

Reporte segundo semestre 2023

# Programa de Seguimiento de Flora y ve- getación de la quebrada de Camar Región de Antofagasta

Reporte segundo semestre 2023

GEOB.SQMSL813.INFO26. RevD. Programa de Seguimiento de Flora y vegetación de la quebrada de Camar

Rev.	Id	Ejecutor	Revisor	Aprueba	Descripción
B	Nombre	CLA - YG	CI	IZ	Programa de Seguimiento de Flora y Vegetación de la quebrada de Camar Rev. (B)
	Fecha	19.02.2024	19.02.2024	19.02.2024	
C	Nombre	CI - NG	IZ	IZ	Programa de Seguimiento de Flora y Vegetación de la quebrada de Camar Rev. (C)
	Fecha	09.04.2024	09.04.2024	09.04.2024	
D	Nombre	CI	IZ	IZ	Programa de Seguimiento de Flora y Vegetación de la quebrada de Camar Rev. (D)
	Fecha	02.05.2024	02.05.2024	02.05.2024	
O	Nombre	CI	IZ	IZ	Programa de Seguimiento de Flora y Vegetación de la quebrada de Camar Rev. (O)
	Fecha	13.05.2024	13.05.2024	13.05.2024	

## Contenido

Resumen .....	10
1.1 Monitoreo de ejemplares de <i>Neltuma alba</i> (Algarrobos).....	10
1.2 Flora y Vegetación .....	14
1.2.1 Vegetación .....	14
1.2.2 Flora .....	14
1.3 Parámetros del suelo .....	15
1.3.1 Monitoreo mensual de Contenido de Humedad de suelo (CHS).....	15
1.3.2 Monitoreo trimestral de CHS, pH y CE.....	15
2 Introducción .....	16
3 Objetivos.....	20
4 Materiales y métodos.....	21
4.1 Área de estudio .....	21
4.2 Monitoreo de ejemplares de <i>Neltuma alba</i> (algarrobos).....	23
4.2.1 Ubicación de los individuos .....	23
4.2.2 Parámetros evaluados .....	35
4.2.3 Metodología de muestreo, medición y análisis.....	39
4.3 Evaluación de ejemplares de <i>Neltuma alba</i> (algarrobo) con sistema de riego.....	42
4.3.1 Ubicación de los individuos .....	42
4.1 Parámetros evaluados .....	43
4.1.2 Metodología de muestreo, medición y análisis.....	44
4.2 Caracterización de la flora y vegetación .....	45
4.2.1 Ubicación de los puntos de monitoreo .....	45
4.2.2 Parámetros evaluados .....	48
4.2.3 Metodología de muestreo, medición y análisis.....	48
4.3 Evaluación de parámetros del suelo.....	52
4.3.1 Ubicación de los puntos de monitoreo de suelo.....	52
4.3.2 Parámetros evaluados, metodología de muestreo, medición y análisis .....	57
4.4 Materiales y equipos utilizados.....	57

4.5	Fechas de muestreo.....	58
5	Resultados .....	61
5.1	Monitoreo de vitalidad de ejemplares de <i>Neltuma alba</i> (algarrobo).....	61
5.1.1	Estado de vitalidad y sanitario.....	61
5.1.2	Copa viva .....	66
5.1.3	Fenología .....	71
5.1.4	Etapa de crecimiento .....	76
5.1.5	Afectación antrópica y/o natural .....	81
5.1.6	Estado fisiológico de los ejemplares de <i>Neltuma alba</i> (algarrobo).....	84
5.1.7	Estimación biomasa aérea.....	87
5.2	Evaluación de ejemplares de <i>Neltuma alba</i> (algarrobo) con sistema de riego.....	95
5.2.1	Vitalidad .....	95
5.2.2	Porcentaje de copa viva .....	97
5.2.3	Estado de los elementos asociados al programa de riego.....	99
5.3	Caracterización de la flora y vegetación .....	100
5.3.1	Vegetación .....	100
5.3.2	Flora.....	107
5.4	Parámetros del suelo .....	109
5.4.1	Monitoreo mensual de CHS .....	109
5.4.2	Monitoreo trimestral de CHS, pH y CE.....	114
6	Discusiones.....	119
6.1	Monitoreo de ejemplares de <i>Neltuma alba</i> (algarrobos).....	119
6.1.1	Vitalidad .....	119
6.1.2	Copa viva .....	124
6.1.3	Fenología .....	129
6.1.4	Etapa de crecimiento .....	134
6.1.5	Afectación antrópica y/o natural .....	139
6.1.6	Fisiología de algarrobos.....	141
6.1.7	Biomasa de algarrobos .....	144
6.2	Evaluación de ejemplares de <i>Neltuma alba</i> (algarrobos) con sistema de riego.....	145

6.2.1	Vitalidad .....	145
6.2.2	Porcentaje de copa viva .....	149
6.3	Caracterización de la flora y vegetación .....	152
6.3.1	Vegetación .....	152
6.3.2	Flora .....	158
6.4	Parámetros del suelo .....	165
6.4.1	Monitoreo mensual de CHS .....	165
	Monitoreo trimestral de CHS, pH y CE .....	168
7	Conclusiones .....	173
7.1	Monitoreo de los ejemplares de <i>Neltuma alba</i> (algarrobos) .....	173
7.1.1	Fisiología de algarrobos .....	174
7.1.2	Biomasa de algarrobos .....	175
7.2	Caracterización de la flora y vegetación .....	175
7.2.1	Vegetación .....	175
7.2.2	Flora .....	176
7.3	Parámetros del suelo .....	176
7.3.1	Monitoreo mensual de CHS .....	176
7.3.2	Monitoreo trimestral de CHS, pH y CE .....	177
8	Referencias .....	179

## Tablas

Tabla 2-1.	Parámetros establecidos, responsables de la ejecución y medición de las variables .....	17
Tabla 4-1	Ubicación de los individuos de <i>N. alba</i> monitoreados en la quebrada de Camar (Datum WGS84 Huso 19S) .....	23
Tabla 4-2.	Ubicación de los individuos de Algarrobos monitoreados (Datum WGS84 Huso 19S) .....	31
Tabla 4-3	Ubicación de los individuos de <i>N. alba</i> monitoreados en la quebrada de Camar .....	32
Tabla 4-4.	Parámetros y metodologías utilizadas para la caracterización de la flora y vegetación ....	35
Tabla 4-5.	Criterios utilizados para clasificar la vitalidad de las plantas .....	36
Tabla 4-6.	Escalas utilizadas para clasificar la copa viva de las plantas .....	36

Tabla 4-7. Categorías utilizadas para la descripción de estado fenológico.....	36
Tabla 4-8. Categorías utilizadas para la descripción de la altura del ejemplar .....	37
Tabla 4-9. Categorías utilizadas para la etapa de crecimiento .....	37
Tabla 4-10. Ubicación georreferenciada de ejemplares de algarrobos con riego. ....	42
Tabla 4-11. Criterios utilizados para clasificar la vitalidad de las plantas.....	43
Tabla 4-12. Escalas utilizadas para clasificar la copa viva de las plantas. ....	44
Tabla 4-13. Ubicación de las estaciones de monitoreo de vegetación y flora en la quebrada de Camar .....	45
Tabla 4-14. Esfuerzo de muestreo campañas segundo semestre 2023.....	48
Tabla 4-15. Parámetros y metodologías utilizadas para la caracterización de la flora y vegetación ..	48
Tabla 4-16. Rangos y códigos de cobertura .....	49
Tabla 4-17. Rangos de altura por tipo biológico.....	49
Tabla 4-18. Categorías utilizadas para describir la vitalidad y estado sanitario de la vegetación .....	50
Tabla 4-19. Ubicación de los puntos de monitoreo mensual de contenido de humedad del suelo....	52
Tabla 4-20. Ubicación de los puntos de monitoreo de suelo de la quebrada de Camar .....	55
Tabla 4-21. Métodos de ensayo utilizados en análisis de suelo.....	57
Tabla 4-22. Materiales y equipos utilizados .....	57
Tabla 4-23. Fechas de muestreo monitoreo de algarrobos segundo semestre 2023. ....	58
Tabla 4-24. Fechas de muestreo monitoreo de algarrobos bajo sistema de riego segundo semestre 2023. ....	59
Tabla 4-25. Fechas de muestreo potencial hídrico y conductancia estomática segundo semestre 2023. ....	59
Tabla 4-26. Fechas de muestreo medición de variables dendrométricas segundo semestre 2023..	59
Tabla 4-27. Fechas de muestreo monitoreo de flora y vegetación segundo semestre 2023.....	59
Tabla 4-28. Fechas de muestreo de monitoreo de suelo segundo semestre 2023.....	59
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 enero y abril de 2023 en algarrobos de la Quebrada de Camar.....	85
Tabla 5-2. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba ( $\Psi_{pa}$ ), mediodía ( $\Psi_{md}$ ) y conductancia estomática (gs) .....	86
Tabla 5-3. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba ( $\Psi_{pa}$ ), mediodía ( $\Psi_{md}$ ) y conductancia estomática (gs) para individuos ubicados aguas arriba y aguas abajo de la tubería de agua superficial .....	87

Tabla 5-4. N° de vástagos promedio, altura media, área basal acumulado y área de copa promedio, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población del género <i>Neltuma</i> para ejemplares de algarrobo – julio 2023.....	88
Tabla 5-5: Biomasa aérea promedio (kg) por componente y total, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población de árboles del género <i>Neltuma</i> (ex <i>Prosopis</i> ) – julio 2023.....	90
Tabla 5-6. N° de vástagos promedio, altura media, área basal acumulado y área de copa promedio, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población del género <i>Neltuma</i> para ejemplares de algarrobo – octubre 2023 .....	92
Tabla 5-7: Biomasa aérea promedio (kg) por componente y total, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población de árboles del género <i>Neltuma</i> (ex <i>Prosopis</i> ). – octubre 2023 .....	94
Tabla 5-8. Principales desperfectos detectados en los componentes del sistema de riego.....	99
Tabla 5-9. Formaciones vegetales y otras superficies presentes en la quebrada de Camar .....	101
Tabla 5-10. Riqueza de especies presentes en el área de estudio .....	107
Tabla 5-11. frecuencia de las especies registradas en julio y octubre 2023 .....	109
Tabla 5-12. CHS en individuos de <i>Neltuma alba</i> con y sin sistema de riego.....	112
Tabla 5-13. Resultados de pH del suelo.....	116
Tabla 5-14. Resultados de conductividad eléctrica del suelo.....	117
Tabla 6-1. Variación histórica de superficie de matorrales en la quebrada .....	153
Tabla 6-2. Variación histórica en la riqueza de especies presentes en los puntos de muestreo y área de estudio .....	160
Tabla 6-3. Variación histórica de la cobertura de las especies en transectos.....	164

## Figuras

Figura 4-1. Ubicación del área de estudio.....	22
Figura 4-2. Ubicación de los ejemplares de <i>Neltuma alba</i> monitoreados.....	30
Figura 4-3. Distribución de los individuos de Algarrobo con mediciones de potencial hídrico y conductancia estomática.....	32
Figura 4-4. Distribución de los individuos de Algarrobo con mediciones de biomasa.....	35
Figura 4-5. Distribución espacial de algarrobos con riego dentro de la Quebrada de Camar.....	43
Figura 4-6. Esfuerzo de muestreo de vegetación .....	47

Figura 4-7. Ubicación de los puntos de medición humedad de suelo CHS mensual .....	54
Figura 4-8. Esfuerzo de muestreo de suelo.....	56
Figura 5-1. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie A.....	62
Figura 5-2. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie B.....	63
Figura 5-3. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie C.....	64
Figura 5-4. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie D .....	65
Figura 5-5. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie E.....	66
Figura 5-6. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie A .....	67
Figura 5-7. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie B .....	68
Figura 5-8. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie C .....	69
Figura 5-9. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie D .....	70
Figura 5-10. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie E .....	71
Figura 5-11. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo de la serie A.....	72
Figura 5-12. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo de la serie B .....	73
Figura 5-13. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo de la serie C .....	74
Figura 5-14. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo de la serie D .....	75
Figura 5-15. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo de la serie E .....	76
Figura 5-16. Variación mensual de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie A .....	77
Figura 5-17. Variación mensual de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie B .....	78
Figura 5-18. Variación mensual de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie C .....	79
Figura 5-19. Variación mensual de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie D.....	80
Figura 5-20. Variación mensual de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie E .....	81
Figura 5-21. Variación mensual afectación animal en individuos de <i>Neltuma alba</i> por serie .....	82

Figura 5-22. Variación mensual de la afectación antrópica en individuos de <i>Neltuma alba</i> por serie 84	
Figura 5-23. Evolución de la vitalidad de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego.....	96
Figura 5-24. Evolución del porcentaje de copa viva de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego .....	98
Figura 5-25. Variación de la vitalidad en la vegetación de la Quebrada de Camar .....	103
Figura 5-26. Variación del porcentaje de copa viva en la vegetación de la Quebrada de Camar .....	104
Figura 5-27. Variación del estado fenológico en la vegetación de la Quebrada de Camar .....	105
Figura 5-28. Tipos de daño antrópico.....	106
Figura 5-29. Contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) en la quebrada de Camar – Segundo semestre 2023 .....	110
Figura 5-30. Variación mensual del contenido de humedad del suelo en individuos de <i>Neltuma alba</i> con y sin sistema de riego .....	114
Figura 5-31. Variación mensual del contenido de humedad del suelo en la Quebrada de Camar ...	115
Figura 5-32. Proporción de puntos de monitoreo por categoría de pH del sustrato .....	116
Figura 5-33. Proporción de puntos de monitoreo por categoría de salinidad del sustrato .....	118
Figura 6-1. Variación histórica de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie A.....	120
Figura 6-2. Variación histórica de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie B.....	121
Figura 6-3. Variación histórica de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie C.....	122
Figura 6-4. Variación histórica de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie D.....	123
Figura 6-5. Variación histórica de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie E.....	124
Figura 6-6. Variación histórica del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie A .....	125
Figura 6-7. Variación histórica del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie B .....	126
Figura 6-8. Variación histórica del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie C .....	127
Figura 6-9. Variación histórica del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie D .....	128
Figura 6-10. Variación histórica del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie E .....	129
Figura 6-11. Variación histórica del estado fenológico en los individuos de algarrobo de la serie A	130
Figura 6-12. Variación histórica del estado fenológico en los individuos de algarrobo de la serie B	131

Figura 6-13. Variación histórica del estado fenológico en los individuos de algarrobo de la serie C	132
Figura 6-14. Variación histórica del estado fenológico en los individuos de algarrobo de la serie D	133
Figura 6-15. Variación histórica del estado fenológico en los individuos de algarrobo de la serie E	134
Figura 6-16. Variación histórica de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie A	135
Figura 6-17. Variación histórica de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie B	136
Figura 6-18. Variación histórica de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie C	137
Figura 6-19. Variación histórica de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie D	138
Figura 6-20. Variación histórica de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie E	139
Figura 6-21. Variación histórica del potencial hídrico en pre-alba para árboles de las series A y B *	142
Figura 6-22. Variación histórica del potencial hídrico de mediodía para árboles de las series A y B	143
Figura 6-23. Variación histórica de la conductancia estomática para árboles de las series A y B ...	143
Figura 6-24. Evolución de la vitalidad de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego.....	147
Figura 6-25. Evolución de la vitalidad de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego.....	148
Figura 6-26. Evolución del porcentaje de copa viva de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego .....	150
Figura 6-27. Evolución del porcentaje de copa viva de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego .....	152
Figura 6-28. Evolución de la superficie de las formaciones vegetacionales presentes en la quebrada de Camar.....	154
Figura 6-29. Variación histórica de la vitalidad en la vegetación de la Quebrada de Camar .....	155
Figura 6-30. Variación histórica del porcentaje de copa viva en la vegetación de la Quebrada de Camar .....	156
Figura 6-31. Variación histórica del estado fenológico en la vegetación de la Quebrada de Camar	157
Figura 6-32. Afectación animal y antrópica.....	158
Figura 6-33. Contenido de humedad del suelo promedio mensual vs precipitaciones acumuladas.	165
Figura 6-34. Contenido de humedad del suelo registrado en la quebrada de Camar – primer y segundo semestre 2023 .....	166

Figura 6-35. Variación mensual del contenido de humedad del suelo en individuos de <i>Neltuma alba</i> con y sin sistema de riego .....	167
Figura 6-36. Contenido de humedad del suelo mensual versus proporción de individuos de <i>Neltuma alba</i> con vitalidad normal .....	168
Figura 6-37. Variación histórica en el contenido de humedad del suelo (%) en los puntos de monitoreo .....	170
Figura 6-38. Variación en el pH de los puntos de monitoreo de suelo en la quebrada de Camar ....	171
Figura 6-39. Variación en la salinidad de los puntos de monitoreo de suelo en la quebrada de Camar .....	172

## Fotografías

Fotografía 5-1. Registros fotográficos de presencia de patógenos en individuos de <i>Neltuma alba</i> ...	83
Fotografía 5-2. Registros fotográficos de presencia de huellas informales de camioneta y basura en el área de estudio .....	106
Fotografía 6-1. Afectación animal – Segundo semestre 2023 .....	140
Fotografía 6-2. Afectación antrópica – Segundo semestre 2023.....	141

## Anexos

<b>Anexo 1.</b> Base de datos monitoreo algarrobos
<b>Anexo 2.</b> Base de datos vegetación (COT)
<b>Anexo 3.</b> Base de datos flora (transectos)
<b>Anexo 4.</b> Mapa de vegetación quebrada de Camar – julio y octubre 2023
<b>Anexo 5.</b> Certificados ETFA y análisis de suelo mensual (CHS)
<b>Anexo 6.</b> Responsables y participantes del seguimiento ambiental
<b>Anexo 7.</b> Certificados ETFA análisis de suelo trimestral (CHS, pH y CE)
<b>Anexo 8.</b> Reportes Operación de Sistema de Riego de algarrobos
<b>Anexo 9.</b> Individuos con cambio de etapa de crecimiento
<b>Anexo 10.</b> Informes trimestrales Potencial hídrico y Conductancia estomática. Universidad de Chile.
<b>Anexo 11.</b> Informes Biomasa algarrobos Quebrada de Camar

## Resumen

El presente informe tiene por objeto dar cuenta de los resultados del segundo semestre 2023 (julio a diciembre) del Programa de Seguimiento asociado al monitoreo 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 (PSA) comprometido en el marco de la RCA 226/2006 y analizar la evolución semestral de los componentes que son objeto de estudio. Este seguimiento se enmarca en la Acción 24 del 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.

Metodológicamente, el monitoreo de la vitalidad de algarrobos se realizó mensualmente mediante una prospección pedestre del área y descripción en terreno de las variables de vitalidad, copa viva, etapa de crecimiento, fenología de cada individuo y tipo de daño que los individuos puedan presentar, lo cual incluye daño antrópico y/o natural (ramoneo o plaga). Complementariamente, se realizaron estudios fisiológicos con una frecuencia trimestral a una muestra representativa de algarrobos para evaluar su estado hídrico, y se determinó la biomasa aérea de la población objeto de estudio.

Por otra parte, la caracterización de la vegetación se realizó de manera trimestral, mediante el método de cartografía de Ocupación de Tierras (COT), y descripciones de vigor, porcentaje de copa viva y fenología, utilizando como base imágenes satelitales de alta resolución. La caracterización de la flora vascular se realizó mediante transectos lineales.

Además, para complementar la caracterización de la vegetación, se tomaron muestras de suelo dentro de la quebrada para evaluar el pH, la conductividad eléctrica (salinidad) y el contenido de humedad del suelo.

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

Las mediciones realizadas durante el segundo semestre del año 2023 indican 453 ejemplares que son objeto de este estudio, registrado hasta diciembre. De estos 453 ejemplares, 95 se encuentran desaparecidos y 16 corresponden a ejemplares de *Strombocarpa tamarugo*. Del total de individuos desaparecidos, 15 corresponden a ejemplares de la serie A, el resto (80) corresponde a ejemplares de las series B (10 individuos), C (24 individuos), D (12 individuos) y E (34 individuos).

Cabe destacar que de siete (7) individuos de la serie E que fueron trasladados en el mes de febrero<sup>1</sup> (E-049, E-053-B, E-054, E-056, E-057, E-161, E-173), cuatro (4) han vuelto a ser reubicados en la plaza correspondiendo a los ejemplares E-049, E-054, E-056 y E-057.

---

<sup>1</sup> Los individuos trasladados se ubicaban en la plaza del pueblo de Camar y fueron llevados a un vivero debido a las obras de construcción y serán reubicados una vez finalizadas las obras.

Los parámetros evaluados para caracterizar a la población de algarrobos presentes en la quebrada de Camar corresponden a la vitalidad, porcentaje de copa viva, fenología y daño animal o antrópico. Además, se evalúa el estado fisiológico y biomasa de los individuos de la población. De forma adicional, se evalúa por separado una porción de los individuos que actualmente poseen un sistema de riego activo, versus aquellos que no lo poseen.

