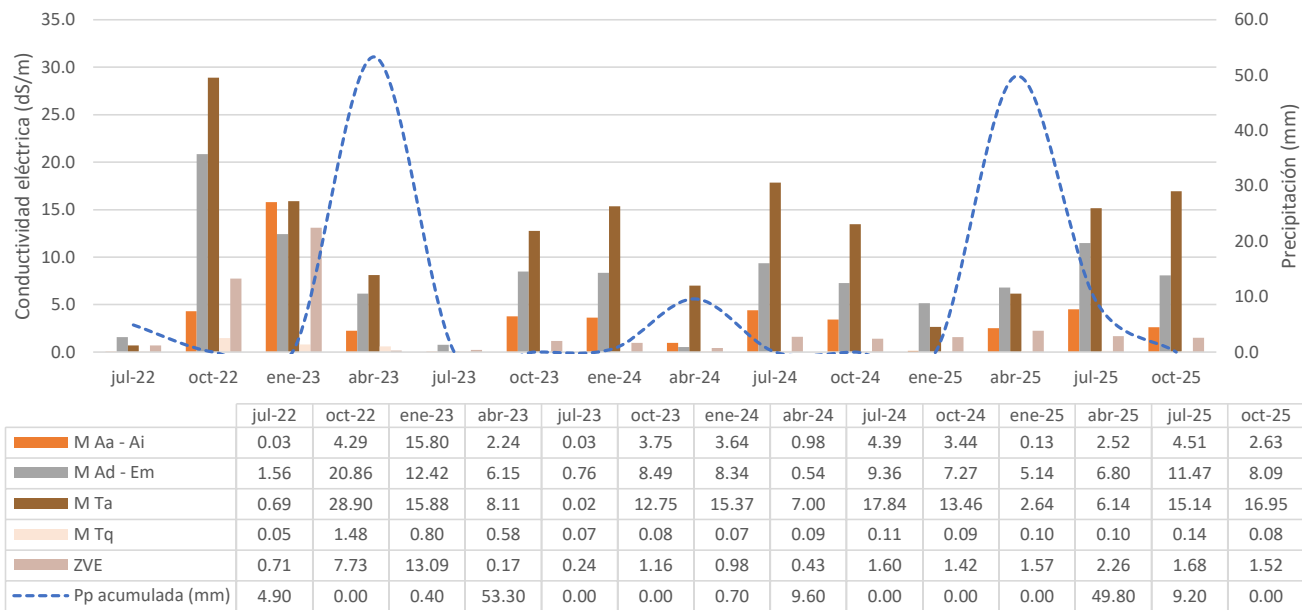


En la Figura 6-27 se observa una variación en la proporción de puntos de monitoreo de conductividad eléctrica y grado de salinidad promedio por tipo vegetacional para todos los monitoreos realizados desde julio de 2022 hasta abril de 2025. Con respecto al monitoreo pasado (enero 2025), se observa un 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

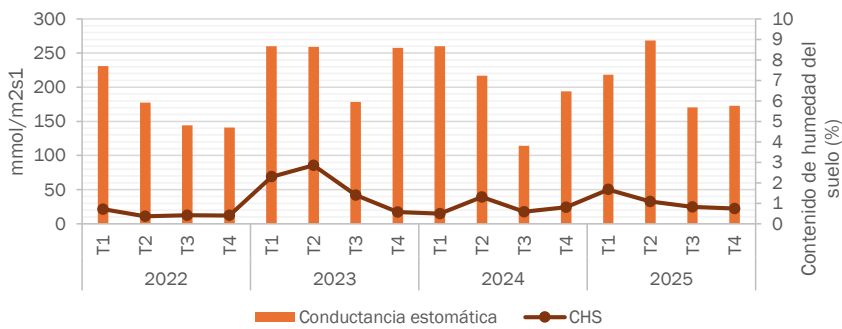
En esta sección se analizarán de forma conjunta las variables más relevantes medidas sobre la población de Algarrobos presente en la quebrada de Camar. Los parámetros vitalidad, fisiología de algarrobos, biomasa y parámetros del suelo, se consideran variables clave de la dinámica de la población de algarrobos 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 segundo trimestre de 2025 ( $268,63 \text{ mmol/m}^2\text{s}^{-1}$ ), 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.