Respecto a la “vitalidad”, se identificó que los individuos en categoría de crecimiento normal aumentaron considerablemente durante los meses de octubre y noviembre del presente año; a diferencia de lo reportado en el segundo semestre de 2022. En consecuencia, los ejemplares catalogados como débiles o muy débiles se registraron con una baja variación respecto al año anterior. Por otra parte, la evaluación del “porcentaje de copa viva” muestra que los individuos de algarrobo poseen un marcado comportamiento estacional, donde la porción de copa viva disminuye en el período de receso vegetativo y aumenta hacia primavera, lo que se aprecia tanto en el segundo semestre 2022 como en el segundo semestre del 2023, siendo el primero donde se observa una estacionalidad más marcada, con mayor variación en las categorías de copa viva inferiores (menores al 50%) durante el periodo recesivo y menor en las categorías de copa viva mayor al 50% durante el período de primavera verano. Respecto a la “fenología”, se observa floración en los meses de octubre y noviembre, con una mayor proporción de árboles con flores en el mes de noviembre. Mientras que la presencia de frutos se observa a partir del mes de octubre, y hasta diciembre, mes donde se aprecia la mayor proporción de árboles con fructificación. Cabe destacar que en las series C y D no se observan individuos con flores o frutos, esto debido a que corresponden a árboles de bajo desarrollo en altura y diámetro, los que son fuertemente ramoneados por burros silvestres, lo que impide el desarrollo de estructuras reproductivas.

Respecto a la afectación natural por daño animal, a diferencia del primer semestre de 2023, se observa una disminución de individuos por afectación por ramoneo en todas las series. Lo anterior se debe a los altos valores de ramoneo que se registraron principalmente durante abril y mayo de 2023. Respecto al estado fitosanitario de los individuos, durante noviembre y diciembre de 2023 se constató daño por presencia de plagas en 76 individuos de la serie E. De acuerdo con los informes de avance del Programa de control fitosanitario de la población de artrópodos asociados a algarrobos ubicados en la quebrada de Camar, elaborado por el INIA durante el segundo semestre del 2023. En el sector predominan los grupos taxonómicos Hermiptera y Diptera, ambos con rasgos funcionales de herbívoros y depredadores. En menor medida se identificaron ejemplares de Bruchidae causando daños a semillas y, Pentatomidae y Curculionidae causando daño en hojas.

Respecto a afectación antrópica, también se registra una disminución en todas las series respecto al primer semestre de 2023. En el caso de la serie A y B, la afectación disminuyó en un 0,81% y 5,18% respectivamente. En el caso de las series C y D no se registran datos de afectación antrópica. La serie E (ubicada al este de la ruta CH-23 y dentro del pueblo de Camar), registra la mayor cantidad de observaciones debido principalmente a cortes de ramas, huellas vehiculares, y basura.

Para el análisis del estado fisiológico de la población de algarrobos realizada en julio y octubre de 2023, se trabajó con una muestra de 18 individuos de algarrobo (muestra objetivo, serie A) que están distribuidos en torno al ex pozo de extracción Camar-2. Complementariamente, se tomaron muestras en nueve (9)

ejemplares alejados de dicho pozo, que se encuentran ubicados hacia el este de la muestra objetivo, pertenecientes a la serie B, y a individuos ubicados en el mismo sector del pozo, pertenecientes a las series C (1 ejemplar), D (1 ejemplar) y AX (2 ejemplares) (muestras testigos). A cada individuo se le midió la conductancia estomática y potencial hídrico (en pre-alba y mediodía). Posteriormente los datos fueron analizados estableciendo comparaciones entre el estado hídrico de la serie A (muestra objetivo) y las series B y C (muestra testigo), respecto a su ubicación con la tubería que atraviesa la quebrada de norte a sur a la altura del ex pozo de extracción Camar-2 y considerando si los individuos son regados o no<sup>2</sup>.

Los resultados de julio 2023 no presentan diferencias significativas en el potencial hídrico ni la conductancia estomática al comparar los algarrobos de la serie A con los algarrobos de las series B y C. Contrariamente en octubre, los algarrobos de la serie A muestran un potencial hídrico pre-alba levemente mejor que los algarrobos de las series B y C, además de una conductancia estomática mayor. Sucede de la misma manera al comparar los algarrobos ubicados aguas arriba y aguas debajo de la tubería. En julio no se encontraron diferencias significativas de potencial hídrico ni de conductancia estomática. En octubre se observaron diferencias en potencial hídrico pre-alba y la conductancia estomática, en donde los valores más bajos se presentaron en los árboles ubicados aguas arriba de la tubería. Sin embargo, al comparar el potencial hídrico en mediodía, la tubería no tendría efecto en el estado hídrico de los algarrobos.

Con respecto al riego, su aplicación en los árboles de la serie A sigue teniendo efectos positivos en estas variables, donde alcanzan valores superiores a los de la serie B en todas las mediciones desde enero de 2023.

Al analizar la dinámica temporal de las variables, los valores de potencial registrados en octubre de 2023 son más altos que los registrados en el mes de octubre 2023, lo que es una respuesta a la variación estacional, observándose los valores más negativos en invierno.

Los resultados de las mediciones de biomasa indican que la estructura de la población estaría constituida mayoritariamente por individuos vivos (sólo un 30,70% se registró seco en julio de 2023 v/s un 30,60% en octubre de 2023), jóvenes o de poco desarrollo, la mayor parte de los individuos en las clases diamétricas de menor tamaño (< 7,5 cm) (80,60% en julio y 80,30% en octubre), con alturas medias que no superan los 50 cm y sólo un 9,10% de los individuos de mayor tamaño (> 20, cm) que pueden alcanzar hasta los 6,6 m de altura en julio, mientras que en octubre, los individuos de mayor tamaño representan el 9,30% y llegan hasta los 7m de altura. Además, la población presentaría una alta capacidad de retoñación, tratándose en su mayoría de individuos de hábito arbóreo-arbustivo, con más de un fuste (plurifustales) y varias ramas principales, estructura que se ha mantenido constante en el período analizado.

Respecto a la estimación de biomasa, la biomasa aérea total de la población a julio de 2023 alcanzó 5.205,4 kg, mientras que en octubre de 2023 la biomasa aérea total aumentó a 5.588,0 kg, concentrándose en su mayoría en individuos vivos en ambos meses. Con respecto a las componentes, la biomasa aérea se acumula en forma decreciente en las ramas, el fuste y las hojas.

---

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

Existe una tendencia al incremento en la media del diámetro basal equivalente y en área basal acumulada de la población (Vivos + Secos). Si se agrupan estadísticamente los resultados obtenidos, se tiene un primer periodo (Mediciones de abril de 2022 y enero de 2023) y un segundo periodo (Mediciones de abril, julio y octubre de 2023), resultando en un incremento entre periodos en la media del diámetro basal equivalente y el área basal de 1,3 cm y 0,5659 m<sup>2</sup>, respectivamente.

Respecto a los ejemplares que cuentan con sistema de riego, se observa un número de ejemplares Seco y con copa viva 0% que se mantiene sin mayores variaciones durante todo el semestre. La disminución de ejemplares Secos y con copa viva 0% estaría relacionada principalmente con la implementación del sistema de riego, debido a que se registró sin mayores variaciones no solo durante el segundo semestre, sino que también a lo largo de todo el período anual de 2023.

El vigor de los ejemplares en categoría Muy débil y Débil se registró con menor variación durante la temporada de receso vegetativo (extendiéndose hasta septiembre), mientras que los individuos registrados en Crecimiento normal aumentaron considerablemente durante octubre y noviembre de 2023, a diferencia de lo reportado en el segundo semestre de 2022.

Por otra parte, la evaluación del porcentaje de copa viva en segundo semestre del 2022 y 2023, muestra que los individuos de algarrobo con riego tienden a mantener algún grado de follaje durante todo el período, dado que se observa gran cantidad de árboles principalmente con follaje en 5-25% y 25-50% incluso hasta septiembre de 2023. Si bien en general se sigue observando un comportamiento estacional, con la disminución de copa en el período de receso vegetativo y un aumento en las categorías de copa viva superior al 50% hacia primavera, en el segundo semestre de 2022 la estacionalidad se observa mucho más marcada, con mayor variación en las categorías de copa viva inferiores durante el periodo recesivo y de las categorías de copa viva superior al 50% durante el período de primavera verano.

Respecto al estado de los elementos asociados al sistema de riego, se constata que el principal desperfecto en sus mecanismos corresponde a roturas puntuales en las líneas de abastecimiento de agua y piquetes en las cañerías, situación que se observó principalmente durante el primer semestre de 2023. En menor medida, se han encontrado pérdida de presión y fugas. La detección de estas averías ha sido de ayuda para una pronta reparación de estos componentes.

## 1.2 Flora y Vegetación

### 1.2.1 Vegetación

La quebrada de Camar posee una superficie total de 4.044,04 ha, correspondiente al cono aluvial que se extiende entre el pueblo de Camar y la ruta B-355, aproximadamente. Los muestreos realizados en el segundo semestre de 2023 revelan cambios en las coberturas con vegetación de la quebrada Camar. Los resultados de julio 2023 y octubre 2023 indican que la formación vegetal que más varió su cobertura fue el matorral de Matorral de *Atriplex atacamensis* - *Atriplex imbricata*, con un aumento del 0,62%, equivalente a 25,04 ha, seguido por el matorral de *Aloysia deserticola* - *Ephedra multiflora*, que presentó una disminución del 0,28% (10,95 ha) y por último el matorral de *Tessaria absinthioides*, con una disminución del 0,20% (8,11 ha). El Matorral de *Tiquilia atacamensis* se mantuvo prácticamente sin variaciones. En general, los matorrales tuvieron un aumento del 0,18% en su superficie (equivalente a 6,98 ha), mientras que las formaciones de Pradera de *Distichlis spicata* y, Bosque de *Neltuma alba* (algarrobo) no presentaron variaciones en su superficie.

Respecto al estado de vitalidad de las 75 unidades de vegetación en el segundo semestre de 2023, al comparar los resultados de julio y octubre se observa un aumento en el número de polígonos en categoría Normal pasando de un 16,00% a un 93,33% del total de polígonos junto con una disminución en el número de polígonos en estado vital Débil con un diferencial de pasando de un 25,33% en julio a un 4,00% en octubre, lo que indica una mejora en la vitalidad de la vegetación en el segundo semestre del 2023.

En cuanto al porcentaje de copa viva, en el segundo semestre de 2023, se evidenció un aumento de las categorías superiores el 25%, pasando de 8 registros en julio 2023 a 18 en octubre 2023. Contrariamente, se registró una disminución de las categorías inferiores al 25% de copa viva, pasando de 67 registros en julio a 57 registros en octubre.

En relación con el estado fenológico de la vegetación en el segundo semestre del 2023, en julio, la categoría más representada corresponde a “senescente”, con un 78,67% de los registros, mientras que, en octubre, la categoría más representada corresponde a “crecimiento vegetativo” con 72,60% de los registros.

Respecto a la afectación antrópica y/o natural sobre la vegetación dentro de la quebrada de Camar, de las 75 unidades vegetacionales (polígonos), se registró un mayor porcentaje de polígonos intervenidos en julio que en octubre. Según los resultados, tanto en julio como en octubre, el daño antrópico más representado corresponde a las huellas vehiculares, seguido por las obras, luego los caminos y por último la basura. No se registraron observaciones con respecto a la afectación natural por daño animal.

### 1.2.2 Flora

Respecto a la riqueza florística de la quebrada de Camar, se registran 26 taxa agrupados en 13 familias distintas hasta octubre 2023. Las coberturas de las especies más abundantes en el área son *Tessaria absinthioides*, registrando 8,41% en julio y 12,80% en octubre, valores cercanos al 10,99% reportado en primer semestre 2022. En menor medida la especie *Atriplex atacamensis* (1,73% en julio y 2,97% en octubre, versus 1,44% en primer semestre 2022), *Tiquilia atacamensis* (1,45% en julio y 1,50% en octubre, versus el 2,01%

de recubrimiento en primer semestre 2022) y la especie *Aloysia deserticola* (0,64% en julio y 0,91% en octubre, versus 0,72% en primer semestre 2022).

## 1.3 Parámetros del suelo

### 1.3.1 Monitoreo mensual de Contenido de Humedad de suelo (CHS)

El contenido de humedad del suelo asociado a los individuos de algarrobos monitoreados mensualmente en el sector de la quebrada de Camar, posee un marcado comportamiento estacional, el cual se ve influenciado por la ocurrencia de lluvias estivales. En el período analizado (julio a octubre 2023), se observa que en el mes de julio se presentan los mayores registros de CHS (%) en todos los puntos de monitoreo, como respuesta a las lluvias ocurridas durante febrero y marzo<sup>3</sup>. Del mismo modo, en los meses donde no hubo precipitaciones, se observa una disminución en el CHS.

De acuerdo con estudios previos sobre la población de algarrobos presente en la quebrada de Camar<sup>4</sup>, los árboles aprovecharían el agua subsuperficial almacenada en el horizonte arcilloso del suelo, independizándose de los aportes directos de las precipitaciones y de la napa freática, ya que esta última, se ubica a más de 50 m en el sector. Por esta razón, se estima que eventos de lluvias favorecerían las reservas de agua aprovechable para las plantas, y en consecuencia la vitalidad de la población de algarrobos.

### 1.3.2 Monitoreo trimestral de CHS, pH y CE

El monitoreo trimestral contempla la medición del contenido de humedad de suelo, pH y conductividad eléctrica. Los resultados del segundo semestre de 2023 indican que los suelos que se presentan dentro de la quebrada de Camar son principalmente alcalinos, de pH elevado, con salinidades y contenido de humedad variables. La salinidad varía entre suelos moderadamente salinos y fuertemente salinos en la zona más cercana al salar de Atacama a suelos no salinos en la zona media y alta de la quebrada, siendo estos últimos los que tuvieron mayor frecuencia dentro del universo de puntos de monitoreo. De la misma forma, el contenido de humedad es mayor en aquellos puntos más cercanos al salar y menor a medida que se distancian hacia la zona altiplánica.

---

<sup>3</sup> Las precipitaciones registradas en el mes de febrero corresponden a los días: 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 18 de febrero (19,8 mm, 1,5 mm, 0,2 mm, 4,3 mm, 1,0 mm, 0,3 mm y 1,7 mm respectivamente). Las precipitaciones registradas en el mes de marzo corresponden a los días: 10, 14, 16, 17, 22 y 23 (1,2 mm, 6,5 mm, 0,1 mm, 3,2 mm, 10,3 mm y 1,3 mm respectivamente). Fuente: Red Agrometeorológica de INIA, Estación Camar, San Pedro de Atacama ([www.agrometeorologia.cl](http://www.agrometeorologia.cl)).

<sup>4</sup> 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.

## 2 Introducción

El presente informe, elaborado por Geobiota, abarca los resultados del monitoreo realizado durante el segundo semestre del año 2023 en el cono aluvial de la quebrada de Camar, dentro del Salar de Atacama en la región de Antofagasta. Los participantes involucrados en la elaboración del informe y la recopilación de datos en terreno están detallados en el anexo 6. 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 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 226/2006”. 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.

Cabe destacar que, recientemente las especies nativas y endémicas del género *Prosopis* en Chile, conocidas como Algarrobos y Tamarugos, han modificado su nomenclatura tradicional propuesta por Burkart (1976) siendo reemplazados por los géneros *Neltuma* (Algarrobos) y *Strombocarpa* (Tamarugos), según estudios actuales de Hughes *et al.* 2022, presentando la justificación de la desintegración del género *Prosopis*. De acuerdo con nuevas evidencias filogenéticas se ha demostrado que el antiguo género *Prosopis* presenta un origen polifilético con tres linajes separados, cada uno con afinidades de géneros de las Leguminosae mimo-soideas. La proposición original de *Prosopis* por Burkart 1976 ya distinguía secciones que reunían especies de distintos orígenes y antigüedad, destacando para la flora de Chile, las Secciones *Algarobia* representada por los Algarrobos actualmente *Neltuma* y *Strombocarpa* que incluye a Tamarugo y afines actualmente en el género *Strombocarpa* (Hughes *et al.* 2022). Los tres linajes descritos corresponden en gran medida a los enunciados por Burkart 1976 como Secciones y Series y no modifican la información acerca de sus atributos biológicos, origen, 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>5</sup>, Catálogo de Plantas nativas del Herbario de la Universidad de Concepción<sup>6</sup>, IPNI<sup>7</sup>) y en publicaciones científicas. Dicho lo anterior, en el presente informe

---

<sup>5</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>6</sup> <http://catalogoplantas.udec.cl/?q=catalogo&combine=neltuma+alba>

<sup>7</sup> <https://www.ipni.org/n/77303585-1>

se utiliza la nomenclatura recientemente incorporada para referirse a los ejemplares de algarrobo como *Neltuma alba*.

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.

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

Componente	Variable	Parámetro	Frecuencia del monitoreo		Responsables del monitoreo	
Medio Biótico	Población de <i>Neltuma alba</i>	Vitalidad Porcentaje de copa viva Fenología Etapa de crecimiento Afectación antrópica y/o natural	Mensual		Geobiota y monitores de la Comunidad de Camar.	
		Potencial hídrico Conductancia estomática	Trimestral			Laboratorio de Relación Suelo-Agua-Planta Facultad de Ciencias Agronómicas Universidad de Chile
		Variables dendrométricas	Trimestral			Dr. Gustavo Cruz M. Ing. For. Patricio Tapia.
	Individuos de <i>Neltuma alba</i> bajo sistema de riego	Vitalidad Porcentaje de copa viva	Semanal/Bisemanal		Personal de la Gerencia de Medio Ambiente (GMA), de SQM Salar S.A.	
		Estado de los elementos asociado al Sistema de Riego				
	Vegetación de la quebrada de Camar	Cobertura de la vegetación medida como superficie Vitalidad Afectación antrópica y/o natural	Trimestral		Geobiota y monitores de la Comunidad de Camar.	
Trimestral						
Flora de la quebrada de Camar	Abundancia de especies Riqueza florística	Trimestral				
Medio Abiótico	Suelo	Contenido de humedad para individuos <i>Neltuma alba</i>	Mensual	Enero Febrero Marzo Abril	Algoritmos Spa (toma de muestras). ALS Life Sciences Chile (análisis de laboratorio).	
				Mayo Junio	ALS Life Sciences Chile (toma de muestras y análisis de laboratorio).	

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

Componente	Variable	Parámetro	Frecuencia del monitoreo	Responsables del monitoreo
	Suelo	Contenido de humedad Conductividad eléctrica pH	Trimestral	Algoritmos Spa (toma de muestras). ALS Life Sciences Chile (análisis de laboratorio).

Fuente: Elaboración propia, 2023

Los individuos de *Neeltuma alba* (algarrobo) que se desarrollan en la quebrada han sido identificados por las series A, B, C, D y E. Los algarrobos de la serie A han sido monitoreados anualmente desde el año 2006 a través del Plan de Seguimiento Ambiental asociado a la Operación Minera en el Salar de Atacama (RCA N° 226/2006). Esta serie posee un universo total de 75<sup>8</sup> ejemplares adultos ubicados en las proximidades del ex pozo de extracción Camar-2<sup>9</sup>, de los cuales 15 se encuentran desprendidos o desaparecidos hasta junio 2023.

Por otra parte, las series B, C y D han sido monitoreadas mensualmente desde abril 2021 como parte de la Acción 24 del PdC, correspondientes a los individuos que se desarrollan en el área de la quebrada de Camar que se ubica al oeste de la Ruta CH-23. Luego, a partir del mes de enero 2022, se incorporaron a este monitoreo los individuos presentes al este de la Ruta CH-23 y dentro del pueblo de Camar (serie E)<sup>10</sup>. Estos individuos conforman el objeto del monitoreo mensual de algarrobos y se agregan a los análisis previos de la serie A, dando un total de 453 ejemplares hasta diciembre 2023. Cabe mencionar que, en las prospecciones realizadas en las distintas campañas, se ha notificado el desprendimiento de 95 ejemplares (desaparecidos) e identificado 16 ejemplares correspondientes a regeneración de *Strombocarpa tamarugo* dentro de la quebrada, los que no se consideran para el análisis de resultados.

La evaluación de individuos bajo sistema de riego se evalúa en 37 ejemplares; 32 ejemplares de la serie A, y 5 ejemplares de la serie C, tal como es indicado en la acción N° 28 del Plan de Cumplimiento (PdC). El individuo "AX-01"<sup>11</sup> correspondiente a la serie A y aquellos pertenecientes a la serie C fueron considerados dentro de la implementación del sistema de riego con la finalidad de comparar su efectividad en individuos distintos a los establecidos en la RCA N° 226/2006.

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

<sup>8</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 a esta serie (Anexo 1).

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

<sup>10</sup> La serie E fue incorporada en enero 2022 y no está identificada dentro del Plan 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.

<sup>11</sup> Los individuos AX-01, AX-02, AX-03 y AX-76 forma parte de la serie A y comenzaron a ser monitoreados a partir de diciembre de 2021. Además, el individuo AX-01 cuenta con sistema de riego desde diciembre de 2022.

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 información adicional y para complementar los resultados de los seguimientos, se realizan monitoreos mensuales del contenido de humedad del suelo asociado a la población de algarrobos y monitoreos trimestrales del contenido de humedad, pH y salinidad del suelo, asociados a las formaciones vegetacionales presentes en la quebrada.

De acuerdo con lo anterior, en el presente informe se entregan los resultados correspondientes al reporte semestral del monitoreo de vitalidad de algarrobos y seguimiento de la flora y vegetación que se desarrolla en la quebrada de Camar.