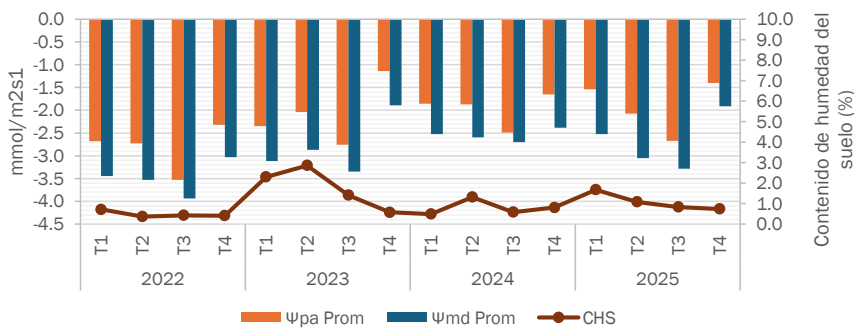
A su vez, el contenido de humedad del suelo (CHS) se muestra variable en el tiempo, pero con un valor considerablemente alto en el segundo trimestre de 2023 (2,86%), que coincide con un previo periodo de altas precipitaciones (Figura 6-30). Indicando que estos eventos de lluvias estivales tienen influencia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

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



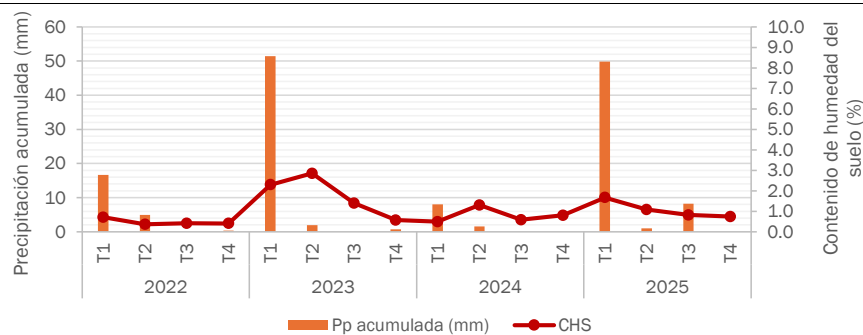
Fuente: geobiota, 2025.

Figura 6-29. Potencial hídrico promedio en pre-alba ( $\Psi_{pa}$ ) y medio día ( $\Psi_{md}$ ), 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



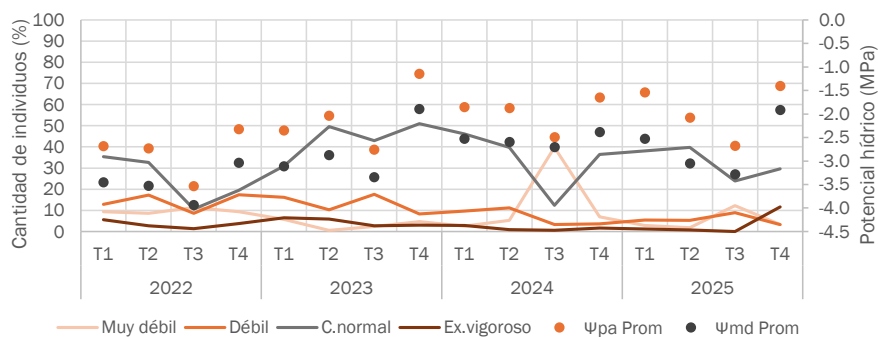
Fuente: geobiota, 2025.

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 la porción de individuos en 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 Excepcionalmente vigoroso se mantiene relativamente baja pero estable durante todo el periodo analizado, siendo el cuarto trimestre del 2025 el monitoreo 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).

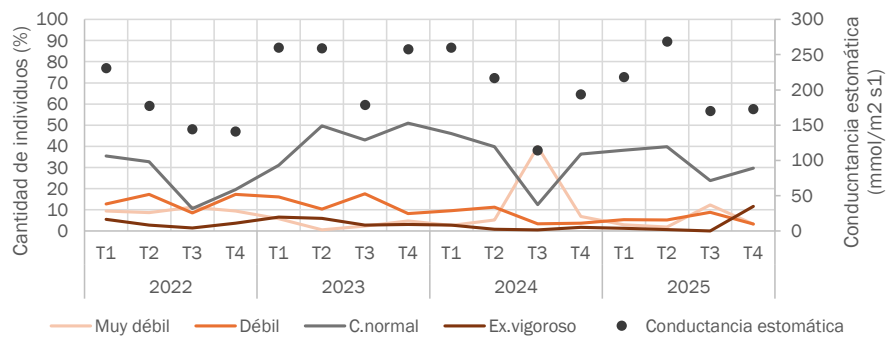


Figura 6-31. Potencial hídrico promedio en pre-alba ( $\Psi_{pa}$ ) y medio día ( $\Psi_{md}$ ), y su relación con el vigor de los algarrobos por trimestre, en el periodo 2022 - 2025



Fuente: geobiota, 2025.