### 3 Objetivos

El presente informe tiene como objeto 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:

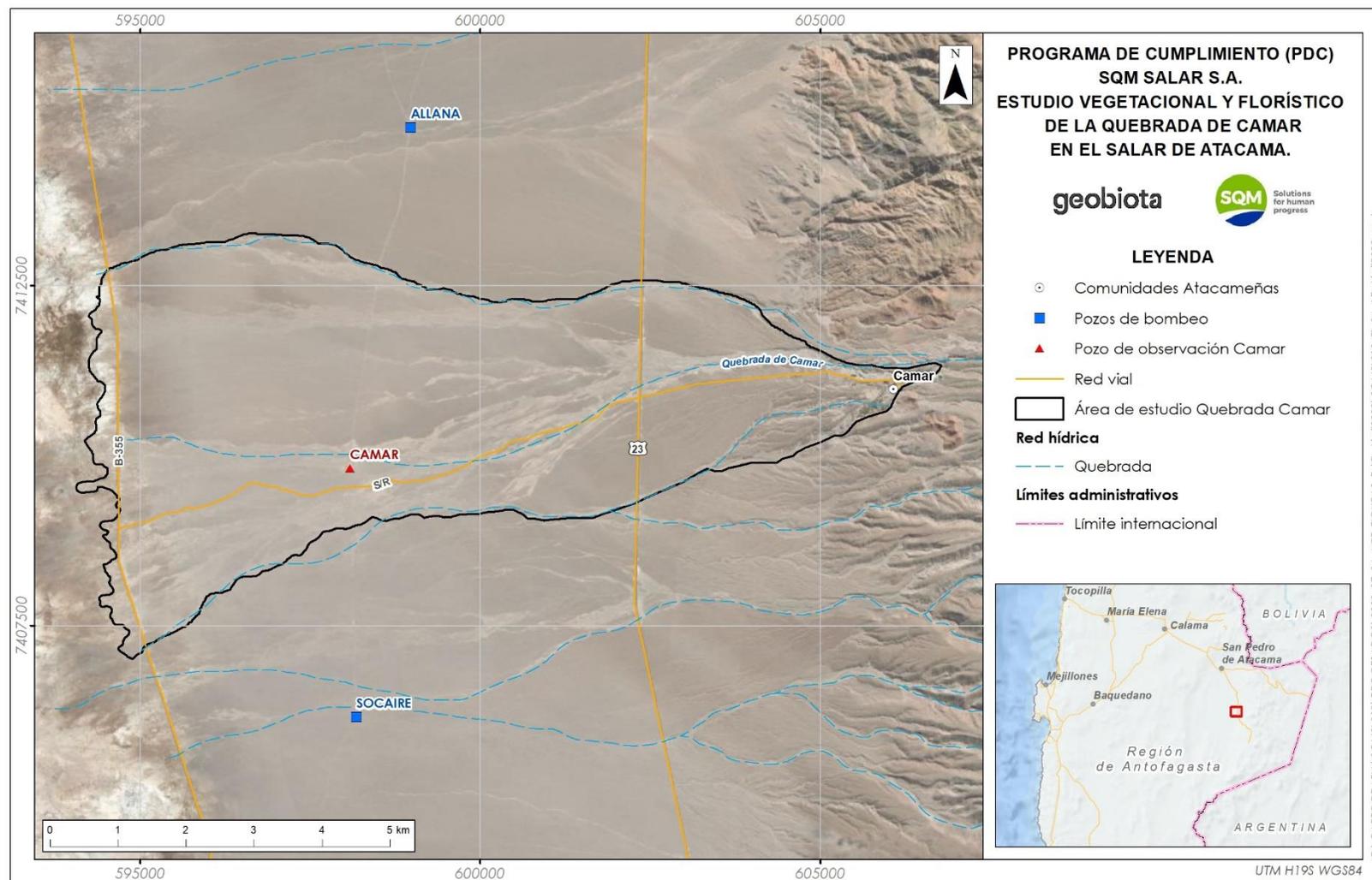
- Censar individuos de la población de *Neltuma alba* (algarrobo) que se desarrolla en la quebrada de Camar, registrando individuos desaparecidos, nuevos, y reaparecidos por cada una de las series y analizar la evolución en el tiempo de sus estados vitales y sanitarios.
- Evaluar el estado fisiológico de la población de *Neltuma alba* mediante la medición de variables que permiten determinar su estado hídrico.
- Estimación de la biomasa aérea de la población de *Neltuma alba*.
- Reportar el estado de los elementos asociados al programa de riego.
- Caracterizar los ejemplares sometidos a riego mediante la evaluación del vigor y el porcentaje de copa viva.
- Caracterizar las formaciones vegetacionales presentes dentro de la quebrada de Camar en términos de su riqueza, abundancia y estimar su estado de vitalidad.
- Evaluar el contenido de humedad del suelo asociado a algunos individuos de algarrobo y su variabilidad en el tiempo.
- Evaluar el contenido de humedad del suelo, conductividad eléctrica y pH dentro de la quebrada y su variabilidad en el tiempo, además de analizar los posibles efectos que ésta tenga sobre la flora y vegetación de la quebrada de Camar.

## 4 Materiales y métodos

### 4.1 Área de estudio

El área que es objeto de seguimiento (en adelante, área de estudio o AE), corresponde al área cubierta por 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: Elaboración propia, 2023

## 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, estos 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, reaparecidos 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>12</sup>, por lo que el número de individuos en pie varía mensualmente.

Las coordenadas de estos ejemplares se presentan en la Tabla 4-1, mientras que la ubicación espacial de estos se presenta en la Figura 4-2. Es importante destacar que, de la totalidad de ejemplares de *Neltuma alba*, 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 Ubicación de los individuos de *N. alba* monitoreados en la quebrada de Camar (Datum WGS84 Huso 19S).

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
A-01	598.100	7.409.909	C-55	598.132	7.409.523	E-046	605.974	7.411.097
A-02	598.065	7.409.914	C-56	598.131	7.409.521	E-047	606.040	7.410.946
A-03	598.032	7.409.929	C-57	598.132	7.409.516	E-048	606.041	7.410.951
A-04	598.066	7.409.720	C-58	598.113	7.409.516	E-049	606.040	7.410.949

<sup>12</sup> La serie E se compone de 194 individuos hasta diciembre 2023. En noviembre 2022 y marzo 2023 se suspendieron las campañas por motivos técnicos y climáticos, respectivamente. Además, en junio 2023 hubo restricciones de acceso al pueblo, por lo que no se pudo completar la totalidad del monitoreo. Debido a esto, el número de individuos en pie varía mensualmente.

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

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
A-05	598.004	7.409.777	C-59	598.111	7.409.506	E-050	606.036	7.410.954
A-06	597.867	7.409.701	C-60	598.095	7.409.505	E-051	606.034	7.410.959
A-07	597.031	7.409.692	C-61	598.143	7.409.489	E-052	606.033	7.410.957
A-08	597.052	7.409.693	C-62	598.141	7.409.493	E-053-A	606.047	7.410.951
A-09	597.055	7.409.705	C-63	598.178	7.409.504	E-053-B	606.047	7.410.951
A-10	597.087	7.409.700	C-64	598.142	7.409.518	E-054*	606.046	7.410.951
A-11	597.201	7.409.691	C-65	598.545	7.409.509	E-055	606.039	7.410.946
A-12	597.223	7.409.975	C-66	598.557	7.409.716	E-056*	606.043	7.410.944
A-13	597.288	7.409.962	C-67	598.563	7.409.715	E-057*	606.051	7.410.951
A-14	597.286	7.409.993	C-68	598.588	7.409.723	E-058	606.055	7.410.950
A-15	597.260	7.409.999	C-69	598.602	7.409.731	E-059	606.046	7.410.956
A-16	597.582	7.409.925	C-70	598.609	7.409.736	E-060	606.051	7.410.960
A-17	597.603	7.409.916	C-71	598.602	7.409.691	E-061	606.044	7.410.960
A-18	597.621	7.409.920	C-72	598.575	7.409.695	E-062	606.050	7.410.966
A-19	597.621	7.409.913	C-74	598.105	7.409.725	E-063	606.054	7.410.970
A-20	597.627	7.409.921	C-75	598.098	7.409.481	E-064	606.042	7.410.968
A-21	597.632	7.409.915	C-76	598.109	7.409.481	E-065	606.029	7.410.940
A-22	597.634	7.409.921	C-77	598.102	7.409.492	E-066	606.021	7.410.910
A-23	597.645	7.409.915	C-78	598.469	7.409.488	E-067	606.023	7.410.909
A-24	597.649	7.409.924	C-79	598.469	7.409.679	E-068	606.024	7.410.911
A-25	597.655	7.409.919	D-01	599.662	7.409.679	E-069	606.021	7.410.912
A-26	597.665	7.409.923	D-02	599.297	7.409.953	E-070	606.018	7.410.915
A-27	597.679	7.409.918	D-03	599.294	7.409.919	E-071	606.019	7.410.917
A-28	597.683	7.409.912	D-04	599.278	7.409.926	E-072	606.014	7.410.895
A-29	597.747	7.409.936	D-05	599.277	7.409.953	E-073	606.008	7.410.893
A-30	597.788	7.409.952	D-06	599.282	7.409.966	E-074	606.005	7.410.891
A-31	597.792	7.409.953	D-07	599.227	7.410.001	E-075	605.998	7.410.898
A-32	598.738	7.409.919	D-08	599.204	7.410.004	E-076	605.952	7.410.788
A-33	598.759	7.409.902	D-09	599.070	7.409.970	E-077	605.959	7.410.780

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

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
A-34	598.819	7.409.920	D-10	598.731	7.409.990	E-078	605.845	7.410.745
A-35	598.848	7.409.926	D-11	598.693	7.409.609	E-079	605.833	7.410.743
A-36	598.732	7.409.766	D-12	598.710	7.409.626	E-080	605.807	7.410.778
A-37	598.698	7.409.766	D-13	598.570	7.409.682	E-081	605.814	7.410.786
A-38	598.677	7.409.695	D-14	598.603	7.409.716	E-082	605.772	7.410.776
A-39	598.670	7.409.699	D-15	598.610	7.409.715	E-083	605.766	7.410.789
A-40	598.574	7.409.693	D-16	598.562	7.409.710	E-085	606.038	7.410.912
A-41	598.469	7.409.677	D-17	598.540	7.409.705	E-086	606.040	7.410.915
A-42	598.403	7.409.674	D-18	598.578	7.409.679	E-087	605.556	7.410.590
A-43	598.432	7.409.734	D-19	598.564	7.409.639	E-088	605.563	7.410.582
A-44	598.449	7.409.740	D-20	598.550	7.409.621	E-089	605.561	7.410.584
A-45	598.488	7.409.746	D-21	598.537	7.409.624	E-090	605.498	7.410.577
A-46	598.492	7.409.741	D-22	598.529	7.409.626	E-091	605.497	7.410.576
A-47	598.581	7.409.758	D-23	598.523	7.409.626	E-092	605.495	7.410.569
A-48	598.314	7.409.784	D-24	598.098	7.409.610	E-093	605.495	7.410.563
A-49	598.579	7.409.683	D-25	598.160	7.409.448	E-094	605.509	7.410.561
A-50	598.543	7.409.660	D-26	598.113	7.409.501	E-095	605.494	7.410.559
A-51	598.491	7.409.653	D-27	598.112	7.409.457	E-096	605.493	7.410.561
A-52	598.483	7.409.654	D-28	598.055	7.409.453	E-097	605.489	7.410.563
A-53	598.414	7.409.660	D-29	598.107	7.409.879	E-098	605.484	7.410.567
A-54	598.419	7.409.645	D-30	598.086	7.409.900	E-099	605.485	7.410.558
A-55	598.388	7.409.586	D-31	598.078	7.409.861	E-100	605.484	7.410.549
A-56	598.359	7.409.612	D-32	598.111	7.409.798	E-101	605.486	7.410.550
A-57	598.341	7.409.607	D-33	598.103	7.409.491	E-102	605.482	7.410.548
A-58	598.407	7.409.807	D-34	598.695	7.409.488	E-103	605.439	7.410.545
A-59	597.880	7.409.705	D-35	598.660	7.409.708	E-104	605.436	7.410.548
A-60	597.318	7.409.687	D-36	599.272	7.409.717	E-108	605.297	7.410.425
A-61	597.595	7.409.927	D-37	599.230	7.409.965	E-109	605.295	7.410.415
A-62	597.697	7.409.914	D-38	598.117	7.409.982	E-110	605.305	7.410.418

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

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
A-63	597.715	7.409.919	D-39	598.116	7.410.175	E-111	605.303	7.410.418
A-64	597.703	7.409.910	D-40	598.119	7.410.182	E-112	605.308	7.410.411
A-65	597.718	7.409.904	D-41	598.118	7.410.189	E-113	605.305	7.410.406
A-66	597.731	7.409.907	D-42	598.118	7.410.190	E-114	605.307	7.410.403
A-67	597.746	7.409.922	D-43	598.117	7.410.207	E-115	605.304	7.410.393
A-68	597.767	7.409.938	D-45	598.189	7.410.214	E-116	605.322	7.410.402
A-69	598.076	7.409.878	D-46	598.516	7.409.866	E-117	605.324	7.410.401
A-70	598.028	7.409.873	D-47	598.509	7.409.637	E-118	605.326	7.410.400
A-71	597.817	7.409.786	D-48	598.679	7.409.661	E-119	605.330	7.410.403
AX-01	598.305	7.409.804	D-49	598.728	7.409.705	E-120	605.313	7.410.411
AX-02	597.020	7.409.942	D-50	598.745	7.409.637	E-121	605.311	7.410.414
AX-03	597.037	7.409.920	D-51	598.760	7.409.632	E-122	605.310	7.410.416
AX-76	597.609	7.409.906	D-52	598.755	7.409.662	E-123	605.307	7.410.422
B-01	598.922	7.409.874	D-53	598.795	7.409.668	E-124	605.305	7.410.426
B-02	599.016	7.409.889	D-54	598.822	7.409.663	E-125	605.313	7.410.423
B-03	599.710	7.409.937	D-55	598.810	7.409.679	E-126	605.316	7.410.418
B-04	600.761	7.410.288	D-56	598.829	7.409.698	E-127	605.319	7.410.425
B-05	601.215	7.410.461	D-57	598.741	7.409.702	E-128	605.318	7.410.425
B-06	601.266	7.410.440	D-58	599.249	7.409.692	E-129	605.324	7.410.414
B-07	601.306	7.410.495	D-59	601.641	7.409.977	E-130	605.390	7.410.434
B-08	601.379	7.410.552	D-60	599.289	7.410.610	E-132	605.468	7.410.532
B-09	601.420	7.410.585	D-61	598.987	7.409.931	E-133	605.476	7.410.527
B-10	601.403	7.410.509	D-62	598.743	7.409.858	E-134	605.472	7.410.529
B-11	601.603	7.410.548	D-63	598.714	7.409.654	E-135	604.455	7.411.156
B-12	601.635	7.410.587	D-64	599.100	7.409.620	E-137	603.033	7.411.234
B-13	601.683	7.410.612	D-65	599.076	7.409.867	E-138	603.606	7.411.329
B-14	601.711	7.410.666	D-66	599.083	7.409.951	E-139	603.585	7.411.343
B-15	601.710	7.410.672	D-67	598.742	7.409.874	E-140	604.510	7.411.144
B-16	601.856	7.410.736	D-68	598.114	7.409.681	E-141	603.675	7.411.341

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

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
B-17	601.972	7.410.806	D-69	598.138	7.410.168	E-142	603.724	7.411.353
B-18	602.174	7.410.934	D-70	598.138	7.409.964	E-143	603.733	7.411.365
B-19	602.256	7.410.943	D-71	599.083	7.409.952	E-144	606.042	7.410.953
B-20	602.261	7.410.998	D-72	599.015	7.409.952	E-145	606.048	7.410.944
B-21	602.313	7.410.998	D-73	598.997	7.409.873	E-146	606.051	7.410.921
BX-01	602.298	7.411.023	D-74	598.944	7.409.858	E-147	606.018	7.410.911
C-01	598.556	7.409.676	D-75	598.488	7.409.853	E-148	605.873	7.410.732
C-02	598.553	7.409.678	D-76	598.502	7.409.655	E-149	605.975	7.411.097
C-03	598.559	7.409.682	D-77	598.701	7.409.630	E-150	605.971	7.411.097
C-04	598.559	7.409.682	D-78	598.766	7.409.642	E-151	605.993	7.411.112
C-05	598.561	7.409.683	D-79	598.750	7.409.652	E-152	605.937	7.411.151
C-06	598.567	7.409.681	D-80	598.664	7.409.601	E-153	605.932	7.411.156
C-07	598.568	7.409.678	D-81	598.703	7.409.537	E-154	605.925	7.411.155
C-08	598.570	7.409.679	D-82	598.942	7.409.788	E-155	605.923	7.411.161
C-09	598.577	7.409.681	D-83	598.950	7.409.740	E-156	605.522	7.411.221
C-10	598.588	7.409.673	D-84	598.740	7.409.726	E-157	605.522	7.411.220
C-11	598.587	7.409.674	D-85	598.116	7.410.127	E-158	605.306	7.411.156
C-12	598.586	7.409.673	E-001	606.029	7.411.124	E-159	604.850	7.411.570
C-13A	598.593	7.409.689	E-002	605.751	7.411.098	E-160	604.743	7.411.332
C-13B	598.586	7.409.688	E-003	605.752	7.411.099	E-161	606.043	7.410.945
C-14	598.602	7.409.693	E-004	605.648	7.411.143	E-162	605.165	7.411.340
C-15	598.603	7.409.693	E-005	605.574	7.411.225	E-163	604.990	7.411.468
C-16	598.618	7.409.703	E-006	605.555	7.411.222	E-164	604.745	7.411.334
C-17	598.623	7.409.690	E-007	605.534	7.411.243	E-165	604.489	7.411.159
C-18	598.624	7.409.692	E-008	605.513	7.411.217	E-166	605.975	7.411.096
C-19	598.630	7.409.704	E-009	605.392	7.411.271	E-167	606.058	7.410.915
C-20	598.539	7.409.722	E-010	605.342	7.411.255	E-168	606.057	7.410.912
C-21	598.557	7.409.718	E-011	605.157	7.411.342	E-169	605.977	7.411.091
C-22	598.560	7.409.720	E-013	605.163	7.411.368	E-170	605.040	7.411.515

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

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
C-23	598.595	7.409.728	E-014	604.976	7.411.510	E-171	603.458	7.411.354
C-24	598.595	7.409.721	E-015	604.863	7.411.556	E-172	606.047	7.410.952
C-25	598.599	7.409.719	E-016	604.835	7.411.561	E-173	606.044	7.410.954
C-26	598.606	7.409.726	E-017	604.820	7.411.568	E-174	605.069	7.411.397
C-27	598.598	7.409.709	E-018	604.725	7.411.511	E-175	604.719	7.411.504
C-28	598.614	7.409.713	E-019	604.818	7.411.448	E-176	604.733	7.411.567
C-29	598.625	7.409.722	E-020	604.744	7.411.349	E-177	604.691	7.411.544
C-30	598.620	7.409.721	E-021	604.553	7.411.155	E-178	604.840	7.411.567
C-31	598.097	7.409.466	E-022	604.553	7.411.155	E-179	605.161	7.411.344
C-32	598.113	7.409.482	E-023	604.555	7.411.161	E-180	604.744	7.411.325
C-33	598.113	7.409.480	E-024	605.524	7.411.020	E-181	605.626	7.411.209
C-34	598.117	7.409.483	E-025	605.577	7.411.022	E-182	605.624	7.411.221
C-35	598.118	7.409.482	E-026	605.577	7.411.040	E-183	605.626	7.411.215
C-36	598.121	7.409.469	E-027	605.574	7.411.097	E-184	605.662	7.411.161
C-37	598.121	7.409.490	E-028	605.608	7.411.093	E-185	605.976	7.411.097
C-38	598.119	7.409.490	E-029	605.811	7.411.093	E-186	605.974	7.411.099
C-39	598.133	7.409.492	E-030	605.885	7.411.098	E-187	605.629	7.411.089
C-40	598.135	7.409.494	E-031	605.891	7.411.099	E-188	605.629	7.411.090
C-41	598.133	7.409.490	E-032	605.894	7.411.099	E-190	606.053	7.410.957
C-42	598.137	7.409.491	E-033	605.970	7.411.100	E-191	605.965	7.411.108
C-43	598.141	7.409.484	E-034	605.972	7.411.097	E-192	606.046	7.410.966
C-44	598.152	7.409.484	E-035	605.975	7.411.099	E-193	604.047	7.411.474
C-45	598.150	7.409.473	E-036	605.977	7.411.101	E-194	605.459	7.411.243
C-46	598.155	7.409.474	E-037	605.971	7.411.096	E-195	604.747	7.411.329
C-47	598.184	7.409.499	E-038	605.968	7.411.096	E-196	506.043	7.410.945
C-48	598.184	7.409.520	E-039	605.975	7.411.097	E-197	606.047	7.410.968
C-49	598.198	7.409.523	E-040	605.971	7.411.092	E-198	606.044	7.410.967
C-50	598.152	7.409.549	E-041	605.973	7.411.098	E-199	605.973	7.411.092
C-51	598.156	7.409.544	E-042	605.975	7.411.098	E-200	603.426	7.411.349

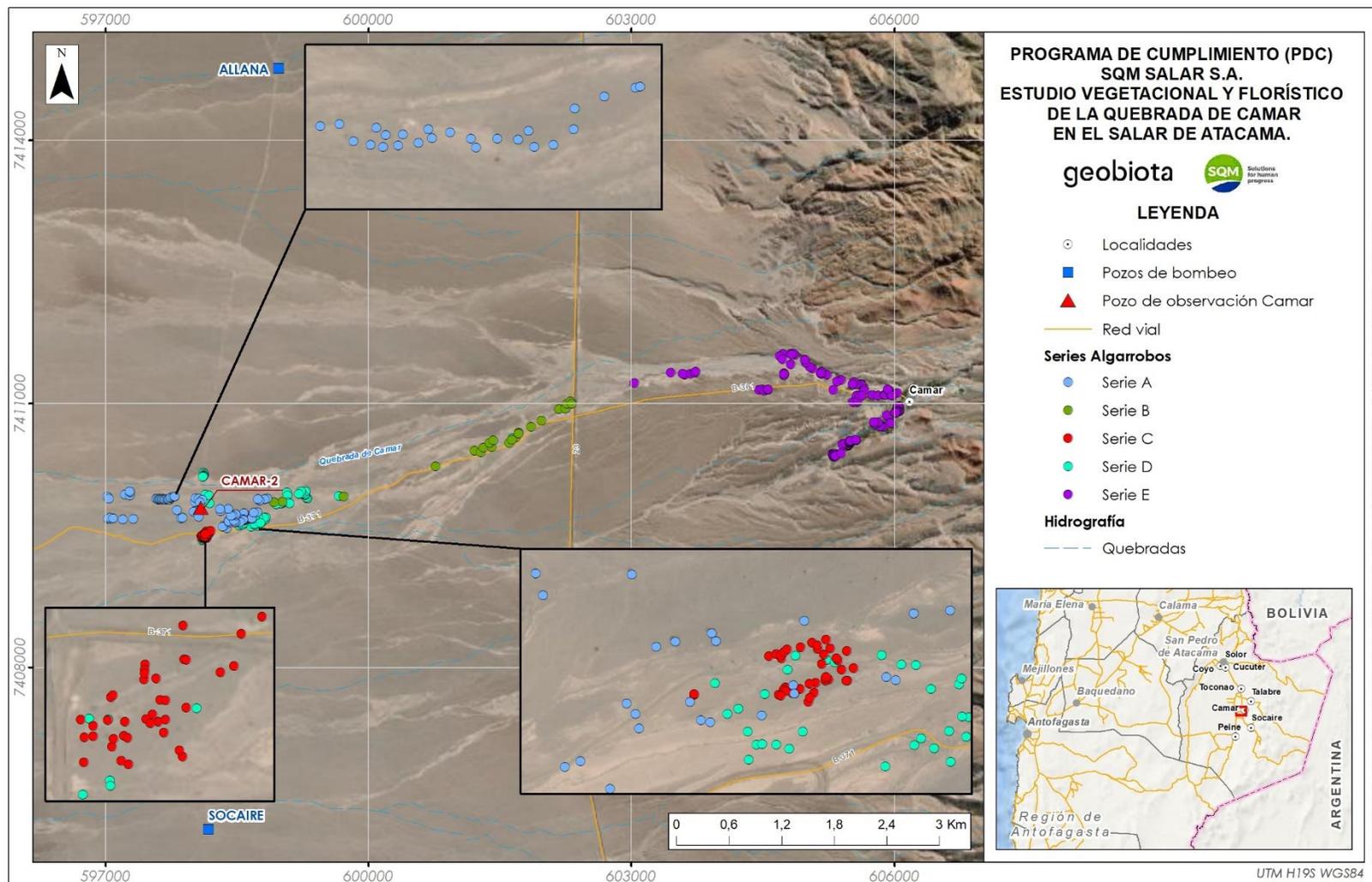
Tabla 4-1 Ubicación de los individuos de *N. alba* monitoreados en la quebrada de Camar (Datum WGS84 Huso 19S).

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
C-52	598.155	7.409.526	E-043	605.977	7.411.099	-	-	-
C-53	598.138	7.409.528	E-044	605.975	7.411.099	-	-	-
C-54	598.131	7.409.519	E-045	605.972	7.411.100	-	-	-

(\*): Individuos trasladados, la coordenada informada corresponde a la original.

Fuente: Registro reporte mensual, 2023

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



Fuente: Elaboración propia, 2023

#### 4.2.1.2 Ejemplares de algarrobo con mediciones del estado fisiológico

Las mediciones del potencial hídrico y conductancia estomática se realizan en un grupo de 18 individuos de la serie A y un grupo de 9 ejemplares de la serie B (cinco individuos), 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 la tubería de agua superficial, y algunos individuos cuentan con un sistema de riego implementado en razón a la Acción 28<sup>13</sup> del PdC. En la siguiente Tabla 4-2 se indican los individuos de Algarrobos en los cuales se determina su estado fisiológico y en la Figura 4-3 se visualiza su distribución espacial.

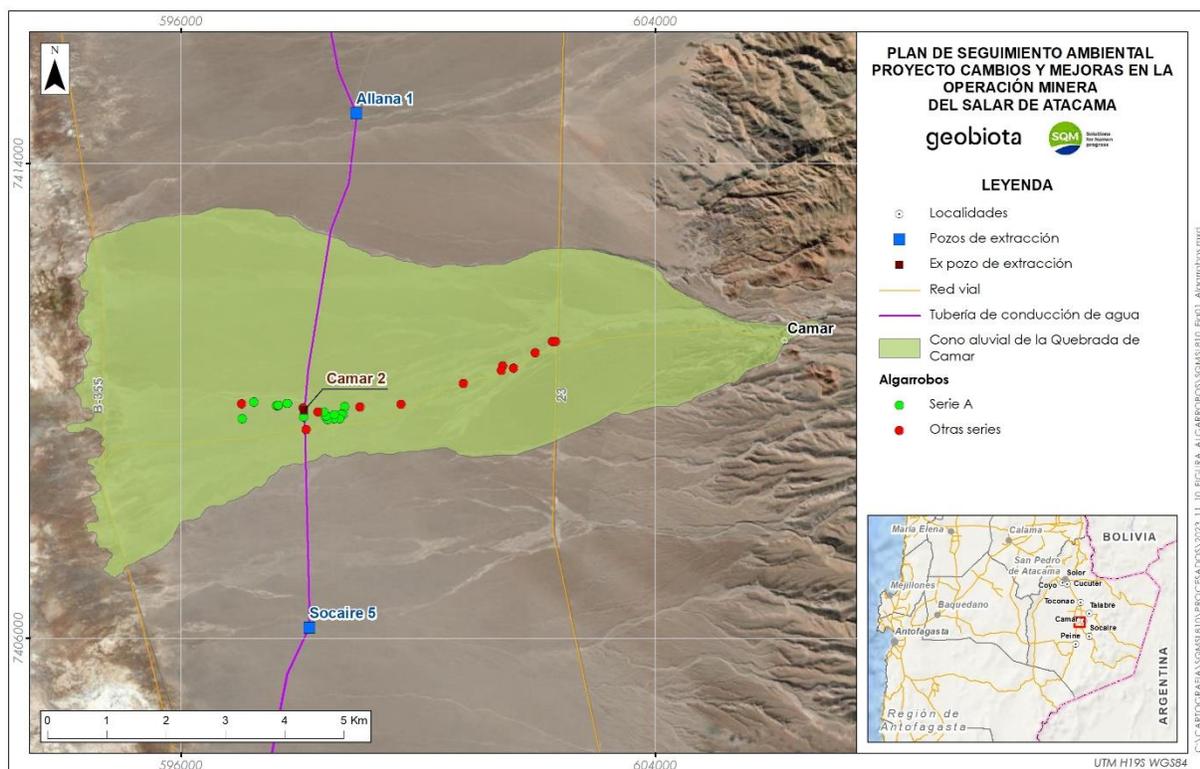
Tabla 4-2. Ubicación de los individuos de Algarrobos monitoreados (Datum WGS84 Huso 19S).

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

Fuente: Elaboración propia, 2023.

<sup>13</sup> Implementar programa de riego de los algarrobos que forman parte del monitoreo comprometido en la RCA 226/2006.

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



Fuente: Elaboración propia, 2023.

#### 4.2.1.3 Ejemplares de algarrobo con mediciones de variables dendrométricas

Para la medición de las variables dendrométricas y estimación de la biomasa aérea, se han todos los individuos distribuidos en el cono aluvial de la Quebrada de Camar de las series A, B, C y D. En la siguiente Tabla 4-1 se identifican los individuos y sus coordenadas de ubicación (coordenadas UTM, WGS84 Huso 19S), además su distribución espacial se presenta en la Figura 4-3.

Tabla 4-3 Ubicación de los individuos de *N. alba* monitoreados en la quebrada de Camar

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
A-04	598.066	7.409.720	B-17	601.972	7.410.806	D-76	598.502	7.409.655
A-05	598.004	7.409.777	B-18	602.174	7.410.934	B-15	601.710	7.410.672
A-06	597.867	7.409.701	B-20	602.261	7.410.998	C-49	598.198	7.409.523
A-07	597.031	7.409.692	B-21	602.313	7.410.998	C-50	598.152	7.409.549
A-08	597.052	7.409.693	C-01	598.556	7.409.676	C-51	598.156	7.409.544
A-09	597.055	7.409.705	C-02	598.553	7.409.678	C-54	598.131	7.409.519

Tabla 4-3 Ubicación de los individuos de *N. alba* monitoreados en la quebrada de Camar

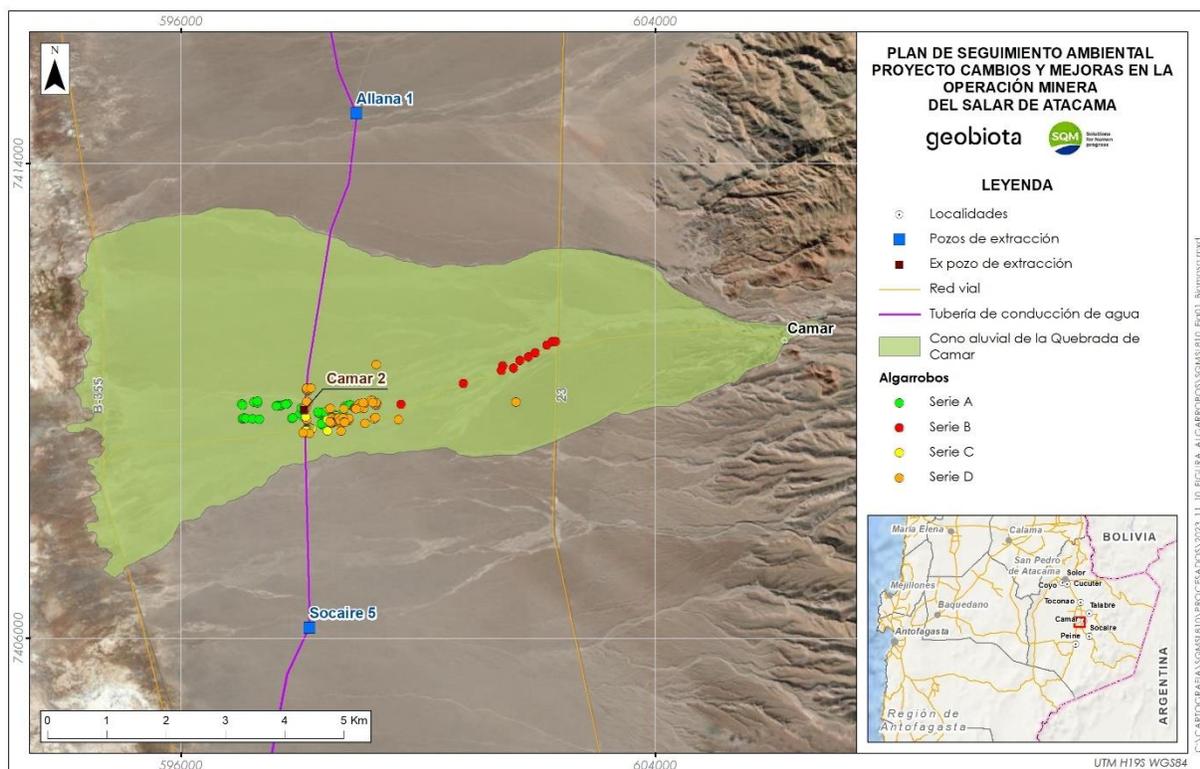
Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
A-10	597.087	7.409.700	C-03	598.559	7.409.682	C-55	598.132	7.409.523
A-11	597.201	7.409.691	C-05	598.561	7.409.683	C-56	598.131	7.409.521
A-12	597.223	7.409.975	C-06	598.567	7.409.681	C-58	598.113	7.409.516
A-13	597.288	7.409.962	C-07	598.568	7.409.678	C-59	598.111	7.409.506
A-14	597.286	7.409.993	C-08	598.570	7.409.679	C-60	598.095	7.409.505
A-17	597.603	7.409.916	C-09	598.577	7.409.681	C-66	598.557	7.409.716
A-19	597.621	7.409.913	C-10	598.588	7.409.673	C-67	598.563	7.409.715
A-21	597.632	7.409.915	C-13A	598.593	7.409.689	C-69	598.602	7.409.731
A-22	597.634	7.409.921	C-13B	598.586	7.409.688	C-70	598.609	7.409.736
A-23	597.645	7.409.915	C-14	598.602	7.409.693	C-71	598.602	7.409.691
A-25	597.655	7.409.919	C-15	598.603	7.409.693	C-74	598.105	7.409.725
A-26	597.665	7.409.923	C-16	598.618	7.409.703	C-75	598.098	7.409.481
A-27	597.679	7.409.918	C-17	598.623	7.409.690	C-76	598.109	7.409.481
A-28	597.683	7.409.912	C-18	598.624	7.409.692	C-77	598.102	7.409.492
A-29	597.747	7.409.936	C-19	598.630	7.409.704	C-78	598.469	7.409.488
A-30	597.788	7.409.952	C-21	598.557	7.409.718	C-79	598.469	7.409.679
A-31	597.792	7.409.953	C-22	598.560	7.409.720	D-01	599.662	7.409.679
A-33	598.759	7.409.902	C-23	598.595	7.409.728	D-02	599.297	7.409.953
A-34	598.819	7.409.920	C-24	598.595	7.409.721	D-03	599.294	7.409.919
A-35	598.848	7.409.926	C-25	598.599	7.409.719	D-04	599.278	7.409.926
A-36	598.732	7.409.766	C-26	598.606	7.409.726	D-05	599.277	7.409.953
A-37	598.698	7.409.766	C-28	598.614	7.409.713	D-06	599.282	7.409.966
A-38	598.677	7.409.695	C-29	598.625	7.409.722	D-07	599.227	7.410.001
A-39	598.670	7.409.699	C-31	598.097	7.409.466	D-08	599.204	7.410.004
A-40	598.574	7.409.693	C-33	598.113	7.409.480	D-09	599.070	7.409.970
A-41	598.469	7.409.677	C-34	598.117	7.409.483	D-11	598.693	7.409.609
A-42	598.403	7.409.674	C-36	598.121	7.409.469	D-12	598.710	7.409.626
A-43	598.432	7.409.734	C-37	598.121	7.409.490	D-13	598.570	7.409.682
A-44	598.449	7.409.740	C-39	598.133	7.409.492	D-14	598.603	7.409.716
A-45	598.488	7.409.746	C-40	598.135	7.409.494	D-15	598.610	7.409.715

Tabla 4-3 Ubicación de los individuos de *N. alba* monitoreados en la quebrada de Camar

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
A-46	598.492	7.409.741	C-41	598.133	7.409.490	D-16	598.562	7.409.710
A-47	598.581	7.409.758	C-42	598.137	7.409.491	D-17	598.540	7.409.705
A-48	598.314	7.409.784	C-43	598.141	7.409.484	D-18	598.578	7.409.679
A-49	598.579	7.409.683	C-45	598.150	7.409.473	D-19	598.564	7.409.639
A-50	598.543	7.409.660	C-46	598.155	7.409.474	D-20	598.550	7.409.621
A-51	598.491	7.409.653	C-47	598.184	7.409.499	D-21	598.537	7.409.624
A-52	598.483	7.409.654	D-52	598.755	7.409.662	D-22	598.529	7.409.626
A-53	598.414	7.409.660	D-53	598.795	7.409.668	D-23	598.523	7.409.626
A-54	598.419	7.409.645	D-54	598.822	7.409.663	D-25	598.160	7.409.448
A-55	598.388	7.409.586	D-55	598.810	7.409.679	D-28	598.055	7.409.453
A-56	598.359	7.409.612	D-56	598.829	7.409.698	D-29	598.107	7.409.879
A-58	598.407	7.409.807	D-58	599.249	7.409.692	D-30	598.086	7.409.900
A-59	597.880	7.409.705	D-59	601.641	7.409.977	D-31	598.078	7.409.861
A-60	597.318	7.409.687	D-60	599.289	7.410.610	D-34	598.695	7.409.488
A-68	597.767	7.409.938	D-61	598.987	7.409.931	D-35	598.660	7.409.708
A-70	598.028	7.409.873	D-62	598.743	7.409.858	D-36	599.272	7.409.717
AX-01	598.305	7.409.804	D-63	598.714	7.409.654	D-37	599.230	7.409.965
AX-02	597.020	7.409.942	D-64	599.100	7.409.620	D-38	598.117	7.409.982
AX-03	597.037	7.409.920	D-65	599.076	7.409.867	D-39	598.116	7.410.175
AX-76	597.609	7.409.906	D-66	599.083	7.409.951	D-42	598.118	7.410.190
B-01	598.922	7.409.874	D-68	598.114	7.409.681	D-43	598.117	7.410.207
B-02	599.016	7.409.889	D-69	598.138	7.410.168	D-45	598.189	7.410.214
B-03	599.710	7.409.937	D-70	598.138	7.409.964	D-46	598.516	7.409.866
B-04	600.761	7.410.288	D-71	599.083	7.409.952	D-47	598.509	7.409.637
B-09	601.420	7.410.585	D-72	599.015	7.409.952	D-48	598.679	7.409.661
B-10	601.403	7.410.509	D-73	598.997	7.409.873	D-49	598.728	7.409.705
B-11	601.603	7.410.548	D-74	598.944	7.409.858	D-50	598.745	7.409.637
B-16	601.856	7.410.736	D-75	598.488	7.409.853	D-51	598.760	7.409.632

Fuente: Elaboración propia, 2023.

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



Fuente: Elaboración propia, 2023.

### 4.2.2 Parámetros evaluados

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

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

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

Fuente: Elaboración propia, 2023

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”, 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 4-5, Tabla 4-6, Tabla 4-9, Tabla 4-7 y Tabla 4-8, respectivamente:

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

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

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

**Tabla 4-6. 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 4-7. Categorías utilizadas para la descripción de estado fenológico**

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

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

Tabla 4-8. 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 226/2006, y a partir de informes correspondientes al Plan de cumplimiento<sup>14</sup>, se describe también el parámetro Etapa de crecimiento de acuerdo con las categorías que se presentan en la Tabla 4-9. 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 finalmente alcanzar la etapa de senescencia. Cabe destacar que, al describir el desarrollo biológico de un individuo, estas categorías describen etapas graduales y evolutivas, por lo tanto, un individuo en etapa adulta no puede retroceder a etapa juvenil ni regeneración. Además, la categoría seco es la única que puede observarse durante las distintas etapas de crecimiento de un individuo y puede variar dentro de un ciclo fenológico, relacionándose directamente con el estado vital seco.

Tabla 4-9. 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).

<sup>14</sup> “Estudio Vegetacional y florístico de la Quebrada de Camar en el Salar de Atacama”. Anexo 2.11 del Plan de cumplimiento.

Tabla 4-9. Categorías utilizadas para la etapa de crecimiento

Código	Etapa de crecimiento	Criterio
3	Adulto	Individuos que presentan mayor desarrollo en altura y diámetros de troncos en general por sobre 2cm. Su principal característica es que han alcanzado su madurez reproductiva y producen flores y/o frutos cuando las condiciones ambientales son favorables. Esta categoría es independiente de la altura de los individuos.
4	Senescente	Individuo normalmente adulto en la etapa más avanzada de su ciclo de vida. Normalmente estos ejemplares se reconocen porque manifiestan pérdida de vigor, tienen apariencia envejecida, son más susceptibles a plagas y/o enfermedades. Pueden mostrar disminución en su altura y volumen de copa, con ramas quebradizas y follaje menos denso.
5	Seco	Individuo que no presenta follaje ni estructuras reproductivas.

Fuente: Elaboración propia, 2023

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 los 0,1 m de altura en cm.

Dentro del Anexo 11 se exponen, para cada serie de árboles, las variables dendrométricas comprometidas en el marco de la acción 24 del Plan 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 encuentre. 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, este es incorporado a la serie D.

### 4.2.3.2 Potencial hídrico y conductancia estomática

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.

Las mediciones se realizan con una cámara de presión (Scholander *et al.*, 1965) utilizando nitrógeno gaseoso como gas presurizado, en ramillas formadas durante la temporada anterior. Se seleccionan dos [2] ramillas por árbol, las que se guardaron al interior de una bolsa plástica sellada con una capa de papel aluminio (Meyer & Ritchie, 1980).