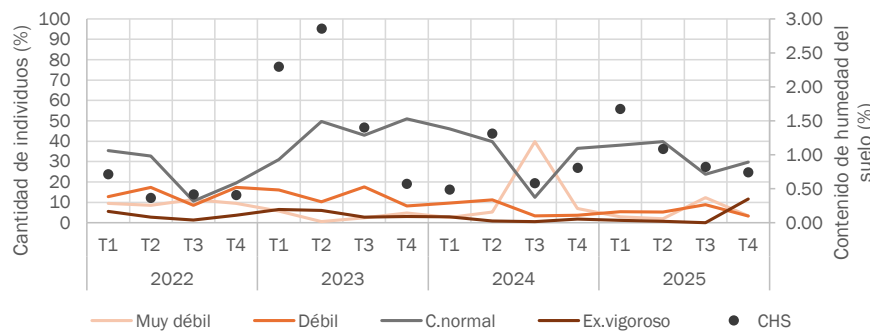
Figura 6-32. Conductancia estomática (gs) y su relación con el vigor de los algarrobos por trimestre, en el periodo 2022 - 2025



Fuente: geobiota, 2025.



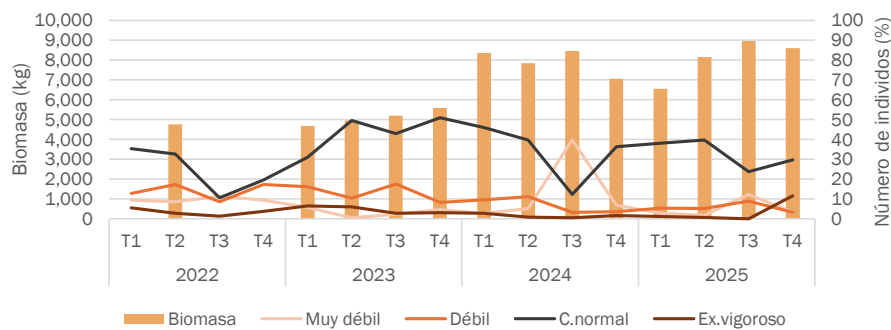
Figura 6-33. Vitalidad de los Algarrobos y su relación con el Contenido de humedad del suelo (CHS) por trimestre, en el periodo 2022 - 2025



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 8.954,53 kg en tercer trimestre de 2025, finalizando con 8.606,74 kg en el cuarto 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

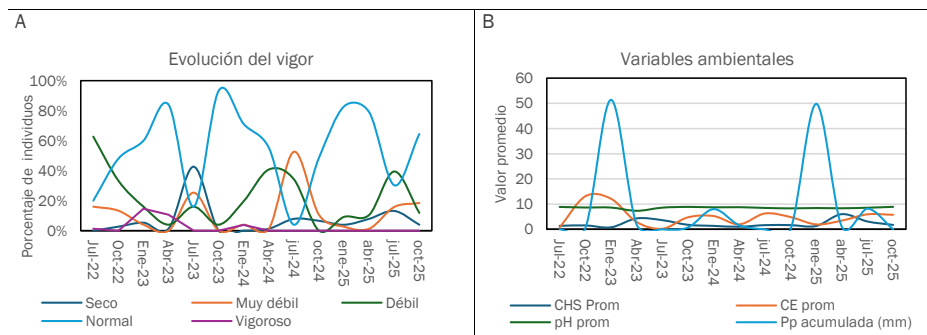
En cuanto a las interacciones de las variables medidas sobre las unidades de vegetación, en esta sección se analiza de forma separada el vigor de estas unidades y la riqueza de especies presentes en ellas, en conjunto con los resultados de las mediciones de pH, conductividad eléctrica y contenido de 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 (Plischoff, *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, 2024 y 2025) 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, disminuyo 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

Los resultados del Programa de Seguimiento de Flora y Vegetación de la quebrada de Camar correspondientes al segundo semestre de 2025 evidencian una dinámica estacional marcada en los componentes bióticos evaluados, particularmente en la población de *Neltuma alba*. Durante el tránsito desde el invierno hacia la primavera se observó una mejora general en la vitalidad, el desarrollo foliar y la expresión fenológica, reflejada en el aumento de individuos en categorías de Crecimiento normal y Excepcionalmente vigoroso, así como en el incremento de la proporción de copa viva en rangos altos.

Los resultados del monitoreo fisiológico son coherentes con la mejoría registrada en las variables previamente mencionadas. Durante el semestre evaluado se observó un incremento tanto en la conductividad hídrica como en la conductancia estomática hacia el término del período, patrón que se ha reiterado en evaluaciones históricas. Este comportamiento se asocia a la llegada de la primavera, estación en la que aumenta la radiación solar disponible y finaliza el período de receso vegetativo de las plantas,

Por otra parte, es relevante destacar que esta recuperación se desarrolla en un contexto de restricciones hídricas propias del ambiente árido de la región. A ello se suman condiciones edáficas limitantes, evidenciadas por valores de pH y conductividad eléctrica que reflejan suelos con características restrictivas, especialmente en los sectores próximos al núcleo del salar.