Cada ramilla se cortó, se desenvolvió y se introdujo inmediatamente en la cámara de presión para medir su potencial hídrico. El potencial hídrico en mediodía fue medido para registrar el estado hídrico al momento de mayor demanda de vapor de agua por parte de la atmósfera, debido a la alta radiación y mayor déficit de presión de vapor. Previo a la medición, se eligieron dos ramillas y se envolvieron en bolsas plásticas con papel aluminio (Meyer & Ritchie, 1980) durante 1 hora aproximadamente, para equilibrar el potencial hídrico foliar y xilemático para las mediciones realizadas al mediodía. Para el caso de las mediciones en pre-alba cada ramilla se introdujo a la cámara de presión para medir su potencial hídrico entre las 5:45 y 7:25 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<sup>2</sup> y humedad. La conductancia estomática es la velocidad de paso de CO<sup>2</sup> 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 8:30 y 10:00 horas, en hojas adultas y sanas de exposición Este.

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

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

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

#### 4.2.3.3 Estimación de la biomasa

Para estimar la biomasa de la población de algarrobos presentes en el cono aluvial de la Quebrada de Camar, se registran en terreno, aquellas variables más utilizadas por los modelos de regresión reportados por la literatura y que permiten estimar en forma eficiente la cantidad de biomasa aérea, las cuales corresponden a; diámetro máximo de la copa (mcw), diámetro de copa a los 90° del mcw (cw90) y altura total (ht). Además, para los individuos plurifustales que se registraron para todos los diámetros basales mayores a 2,5 cm las siguientes variables:

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

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

$$Dbe = 2 \sqrt{\sum \left(\frac{db_{0,1}}{2}\right)^2}$$

Donde:

Dbe = Diámetro basal equivalente (cm)

$db_{0,1}$  = Diámetros basales de cada vástago a 10 cm de altura del suelo

A partir de esta información se determinaron los siguientes parámetros:

- Rango diamétrico (Dbe) (cm).
- Altura media por rango diamétrico (m).
- Abundancia (Nº 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 4-10),

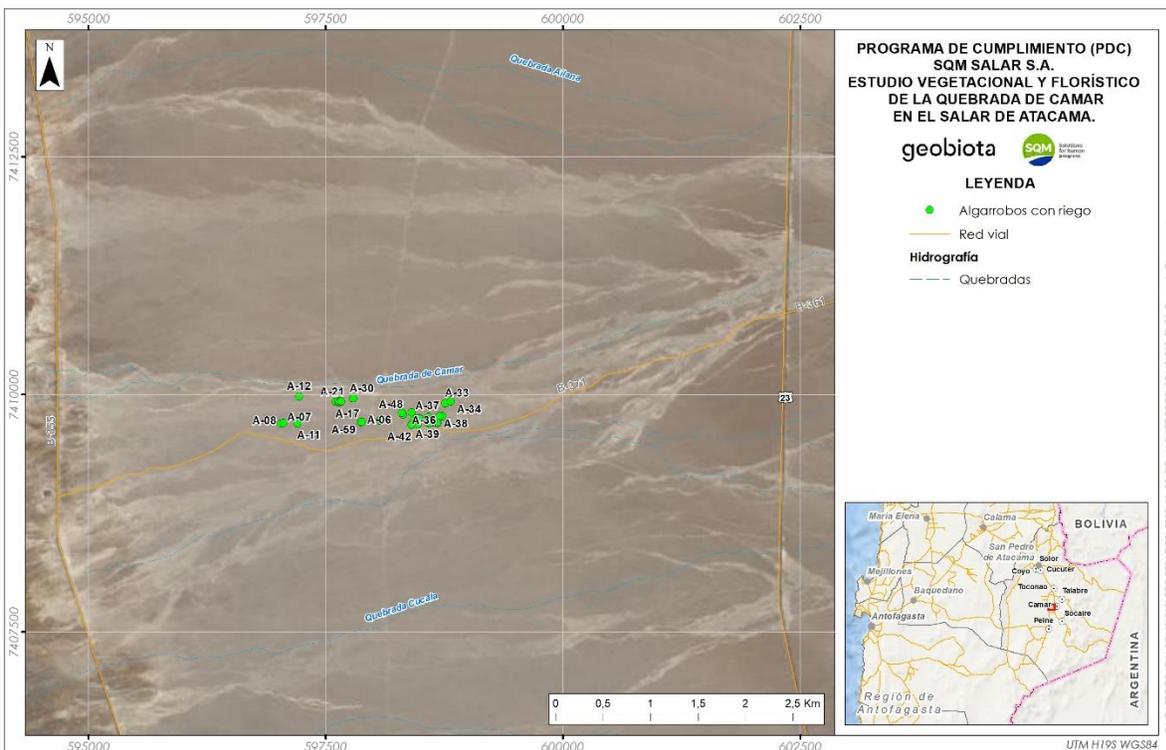
Tabla 4-10. Ubicación georreferenciada de ejemplares de algarrobos con riego.

N°	ID	Coordenadas UTM Datum WGS84 Huso 19S		N°	ID	Coordenadas UTM Datum WGS84 Huso19S	
		Este	Norte			Este	Norte
1	A-04	598.066	7.409.720	20	A-39	598.670	7.409.699
2	A-06	597.867	7.409.701	21	A-40	598.574	7.409.693
3	A-07	597.031	7.409.692	22	A-41	598.469	7.409.677
4	A-08	597.052	7.409.693	23	A-42	598.403	7.409.674
5	A-11	597.201	7.409.691	24	A-43	598.432	7.409.734
6	A-12	597.223	7.409.975	25	A-44	598.449	7.409.740
7	A-17	597.603	7.409.916	26	A-45	598.488	7.409.746
8	A-21	597.632	7.409.915	27	A-46	598.492	7.409.741
9	A-22	597.634	7.409.921	28	A-47	598.581	7.409.758
10	A-23	597.645	7.409.915	29	A-48	598.314	7.409.784
11	A-25	597.655	7.409.919	30	A-58	598.407	7.409.807
12	A-26	597.665	7.409.923	31	A-59	597.880	7.409.705
13	A-30	597.788	7.409.952	32	AX-01	598.305	7.409.804
14	A-31	597.792	7.409.953	33	C-14	598.602	7.409.693
15	A-33	598.759	7.409.902	34	C-15	598.603	7.409.693
16	A-34	598.819	7.409.920	35	C-16	598.618	7.409.703
17	A-36	598.732	7.409.766	36	C-19	598.630	7.409.704
18	A-37	598.698	7.409.766	37	C-71	598.602	7.409.695
19	A-38	598.677	7.409.695	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia en base Anexo 8

La representación espacial de estos ejemplares se muestra a continuación:

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



Fuente: Elaboración propia, 2023

## 4.1 Parámetros evaluados

### 4.1.1.1 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”, y corresponden a las variables vitalidad y porcentaje de copa viva; cada una de ellas es descrita a continuación, en la Tabla 4-5 y Tabla 4-6:

Tabla 4-11. 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.

Tabla 4-11. Criterios utilizados para clasificar la vitalidad de las plantas

Código	Categoría	Descripción
4	Excepcionalmente vigoroso	Presentan abundancia de follaje y estructuras reproductivas.

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

Tabla 4-12. 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”

#### 4.1.1.2 Evaluación del sistema de riego

De acuerdo con lo estipulado en el punto N°3 de la acción 24 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 riego (válvulas, tuberías y otros). El estado de estos elementos es indicado en los reportes de riego disponibles en el Anexo 8.

#### 4.1.2 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 y 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 S.A., mientras que los análisis de este informe son realizados por geobiota.

## 4.2 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:

### 4.2.1 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 en total), las que corresponden a un punto de coordenadas UTM Datum WGS84 H19, establecido de forma referencial a una unidad de vegetación homogénea o polígono (Tabla 4-13; Figura 4-6).

El diseño de muestreo presentado en la Figura 4-6 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 4-14, se presenta el esfuerzo de muestreo por cada formación identificada. En Anexo 6, se adjunta listado con los responsables y participantes del seguimiento.

Tabla 4-13. Ubicación de las estaciones de monitoreo de vegetación y flora en la quebrada de Camar

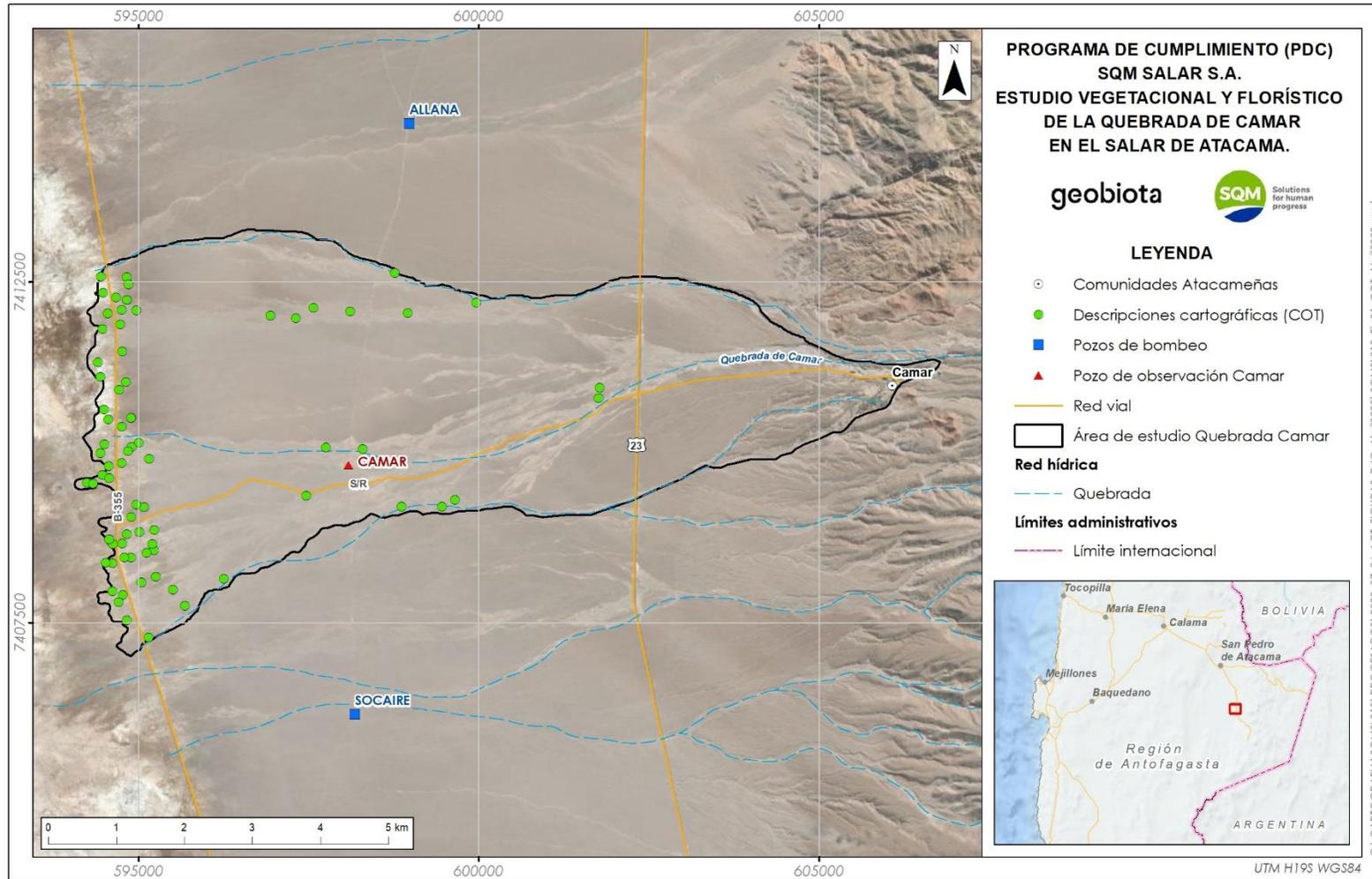
Punto	Coordenadas UTM (datum WGS84 H19S)		Punto	Coordenadas UTM (datum WGS84 H19S)		Punto	Coordenadas UTM (datum WGS84 H19S)	
	Este	Norte		Norte	Este		Este	Norte
P-001	599.467	7.412.034	P-038	594.527	7.410.272	P-073	594.864	7.408.870
P-002	601.616	7.410.717	P-039	594.706	7.411.843	P-075	594.991	7.408.895
P-003	601.639	7.410.897	P-041	594.720	7.411.530	P-076	595.199	7.408.943
P-005	600.047	7.412.191	P-043	594.756	7.410.932	P-077	595.252	7.408.648
P-006	599.827	7.409.295	P-044	594.769	7.411.042	P-078	595.138	7.408.591
P-007	598.683	7.409.161	P-045	594.831	7.410.667	P-079	594.775	7.408.589
P-008	598.228	7.410.034	P-047	594.479	7.410.097	P-081	594.972	7.408.536
P-011	599.505	7.409.232	P-048	594.570	7.409.923	P-082	594.880	7.408.349
P-012	594.463	7.412.491	P-050	594.628	7.409.708	P-083	595.164	7.408.381
P-013	594.612	7.412.560	P-051	594.421	7.409.648	P-087	595.512	7.407.976
P-016	596.867	7.411.891	P-052	594.636	7.409.585	P-088	596.136	7.408.112
P-019	597.220	7.411.943	P-054	594.762	7.410.447	P-089	595.724	7.407.843
P-021	597.338	7.412.070	P-055	594.831	7.410.667	P-090	595.234	7.407.777
P-022	597.933	7.410.004	P-056	595.105	7.410.122	P-091	595.024	7.408.127
P-023	594.840	7.412.568	P-057	594.884	7.410.102	P-093	594.673	7.408.320
P-025	594.556	7.412.114	P-058	594.854	7.409.999	P-094	594.673	7.408.320

Tabla 4-13. Ubicación de las estaciones de monitoreo de vegetación y flora en la quebrada de Camar

Punto	Coordenadas UTM (datum WGS84 H19S)		Punto	Coordenadas UTM (datum WGS84 H19S)		Punto	Coordenadas UTM (datum WGS84 H19S)	
	Este	Norte		Norte	Este		Este	Norte
P-026	594.855	7.412.476	P-060	594.173	7.409.517	P-095	594.708	7.407.934
P-027	594.811	7.412.323	P-061	594.512	7.409.545	P-096	594.807	7.407.938
P-028	594.811	7.412.323	P-064	594.622	7.408.674	P-097	594.646	7.407.797
P-029	594.982	7.412.136	P-065	594.643	7.408.787	P-098	594.920	7.407.573
P-030	594.852	7.412.125	P-067	595.100	7.409.897	P-100	595.107	7.407.246
P-031	594.492	7.411.915	P-068	594.718	7.409.770	P-102	597.338	7.412.070
P-032	594.556	7.412.114	P-069	594.756	7.479.161	P-108	598.782	7.412.628
P-035	594.469	7.411.328	P-070	595.051	7.409.267	--		
P-036	594.433	7.411.153	P-071	594.850	7.409.318	--		
P-037	594.569	7.410.631	P-072	594.730	7.408.971	--		

Fuente: Elaboración propia, 2023

Figura 4-6. Esfuerzo de muestreo de vegetación



Fuente: Elaboración propia, 2023

Tabla 4-14. Esfuerzo de muestreo campañas segundo semestre 2023

Formación vegetacional	Julio 2023			Octubre 2023		
	Superficie (ha)	Vegetación (N° observaciones)	Flora (N° transectos)	Superficie (ha)	Vegetación (N° observaciones)	Flora (N° transectos)
Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	257,84	46	138	235,61	45	135
Matorral de <i>Tiquillia atacamensis</i>	110,28	11	33	109,69	9	27
Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i> – <i>Atriplex imbricata</i>	29,55	6	18	43,39	10	30
Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> – <i>Ephedra multiflora</i>	32,17	8	24	21,22	4	12
Pradera de <i>Distichlis spicata</i>	0,48	0	0	0,48	0	0
Bosque de <i>Neltuma alba</i>	9,34	0	0	9,34	0	0
<b>Total</b>	<b>439,66</b>	<b>71</b>	<b>213</b>	<b>419,73</b>	<b>68</b>	<b>204</b>
Zona de vegetación escasa	3.551,84	4	12	3.571,78	7	21
<b>Total</b>	<b>3.982,17</b>	<b>75</b>	<b>225</b>	<b>3.991,51</b>	<b>75</b>	<b>225</b>

Fuente: Elaboración propia, 2023

## 4.2.2 Parámetros evaluados

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

Tabla 4-15. 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: Elaboración propia, 2023

## 4.2.3 Metodología de muestreo, medición y análisis

### 4.2.3.1 Caracterización de la vegetación

Las formaciones vegetacionales presentes en la quebrada de Camar son presentadas en una cartografía del uso actual de suelo mediante el método “Carta de ocupación de tierras” (COT). De este modo, la vegetación que se desarrolla en la quebrada fue descrita 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 presente en la quebrada de Camar, principalmente aquella proveniente de los resultados del Plan de Seguimiento Ambiental del Proyecto Cambios y Mejoras de la Operación Minera del Salar de Atacama<sup>15</sup>.

**Etapa II: Elaboración de una cartografía preliminar de la vegetación de la quebrada.** Se efectuó un proceso de fotointerpretación de imágenes satelitales y de segmentación en unidades cartográficas denominadas como unidades de vegetación homogéneas o UVH (polígonos), usando como criterio la similitud de los patrones de textura, color y estructura que fueron atribuibles a alguna formación vegetal (e.g. bosque, plantación, matorral, pradera). La fotointerpretación se realizó en un sistema de Información Geográfica (SIG), ArcGIS 10.8, sobre una imagen capturada en abril del año 2021, por el satélite Pléiades. La escala de trabajo utilizada para la elaboración de la cartografía fue de 1:10.000, con una resolución de 2 m para la banda multi-espectral y 0,5 m la pancromática, alcanzando en el fusionado (pansharpening) una resolución de 0,5 m.

**Etapa III: Descripciones de las unidades vegetacionales.** Se realizó una campaña de terreno durante la estación de invierno (julio 2023) y otra en primavera (ejecutada en el mes de octubre 2023), en las que participaron cuatro profesionales especialistas (Anexo 6, 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 4-16 y en la Tabla 4-17, respectivamente.

Tabla 4-16. 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: Elaboración propia, 2023

Tabla 4-17. Rangos de altura por tipo biológico

Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo	Suculento
>20 m	> 2 m	1 - 2 m	>2 m

<sup>15</sup> Aprobado favorablemente por la RCA N°226/2006 de la Comisión Regional del Medio Ambiente Región de Antofagasta

Tabla 4-17. Rangos de altura por tipo biológico

Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo	Suculento
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: Elaboración propia, 2023

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 4-18, 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 4-18. 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:

- a. **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 periodo de análisis (julio y octubre de 2023).

#### 4.2.3.2 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 intercepción 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.