El sistema de riego implementado en un subconjunto de individuos de *Neltuma alba* contribuye positivamente a sostener mejores condiciones de vigor, copa viva y estado fisiológico en los ejemplares intervenidos, aun cuando no elimina completamente las limitaciones hídricas del sistema. Las fallas puntuales detectadas en el sistema de riego fueron corregidas oportunamente; sin embargo, estos eventos refuerzan la necesidad de una mantención preventiva y sistemática.

La afectación natural por ramoneo se mantiene como uno de los principales factores de presión sobre la población de algarrobos, especialmente en individuos juveniles y en determinadas series, condicionando su desarrollo estructural y fisiológico. En contraste, la afectación antrópica se mantiene baja y localizada, concentrándose principalmente en la serie E, asociada a su emplazamiento en sectores urbanos.

En cuanto a la vegetación y flora, la quebrada de Camar se mantiene caracterizada por una baja cobertura vegetal total, dominada por formaciones de matorral adaptadas a condiciones áridas, sin cambios estructurales relevantes respecto de periodos anteriores.

Las variaciones observadas en vitalidad, porcentaje de copa viva y fenología responden a la estacionalidad. Durante esta época del año se produce la transición desde el término del invierno hacia el inicio de la primavera, etapa marcada por el incremento de la radiación y la consecuente reactivación fisiológica de los individuos. En este contexto, resulta esperable que se produzcan los aumentos observados en la proporción de formaciones con Crecimiento normal, acompañado de una mayor cobertura foliar y de la reanudación del Crecimiento vegetativo en individuos que previamente se encontraban Senescentes. Asimismo, se observa un incremento en la presencia de individuos en Floración. En conjunto, los valores obtenidos se mantienen dentro de rangos históricos, lo que sugiere una estabilidad del sistema vegetal, pese a las restricciones ambientales.

En síntesis, durante el segundo semestre de 2025 se evidencia una recuperación estacional de los atributos biológicos, tanto en algarrobos como en la vegetación asociada, sin que ello implique una

**Comentado [EQ19]:** Se recomienda precisar la magnitud de los cambios observados e incorporar, cuando aplique, referencias a rangos históricos para contextualizar la relevancia de las variaciones

**Comentado [CA20R19]:** Se complementó el párrafo incorporando un mayor detalle de las variaciones observadas. No obstante, dado que las variaciones registradas se mantienen dentro de los rangos históricos y corresponden a fluctuaciones estacionales esperadas para el período del año evaluado, no se reiteró el detalle de dichos rangos en esta sección. Esta información fue previamente desarrollada y analizada en mayor profundidad en los apartados 6.3.1.2, 6.3.1.3 y 6.3.1.4.



superación de las limitaciones hídricas y edáficas de base. El riego constituye una medida efectiva de apoyo, mientras que el ramoneo animal continúa siendo el principal factor de daño a las poblaciones de algarrobo. En este contexto, es fundamental mantener el seguimiento sistemático de los individuos más vulnerables, reforzar la operación y mantención del sistema de riego y continuar evaluando la interacción entre las condiciones ambientales, el manejo hídrico y las presiones bióticas en la quebrada.

## 8. Referencias

- Allen, D. & Ort, D. 2001. Impacts of chilling temperatures on photosynthesis in warm-climate plants. *Trends in Plant Science*, 6(1), 36-42.
- 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.
- Carevic, F. S., Delatorre-Herrera, J. and Carrasco, A. 2017. Plant water variables and reproductive traits are influenced by seasonal climatic variables in *Prosopis burkartii* (Fabaceae) at Northern Chile. *Flora* 233: 7-11.
- 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. Roma 13
- 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.
- Hacke, U. y Sauter, J. 1996. Xylem dysfunction during winter and recovery of hydraulic conductivity in diffuse-porous and ring-porous trees. *Oecologia* 105:435-439.



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 Nutrimientos 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.

López, F. y Nobel, P. 1990. Root hydraulic conductivity of two cactus species in relation to root age, temperature, and soil water status. *Journal of Experimental Botany* 42:143-149.

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

Robinson, 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.

Pliscoff, 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.

Richardson, A. T. 1977. Monograph of the genus *Tiquilia* (*Coldenia*, sensu lato), Boraginaceae: Ehretioideae. *Rhodora* 79: 467-572.

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>.

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.

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.

Sellin, A. y Kupper, P. 2007. Temperature, light and leaf hydraulic conductance of little-leaf linden (*Tilia cordata*) in a mixed forest canopy. *Tree Physiology* 27:679-688.



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

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

Vernieri, P., Lenzi, A., Figaro, M., Tognoni, F. and Pardossi, A. 2001. How the roots contribute to the ability of *Phaseolus vulgaris* L. to cope with chilling-induced water stress. *J. Exp. Bot.*, 52(364): 2199-2206.