## 4.3 Evaluación de parámetros del suelo

### 4.3.1 Ubicación de los puntos de monitoreo de suelo

#### 4.3.1.1 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 4-19 y Figura 4-7.

Tabla 4-19. Ubicación de los puntos de monitoreo mensual de contenido de humedad del suelo

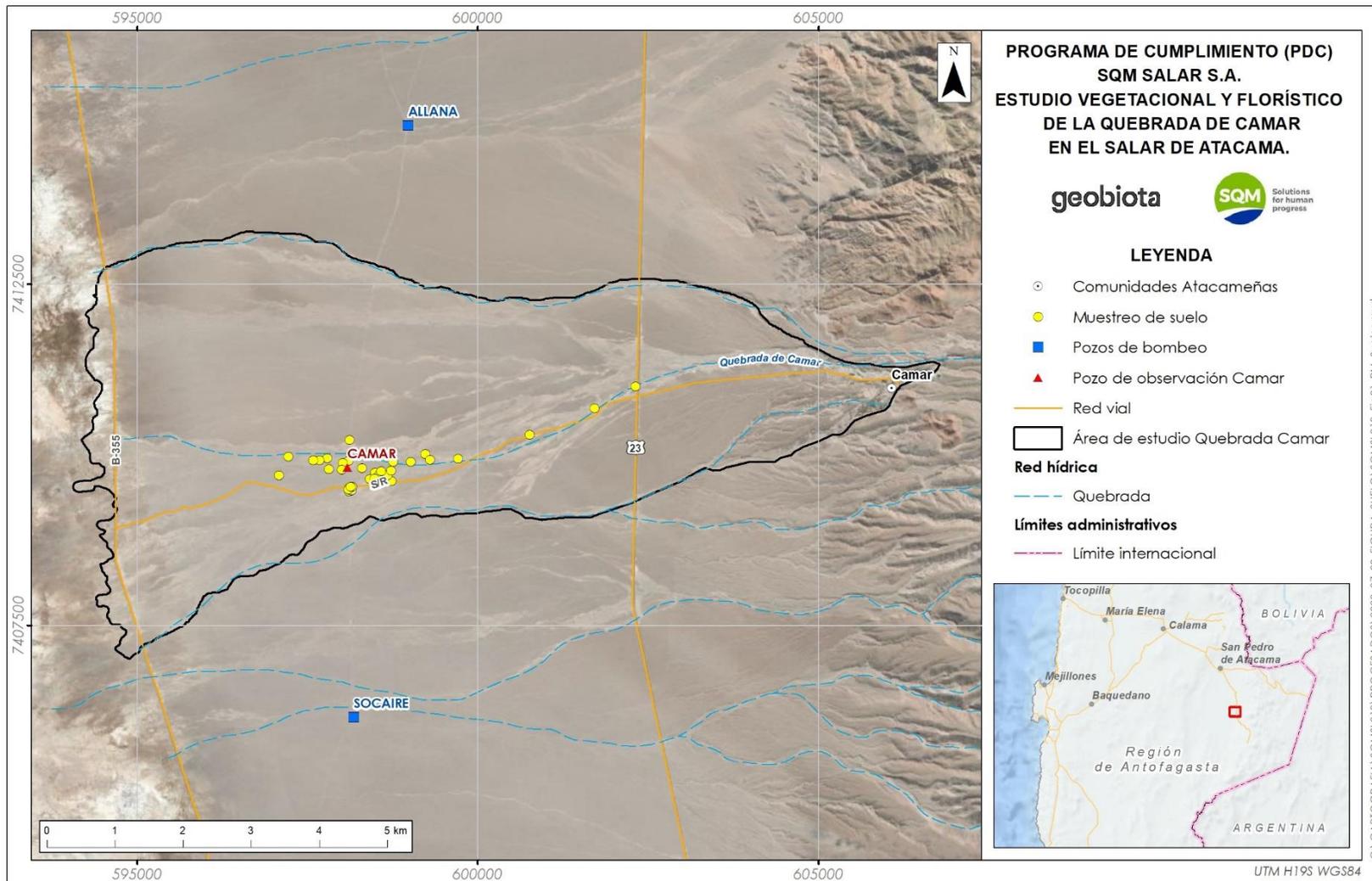
N	N° árbol	Coordenadas UTM Datum WGS84 Huso 19S		N	N° árbol	Coordenadas UTM Datum WGS84 Huso 19S	
		Este	Norte			Este	Norte
01	A05	598.000	7.409.770	21	B21	602.313	7.411.000
02	A10	597.084	7.409.690	22	C15	598.603	7.409.690
03	A12	597.220	7.409.970	23	C19	598.630	7.409.700
04	A17	597.603	7.409.916	24	C34	598.117	7.409.480
05	A27	597.676	7.409.910	25	C41	598.133	7.409.490
06	A31	597.789	7.409.950	26	C45	598.150	7.409.470
07	A33	598.756	7.409.890	27	C51	598.156	7.409.530
08	A36	598.727	7.409.760	28	C54	598.131	7.409.520
09	A38	598.674	7.409.690	29	C58	598.113	7.409.510

Tabla 4-19. Ubicación de los puntos de monitoreo mensual de contenido de humedad del suelo

N	N° árbol	Coordenadas UTM Datum WGS84 Huso 19S		N	N° árbol	Coordenadas UTM Datum WGS84 Huso 19S	
		Este	Norte			Este	Norte
10	A46	598.490	7.409.730	30	C66	598.557	7.409.720
11	A47	598.580	7.409.760	31	C72	598.575	7.409.720
12	A51	598.486	7.409.650	32	C77	598.102	7.409.488
13	A54	598.413	7.409.640	33	D02	599.297	7.409.920
14	A70	598.021	7.409.880	34	D07	599.227	7.410.000
15	A71	597.816	7.409.790	35	D10	598.731	7.409.610
16	AX01	598.302	7.409.800	36	D14	598.603	7.409.720
17	B02	599.016	7.409.890	37	D20	598.550	7.409.620
18	B03	599.710	7.409.940	38	D26	598.113	7.409.460
19	B04	600.761	7.410.290	39	D-29	598.107	7.409.900
20	B15	601.710	7.410.670	40	D43	598.117	7.410.210

Fuente: Elaboración propia, 2023

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



Fuente: Elaboración propia, 2023

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

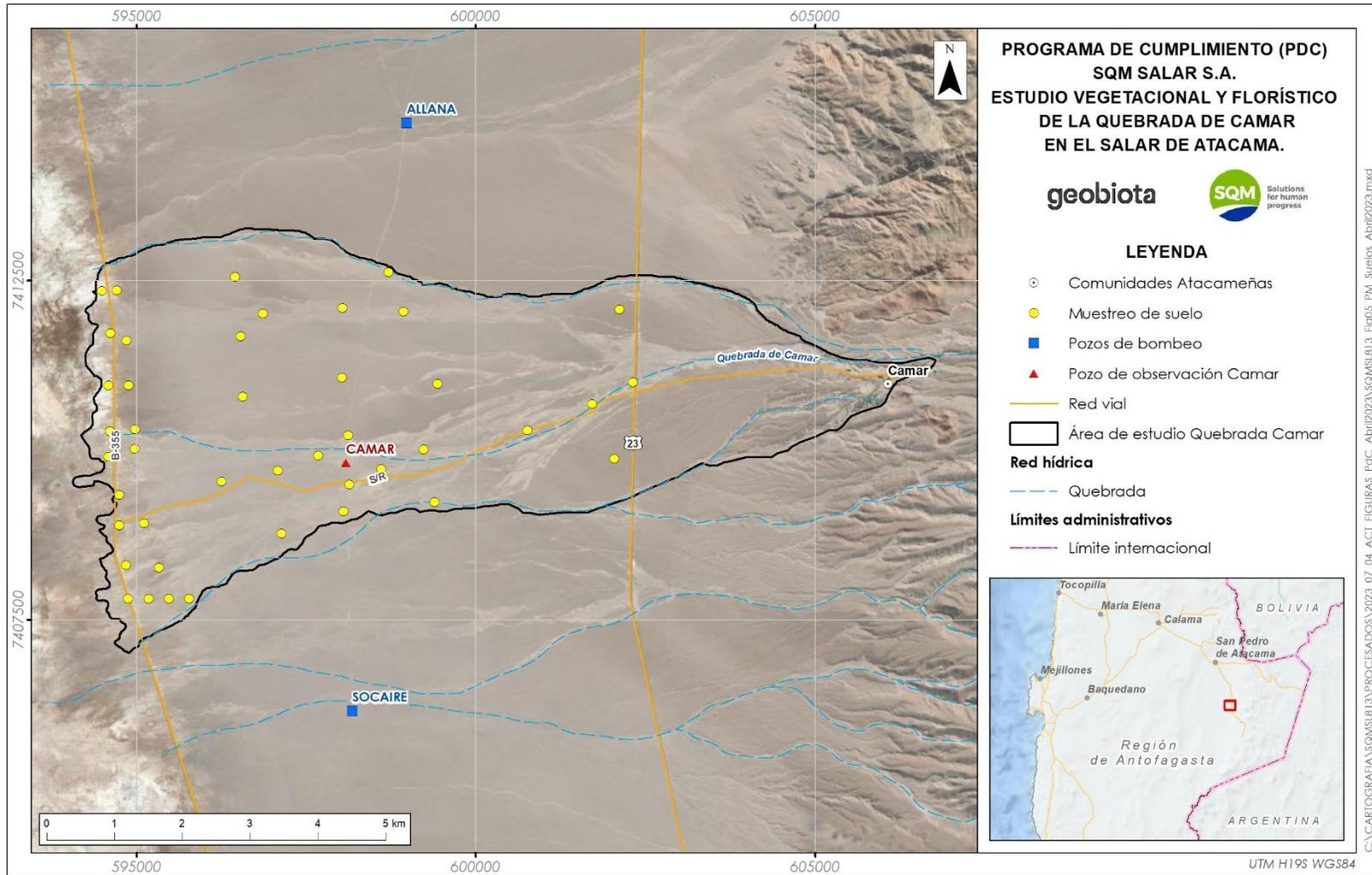
En el caso del monitoreo trimestral, el muestreo se realiza en los alrededores de algunos individuos de algarrobos y, además, se incorporan puntos de muestreo en la zona donde hay mayor desarrollo de vegetación, en el sector más bajo de la quebrada, totalizando en 43 muestras, tal como se establece en la Tabla 4-20 y se ilustra en la Figura 4-8.

Tabla 4-20. Ubicación de los puntos de monitoreo de suelo de la quebrada de Camar

Punto	Coordenadas UTM (datum WGS84 H19S)		Punto	Coordenadas UTM (datum WGS84 H19S)		Punto	Coordenadas UTM (datum WGS84 H19S)	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
A-10	597.084	7.409.693	CHPCE-10	595.330	7.408.258	CHPCE-25	599.433	7.410.972
A-27	597.676	7.409.910	CHPCE-11	594.838	7.408.302	CHPCE-26	599.390	7.409.226
B-04	600.761	7.410.288	CHPCE-12	594.742	7.409.334	CHPCE-27	602.117	7.412.073
B-15	601.710	7.410.672	CHPCE-13	598.034	7.412.093	CHPCE-28	602.037	7.409.866
B-21	602.313	7.410.998	CHPCE-14	598.709	7.412.622	D-07	599.227	7.410.004
C-41	598.133	7.409.490	CHPCE-15	598.934	7.412.040	D-14	598.603	7.409.715
CHPCE-01	594.609	7.411.718	CHPCE-16	598.050	7.409.090	D-43	598.117	7.410.214
CHPCE-02	594.848	7.411.613	CHPCE-17	597.131	7.408.762	TF-3-01	594.879	7.410.951
CHPCE-03	594.485	7.412.346	CHPCE-18	594.706	7.412.355	TF-3-02	594.579	7.410.951
CHPCE-04	594.981	7.410.302	CHPCE-19	596.253	7.409.530	TF-4-02	595.773	7.407.802
CHPCE-05	594.604	7.410.270	CHPCE-20	596.452	7.412.549	TF-4-03	595.473	7.407.802
CHPCE-06	594.969	7.410.012	CHPCE-21	596.533	7.411.670	TF-4-04	595.173	7.407.801
CHPCE-07	594.580	7.409.901	CHPCE-22	596.857	7.412.007	TF-4-05	594.873	7.407.801
CHPCE-08	595.108	7.408.917	CHPCE-23	598.028	7.411.061	-	-	-
CHPCE-09	594.743	7.408.885	CHPCE-24	596.559	7.410.783	-	-	-

Fuente: Elaboración propia, 2023

Figura 4-8. Esfuerzo de muestreo de suelo



Fuente: Elaboración propia, 2023

### 4.3.2 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 4-20. Esta actividad fue realizada en terreno por la empresa Algoritmos SpA<sup>16</sup> y la empresa ALS Life Sciences Chile<sup>17</sup>, ambas autorizadas como Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA) para la toma de muestras de suelo<sup>18</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 4-21.

Tabla 4-21. 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: Elaboración propia, 2023

## 4.4 Materiales y equipos utilizados

En la Tabla 4-21 se resumen los materiales y equipos utilizados para caracterización de cada una de las variables monitoreadas.

El mapa de vegetación se realizó mediante Sistema de Información Geográfico (SIG), c 10.3. Los datos se procesaron en Microsoft Excel.

Tabla 4-22. 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

<sup>16</sup> Código ETFA N°015 – 01

<sup>17</sup> Código ETFA 029-03.

<sup>18</sup> A partir de mayo 2023, la empresa ALS Life Sciences Chile realiza tanto la toma de muestras como el análisis de laboratorio.

Tabla 4-22. Materiales y equipos utilizados

Variable de medición	Material/equipo utilizado
	Cámara fotográfica Cámara de presión Scholander
VARIABLES DENDROMÉTRICAS	Forcípula Pie de metro Huincha de medir (30 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 Imagen satelital de alta resolución capturada en enero del año 2023
Suelo	GPS Chuzo Pala distintos tamaños Guantes Bolsas herméticas dobles Coolers para el transporte de muestras Celular con aplicación <i>TimeStamp Camera</i>

Fuente: Elaboración propia, 2023

## 4.5 Fechas de muestreo

Las fechas de cada campaña de monitoreo realizada en el marco del Programa de Cumplimiento se detallan en la Tabla 4-23, Tabla 4-27 y Tabla 4-28.

Tabla 4-23. Fechas de muestreo monitoreo de algarrobos segundo semestre 2023.

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreo algarrobos – julio 2023	18/07/2023 – 28/07/2023
Monitoreo algarrobos – agosto 2023	21/08/2023 – 26/08/2023
Monitoreo algarrobos – septiembre 2023	26/09/2023 – 29/09/2023
Monitoreo algarrobos – octubre 2023	16/10/2023 – 20/10/2023
Monitoreo algarrobos – noviembre 2023	20/11/2023 – 24/11/2023
Monitoreo algarrobos – diciembre 2023	11/12/2023 – 15/12/2023

Fuente: Elaboración propia, 2023

Tabla 4-24. Fechas de muestreo monitoreo de algarrobos bajo sistema de riego segundo semestre 2023.

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreos julio 2023	06-07-2023 / 17-07-2023
Monitoreos agosto 2023	07-08-2023 / 21-08-2023
Monitoreo septiembre 2023	07-09-2023 / 21-09-2023
Monitoreos octubre 2023	6-10-2023 / 11-10-2023 / 20-10-2023 / 27-10-2023
Monitoreos noviembre 2023	03-11-2023 / 17-11-2023 / 22-11-2023
Monitoreos diciembre 2023	01-12-2023 / 06-12-2023 / 15-12-2023 / 22-12-2023 / 29-12-2023

Fuente: Elaboración propia, 2023

Tabla 4-25. Fechas de muestreo potencial hídrico y conductancia estomática segundo semestre 2023.

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreo fisiología - julio 2023	26/07/2023 - 28/07/2023
Monitoreo fisiología - octubre 2023	18/10/2023 - 20/10/2023

Fuente: Elaboración propia, 2023

Tabla 4-26. Fechas de muestreo medición de variables dendrométricas segundo semestre 2023.

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreo variables dendrométricas - julio 2023	18/07/2023 - 24/07/2023
Monitoreo variables dendrométricas - octubre 2023	17/10/2023 - 20/10/2023

Fuente: Elaboración propia, 2023

Tabla 4-27. Fechas de muestreo monitoreo de flora y vegetación segundo semestre 2023.

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreo flora y vegetación - julio 2023	25/07/2023 - 28/07/2023
Monitoreo flora y vegetación - octubre 2023	23/10/2023 - 27/10/2023

Fuente: Elaboración propia, 2023

Tabla 4-28. Fechas de muestreo de monitoreo de suelo segundo semestre 2023.

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreo mensual CHS - julio 2023	20/07/2023 - 26/07/2023
Monitoreo mensual CHS - agosto 2023	22/08/2023

Tabla 4-28. Fechas de muestreo de monitoreo de suelo segundo semestre 2023.

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreo mensual CHS - septiembre 2023	27/09/2023
Monitoreo mensual CHS - octubre 2023	17/10/2023 - 18/10/2023
Monitoreo mensual CHS - noviembre 2023	28/11/2023 - 29/11/2023
Monitoreo mensual CHS - diciembre 2023	20/12/2023 - 21/12/2023
Monitoreo trimestral CHS, pH y CE - enero 2023	24/01/2023 - 26/01/2023
Monitoreo trimestral CHS, pH y CE - abril 2023	25/04/2023 - 29/04/2023
Monitoreo trimestral CHS, pH y CE - julio 2023	18/07/2023 - 21/07/2023
Monitoreo trimestral CHS, pH y CE - octubre 2023	17/10/2023 - 20/10/2023

Fuente: Elaboración propia, 2023

## 5 Resultados

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

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

Durante las prospecciones realizadas entre julio y diciembre de 2023, se han incorporado 12 individuos nuevos al monitoreo, aumentando el universo de 437 individuos monitoreados en junio 2023 a 453 individuos de algarrobos hasta la fecha (diciembre 2023). Este número total de individuos se desglosa en: individuos en pie (339), desaparecidos (95), individuos *Strombocarpa tamarugo* (16) y trasladados (3). Los individuos en pie corresponden a: 60 individuos de la serie A, 12 individuos de la serie B, 55 individuos de la serie C, 61 individuos de la serie D y 151 individuos de la serie E. Cabe destacar que tanto los individuos desaparecidos, individuos *Strombocarpa tamarugo*, e individuos trasladados no se consideran para el análisis de resultados del monitoreo.

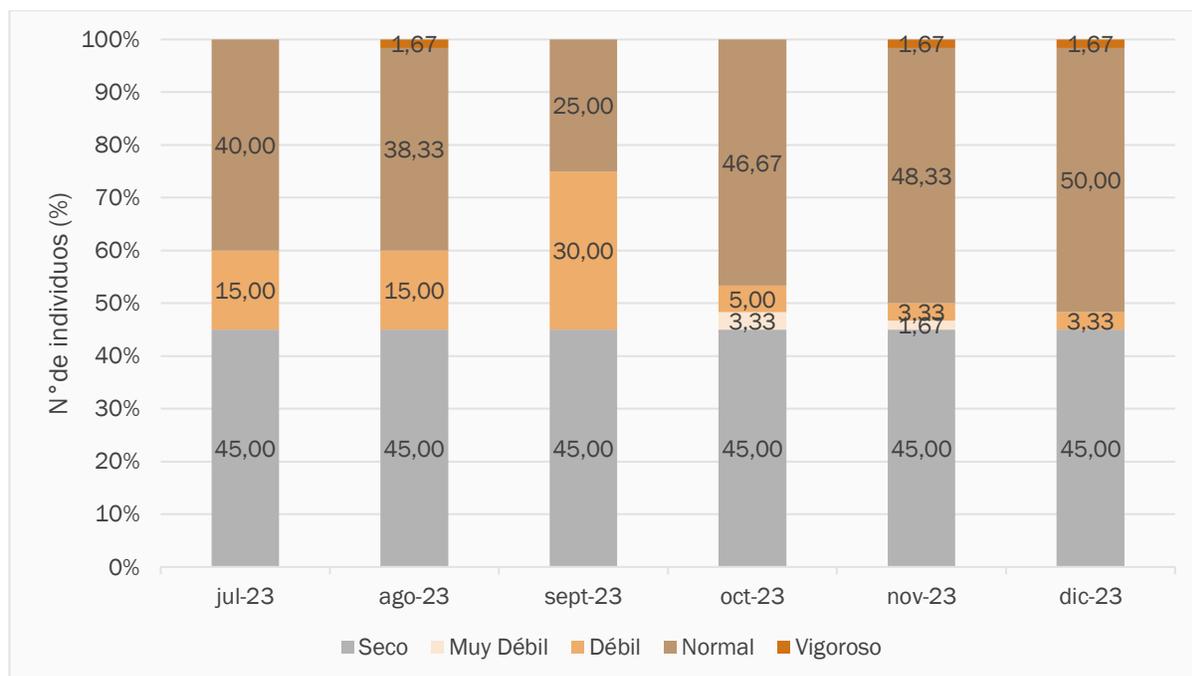
De los 16 individuos que se han incorporado durante este período, todos corresponden a algarrobos que han sido encontrados en las prospecciones mensuales en el sector de la quebrada ubicado al oeste de la ruta internacional y que se han incorporado a las series D (5 individuos) y E (11 individuos).

A continuación, se presentan los resultados asociados a la variación mensual que han tenido las variables de vitalidad, porcentaje de copa viva, fenología, etapa de crecimiento y daño, de la población de algarrobos en la quebrada de Camar. La base datos obtenida en las campañas de monitoreo del segundo semestre del año 2023 se presentan en el Anexo 1.

#### 5.1.1 Estado de vitalidad y sanitario

Con respecto a la vitalidad de los ejemplares de algarrobos de la serie A, durante el segundo semestre del año 2023, la categoría con mayor promedio semestral fue Seco, registrando un valor de 45,00%  $\pm$  0,00%. Esta categoría no presentó variaciones durante todo el semestre. La categoría Normal registró un promedio semestral de 41,39%  $\pm$  9,27%, mientras que el valor máximo se registró en diciembre con un 50,00%. La categoría Débil registra un promedio de 11,94%  $\pm$  10,40%, mientras que el valor máximo se registró en septiembre con un 30,00%. Las categorías Muy débil y Excepcionalmente vigoroso registran el mismo promedio semestral con un valor de 0,83%. Sin embargo, la categoría Muy débil presenta una desviación estándar de 1,39%, mientras que la categoría excepcionalmente vigoroso registra una desviación estándar de 0,91%. El valor máximo para la categoría Muy débil se registró octubre con un 3,33%, mientras que en la categoría Excepcionalmente vigoroso se registró en agosto, noviembre y diciembre con un valor de 1,67%.

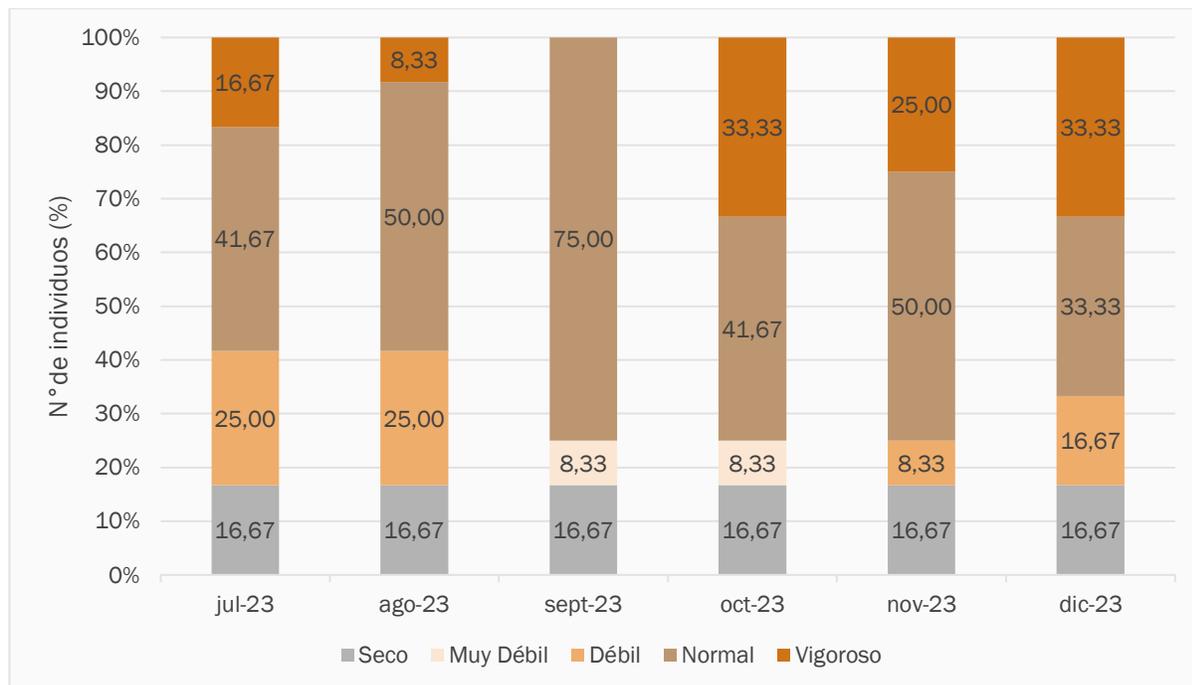
Figura 5-1. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie A



Fuente: Elaboración propia

Respecto a la serie B (Figura 5-2), la mayor variación se observa en los individuos en categoría normal y excepcionalmente vigoroso con una variación de alrededor del 14,35% y 13,61% respectivamente. El valor máximo alcanzado en la categoría Normal fue septiembre con un 75,00% (9 individuos), mientras que el mes con el valor más bajo de individuos en categoría Normal fue diciembre con un 33,33% (4 individuos). El promedio fue de 48,61%. Tal como se muestra en la Figura 5-2, la mayor cantidad de ejemplares en categoría Excepcionalmente vigoroso se registró en octubre y diciembre con un 33,33% (4 individuos). Cabe destacar que 4 de estos individuos corresponden a ejemplares de gran altura y crecimiento, además de ser aquellos que mayor aporte de semillas otorgan (B21, B17, B11 y B09) por lo cual son considerados como árboles “madres” o “plus” según la Comunidad de Camar. La cantidad de ejemplares en categoría Débil se comporta de acuerdo con lo esperando al avanzar la temporada de invierno - primavera (julio a septiembre) disminuyendo a partir de agosto. Los ejemplares en categoría Seco se mantuvieron constante durante todo el semestre y presentan un promedio de 16,67%.

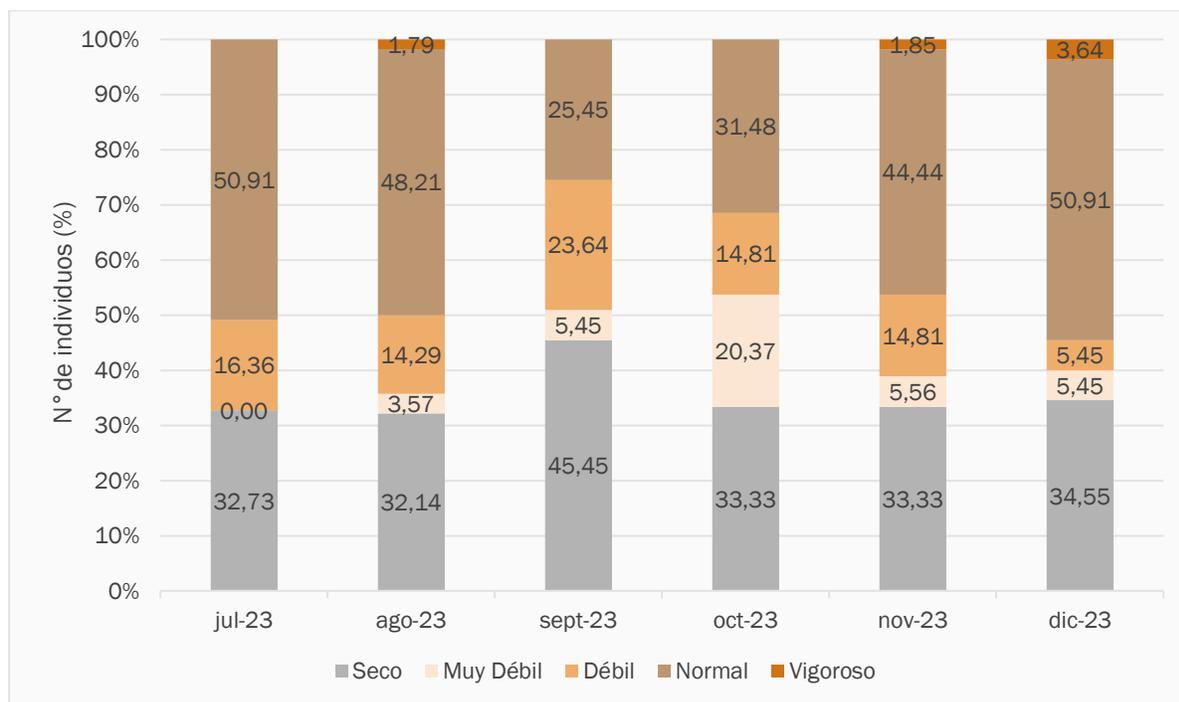
Figura 5-2. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie B



Fuente: Elaboración propia

Respecto a la serie C, la mayor variación se observa en los individuos en categoría normal con una variación de alrededor del 10,84%. Los meses con mayor porcentaje de individuos en categoría Normal fueron julio y diciembre con 50,91% (28 individuos) respectivamente. El promedio de individuos en categoría normal registra un valor de 41,90%. La categoría Excepcionalmente vigoroso registra el valor máximo en diciembre con un 3,64%, mientras que alcanza un promedio de 1,21% con una desviación estándar de 1,48%. La categoría Débil registra un valor máximo en septiembre con un 23,64% y un promedio semestral de 14,89% con una desviación estándar de 5,80%. La categoría Muy débil registra un valor máximo de 20,37% en septiembre, mientras que registra un promedio semestral de 6,73% ± 7,01%. La categoría Seco registra un valor máximo de 45,45% en el mes de septiembre, mientras que el promedio semestral registra un valor de 35,26% ± 5,06%.

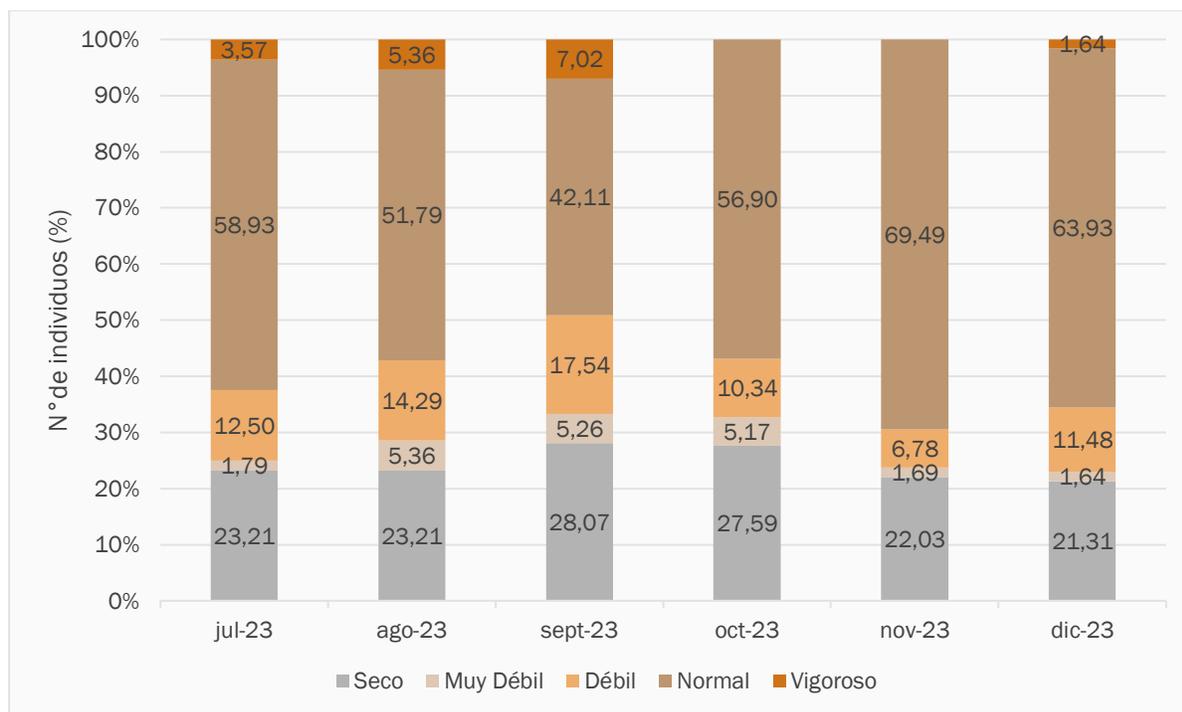
Figura 5-3. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie C



Fuente: Elaboración propia

Respecto a la serie D (Figura 5-4), la mayor variación se observa en los individuos en categoría normal con una variación de alrededor del 9,56%, mientras que el promedio semestral alcanzó un valor de 57,19%. Además, esta categoría registra un valor máximo en noviembre con un valor de 69,49%. La categoría Seco registró un promedio semestral de 24,24% ± 2,88%, mientras que el valor máximo se registró en septiembre con un 28,07% (16 individuos). La categoría Débil registra un promedio semestral de 12,15% con una desviación estándar de 9,56%. El valor máximo se registró en septiembre con un valor de 17,54%. La categoría Muy débil registra un promedio semestral de 3,49% ± 1,95%, mientras que el valor máximo se registró en agosto con un 5,36%. Finalmente, la categoría Excepcionalmente vigoroso registra un promedio semestral de 2,93% ± 2,89%, con un valor máximo registrado en septiembre de 7,02%.

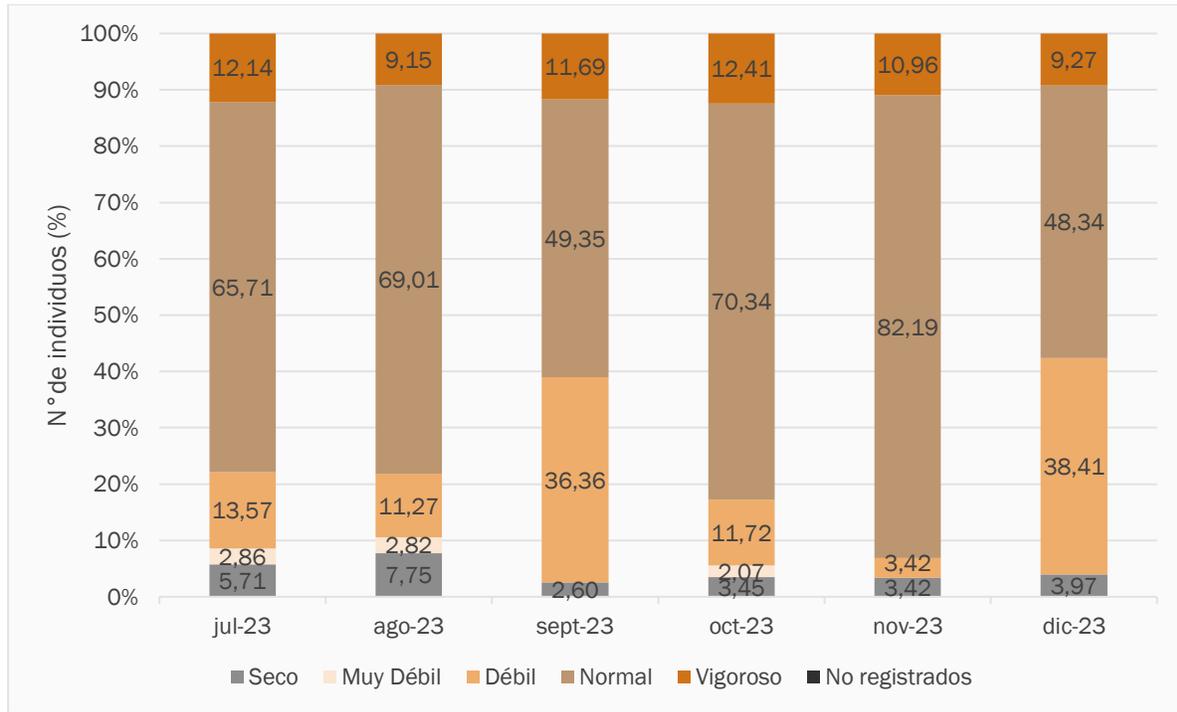
Figura 5-4. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie D



Fuente: Elaboración propia

Respecto a la serie E (Figura 5-5), la mayor variación se observa en los individuos en categoría normal con una variación de alrededor del 13,11%. Esta categoría registra un promedio con un valor de  $64,16\% \pm 13,11\%$  y el valor máximo se registró en noviembre con un 82,19%. La categoría Débil registra un promedio semestral de  $19,13\% \pm 14,58\%$ , mientras que el valor máximo se reportó en diciembre con un valor de 38,41%. La categoría Excepcionalmente vigoroso registra un promedio de  $10,94\% \pm 1,42\%$ , mientras que el valor máximo se registró en octubre con un 12,41%. La categoría Seco registra un promedio semestral de 4,48% con un valor máximo registrado en agosto (7,75%). Finalmente, la categoría Muy débil registra un promedio semestral de  $1,29\% \pm 1,44\%$ , mientras que el valor máximo se registró en julio con un 2,86%.

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

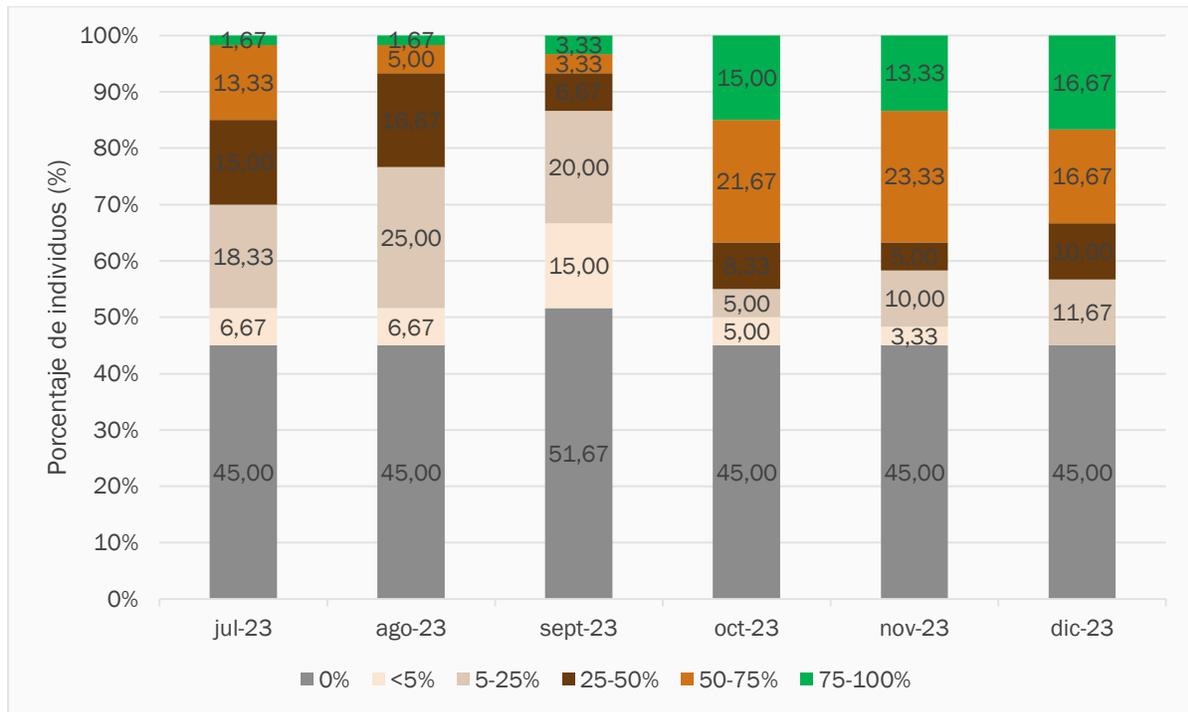


Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2 Copa viva

En cuanto al porcentaje de copa viva de los individuos, en la Figura 5-6 se presenta la variación mensual de la proporción de individuos pertenecientes a la serie A para el segundo semestre (julio a diciembre 2023). En la serie A se registra el mayor promedio semestral en la categoría 0% con un 46,11% ± 2,72%, mientras que el valor máximo se obtuvo en septiembre con un 51,67% (31 individuos). El rango de copa 5-25% obtuvo un promedio semestral con un valor de 15,00% ± 7,38%, mientras que el valor máximo se registró en agosto con un 25,00% (15 individuos). El rango de copa 50-75% obtuvo un promedio semestral de 13,89% ± 8,34%, mientras que el valor máximo se registró en noviembre con un 23,33% (14 individuos). El rango de copa 25-50% registra un promedio semestral de 10,28% ± 4,64%, mientras que el valor máximo se registró en agosto con un 16,67% (10 individuos). El rango 75-100% obtuvo un promedio semestral de 8,61% ± 7,10%. El valor máximo se registró en diciembre con un 16,67% (10 individuos). Por último, la categoría <5% registra el promedio semestral más bajo con un 6,11% ± 5,02%, mientras que el valor máximo se observó en septiembre con un 15,00% (9 individuos).

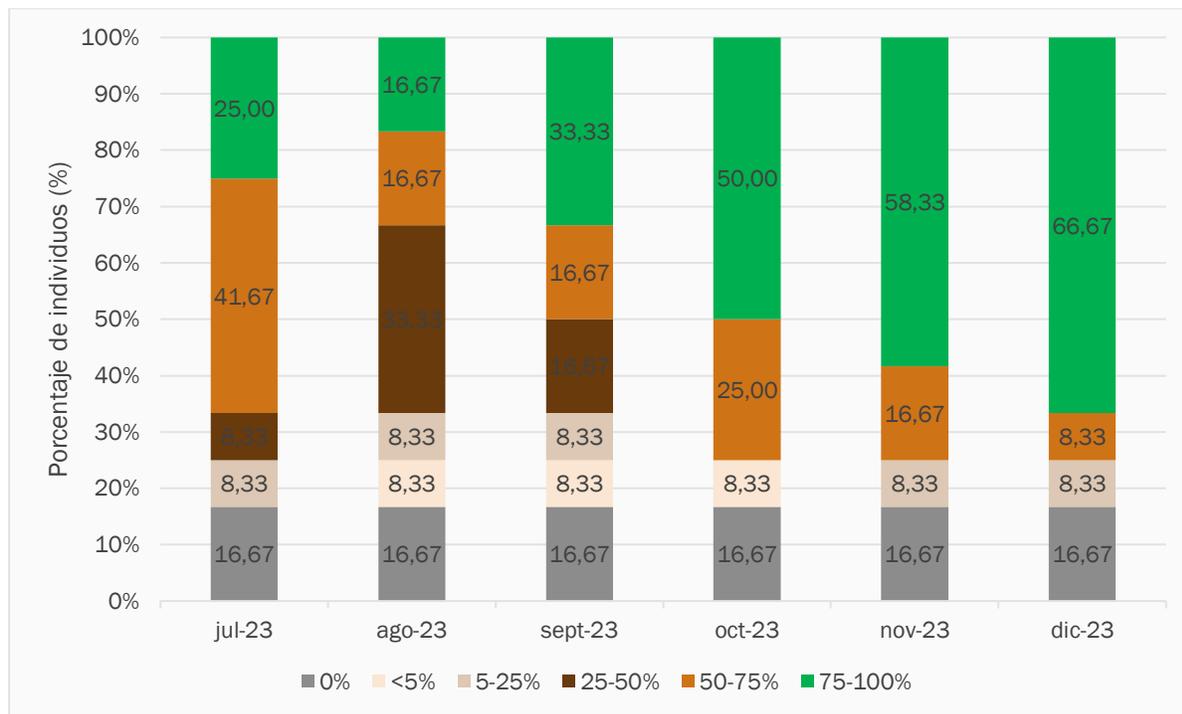
Figura 5-6. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie A



Fuente: Elaboración propia

Respecto a la serie B para el segundo semestre 2023 (julio a diciembre), en la Figura 5-7 se observa que el mayor promedio semestral lo registra el rango 75-100% con un promedio de 41,67% ± 17,28%, mientras que el valor máximo se registró en diciembre con un 66,67% (8 individuos). El rango 50-75% registra un promedio semestral de 20,83% ± 10,87%, observándose el valor máximo en julio con un 41,67% (5 individuos). La categoría 0% registra un promedio semestral de 16,67% ± 0,00%, sin presentar variaciones. El rango 25-50% registra un promedio de 9,72% ± 13,94%, mientras que el valor máximo se registró en agosto con un valor de 33,33% (4 individuos). El rango 5-25% registra un promedio semestral de 6,94% ± 3,73%, mientras que el valor máximo fue de 8,33% (1 individuos) y se observó en julio, agosto, septiembre, noviembre y diciembre. Finalmente, la categoría de copa <5% registra un promedio semestral de 4,17% ± 4,56%, y el valor máximo fue en agosto, septiembre y octubre con un valor de 8,33% (1 individuos).

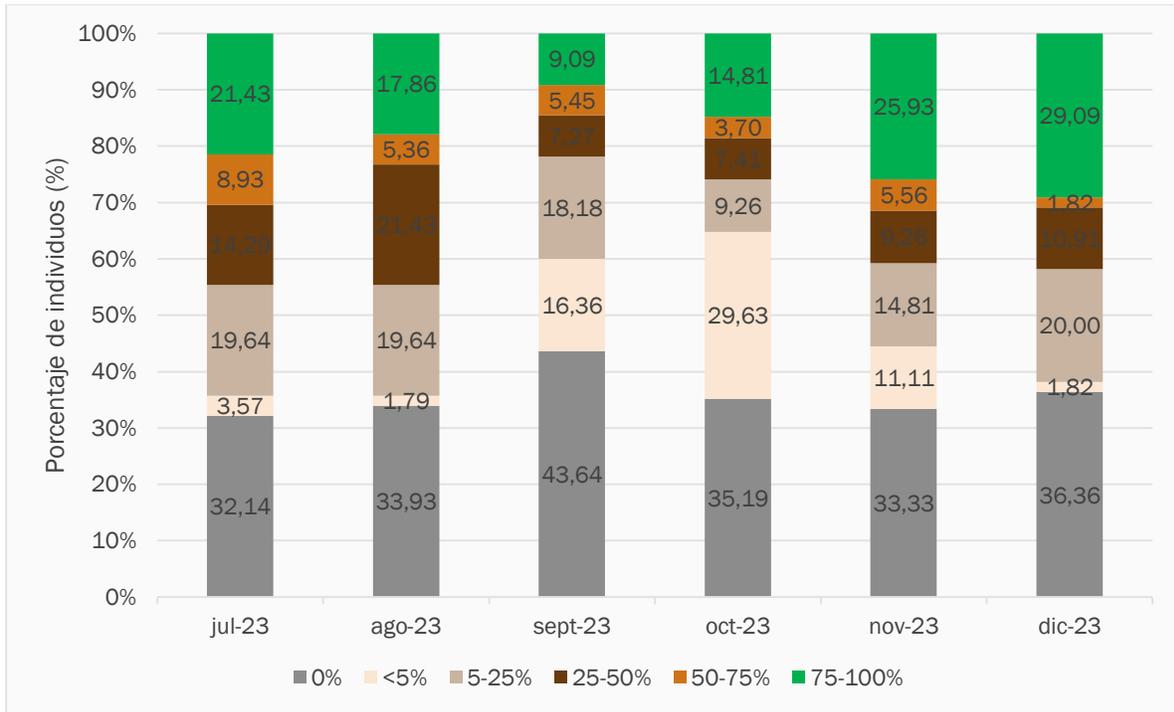
Figura 5-7. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie B



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5-8 se presentan los resultados para la serie C en el segundo semestre 2023. Se observa que el promedio más alto se registró en la categoría de copa 0% con un valor de  $35,76\% \pm 4,60\%$ , y el valor máximo fue de  $43,64\%$  (24 individuos) en septiembre. El rango 75-100% registra un promedio de  $19,70\% \pm 6,40\%$  y el valor máximo fue de  $29,09\%$  (16 individuos) en diciembre. El rango 5-25% registra un promedio de  $16,92\% \pm 4,41\%$  y el valor máximo se obtuvo en diciembre con un valor de  $20,00\%$  (11 individuos). El rango 25-50% reporta un promedio semestral de  $11,76\% \pm 6,02\%$ , y el valor máximo fue de  $21,43\%$  (12 individuos) en agosto. La categoría <5% registra un promedio semestral de  $10,71\% \pm 11,23\%$ , y el valor máximo reportado fue de  $29,63\%$  (16 individuos) en octubre. Finalmente, el rango 50-75% registra el promedio más bajo con un valor de  $5,14\% \pm 1,91\%$  y el valor máximo fue de  $29,09\%$  (16 individuos) en diciembre de 2023.

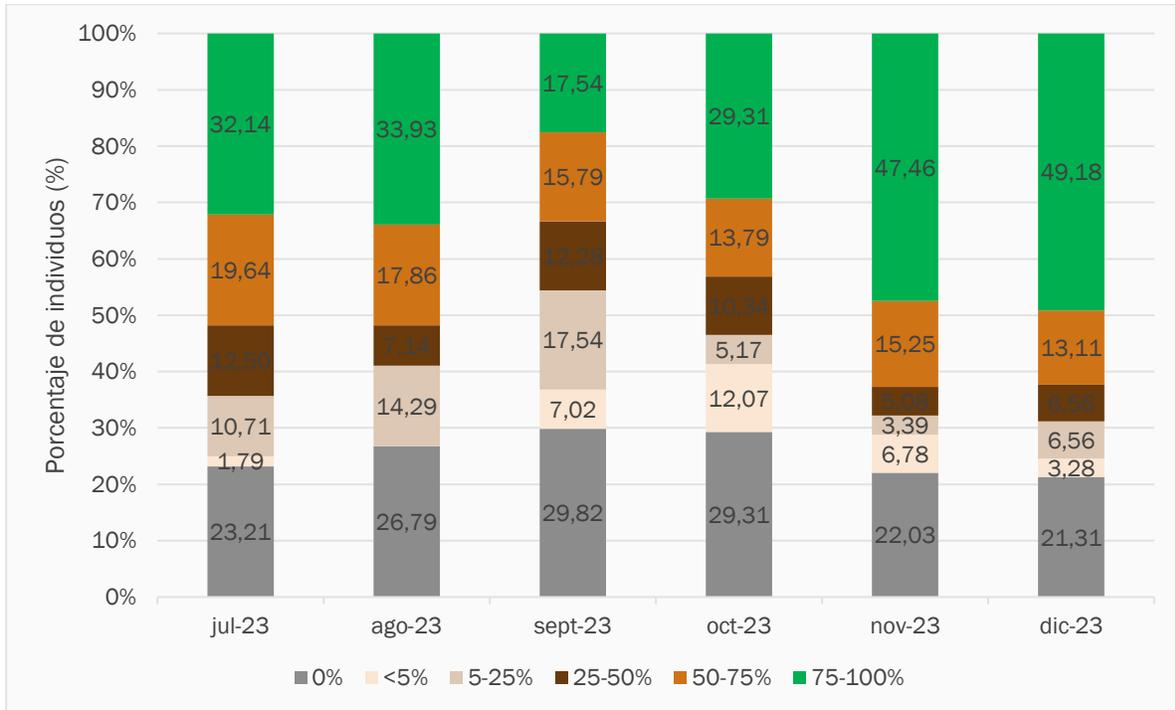
Figura 5-8. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie C



Fuente: Elaboración propia

Respecto a la serie D, en la Figura 5-9 se observa que el mayor valor promedio semestral se registra en la categoría 75-100% con un  $34,93\% \pm 10,71\%$ , mientras que el valor máximo fue de  $49,18\%$  (30 individuos) en diciembre 2023. La categoría de copa 0% obtuvo un promedio de  $25,41\% \pm 3,51\%$ , mientras que el valor máximo fue  $29,82\%$  (17 individuos) en septiembre. El rango 50-75% registra un promedio semestral de  $15,91\% \pm 2,30\%$ , y el valor máximo fue  $19,64\%$  (11 individuos) en agosto. El rango 5-25% reporta un promedio semestral de  $9,61\% \pm 5,97\%$  y el valor máximo fue  $17,54\%$  (10 individuos) en septiembre 2023. La categoría 25-50% registra un promedio de  $8,99\% \pm 3,26\%$  y el valor máximo fue de  $12,50\%$  (7 individuos) en julio 2023. Por último, la categoría de copa <5% registra un promedio semestral de  $5,16\% \pm 4,77\%$ , y el valor máximo registrado fue  $12,07\%$  (7 individuos) en octubre 2023.

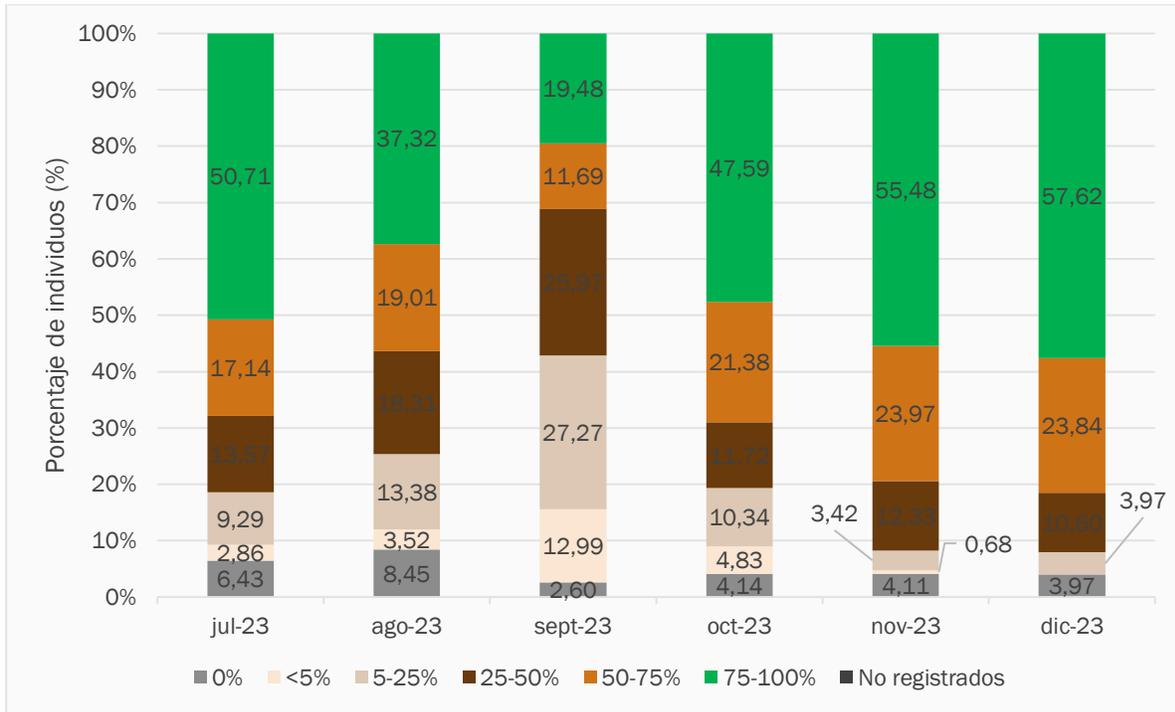
Figura 5-9. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie D



Fuente: Elaboración propia

Respecto a la serie E, en la Figura 5-31 se observa que el mayor promedio semestral se registró en la categoría 75-100% con un valor de 44,70% ± 14,30%. La categoría 50-75% obtuvo un promedio semestral de 19,51% ± 4,65%, y el valor máximo se registró en noviembre 2023 con un 23,97% (35 individuos). La categoría 25-50% obtuvo un promedio semestral de 15,42% ± 5,95%, mientras que el número máximo de individuos en esta categoría se registró en agosto (18,31%; 26 individuos). La categoría 5-25% registra un promedio semestral de 11,28% ± 8,89%, y el valor máximo fue de 27,27% (21 individuos) en septiembre 2023. Finalmente, las categorías 0% y <5% registran promedios semestrales de 4,95% y 4,15% respectivamente, y los valores máximos fueron 8,45% (12 individuos) y 12,99% (10 individuos) respectivamente.

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

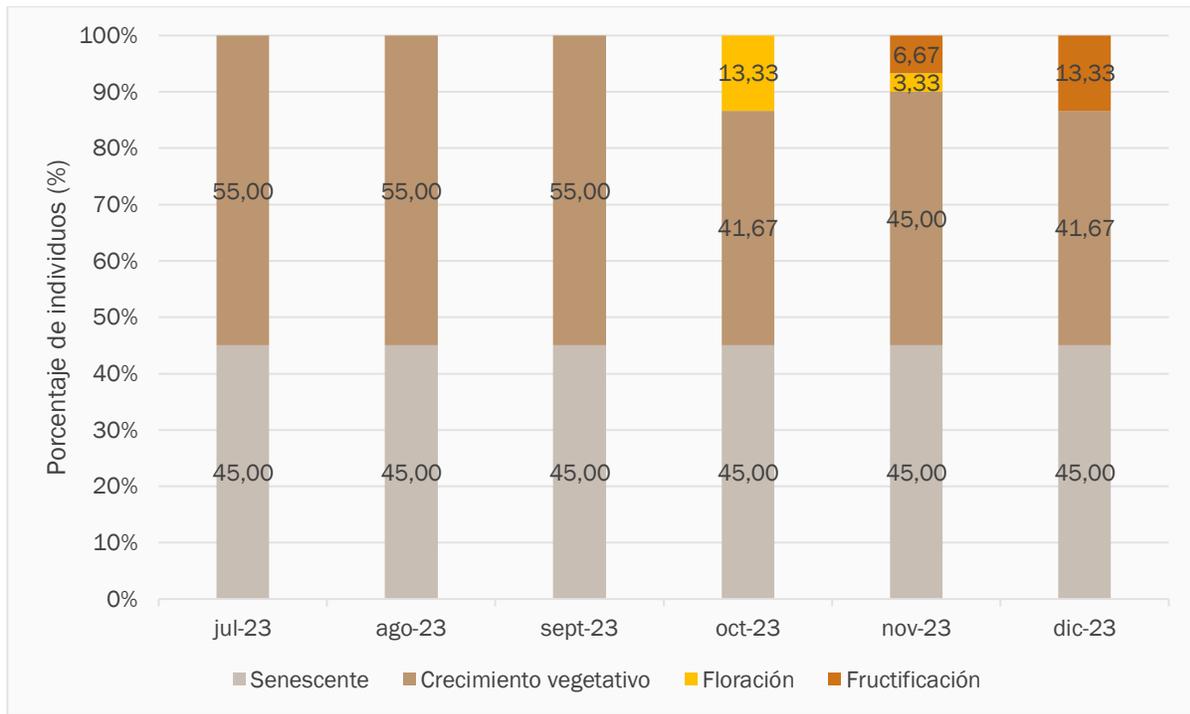


Fuente: Elaboración propia

### 5.1.3 Fenología

Los resultados del monitoreo mensual de fenología para la serie A se muestran en la Figura 5-11. A partir de los datos obtenidos, el mayor promedio semestral se registró en la categoría Crecimiento vegetativo con un valor de  $48,89\% \pm 6,80\%$ , mientras que el valor máximo fue  $55,00\%$  (33 individuos) y se registró durante julio, agosto y septiembre. La categoría Senescente registra un promedio semestral de  $45,00\% \pm 0,00\%$ , presentando el mismo número de individuos (27) durante todo el semestre (julio a diciembre de 2023). La categoría Fructificación registra un promedio semestral de  $3,33\% \pm 5,58\%$  y el valor máximo fue de  $13,33\%$  (8 individuos) en diciembre de 2023. Por último, la categoría Floración registra un promedio de  $2,78\% \pm 5,34\%$ , con un valor máximo de  $13,33\%$  (8 individuos) registrado en octubre de 2023.

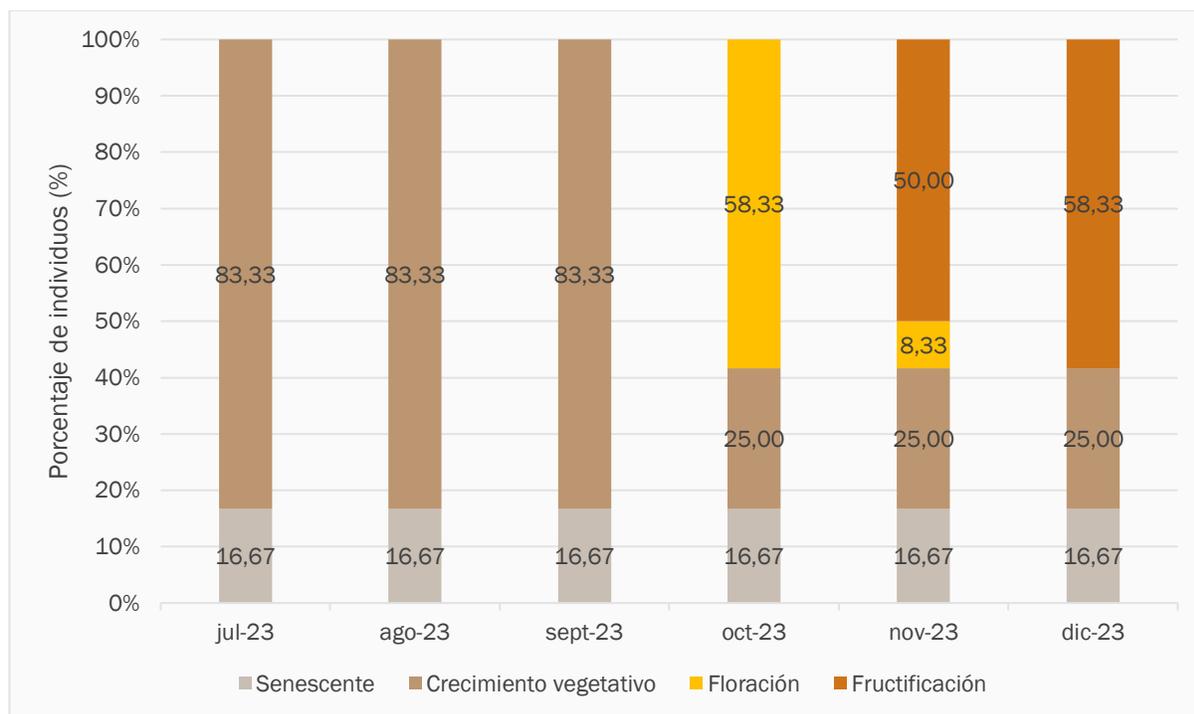
Figura 5-11. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo de la serie A



Fuente: Elaboración propia

Respecto a la serie B, en la Figura 5-12 se observa que el mayor promedio semestral lo obtuvo la categoría Crecimiento vegetativo con un  $54,17\% \pm 31,95\%$  y el valor máximo fue de  $83,33\%$  (10 individuos) durante julio, agosto y septiembre de 2023. La categoría Fructificación registra un promedio semestral de  $18,06\% \pm 28,10\%$ , con un valor máximo de  $58,33\%$  (7 individuos) en diciembre de 2023. La categoría Senescente registra un promedio semestral de  $16,67\% \pm 0,00\%$ , mantienen sin variaciones el número de individuos en la categoría (2 individuos). Por último, la categoría Floración registra un promedio semestral de  $11,11\% \pm 23,37\%$ , y el valor máximo se registró en octubre con un  $58,33\%$  (8 individuos).

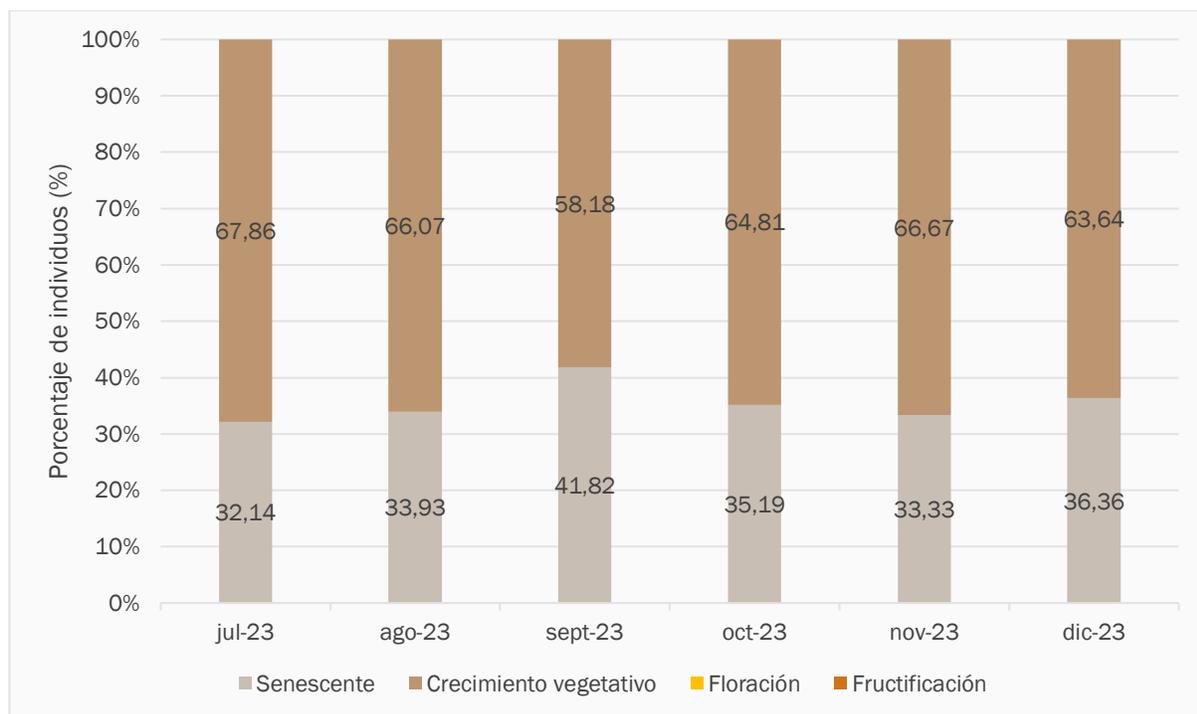
Figura 5-12. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo de la serie B



Fuente: Elaboración propia

Respecto a la serie C, en la Figura 5-13 se observa que la categoría con mayor promedio semestral registrado es Crecimiento vegetativo con un  $64,54\% \pm 3,44\%$ , y el valor máximo se obtuvo en julio 2023 con un  $67,86\%$  (38 individuos). La categoría Senescente registra un promedio semestral de  $35,46\% \pm 3,44\%$ , y el valor máximo fue en septiembre con un  $41,82\%$  (23 individuos). No se observan registros en las categorías Floración y Fructificación en ningún reporte del período julio - diciembre de 2023.

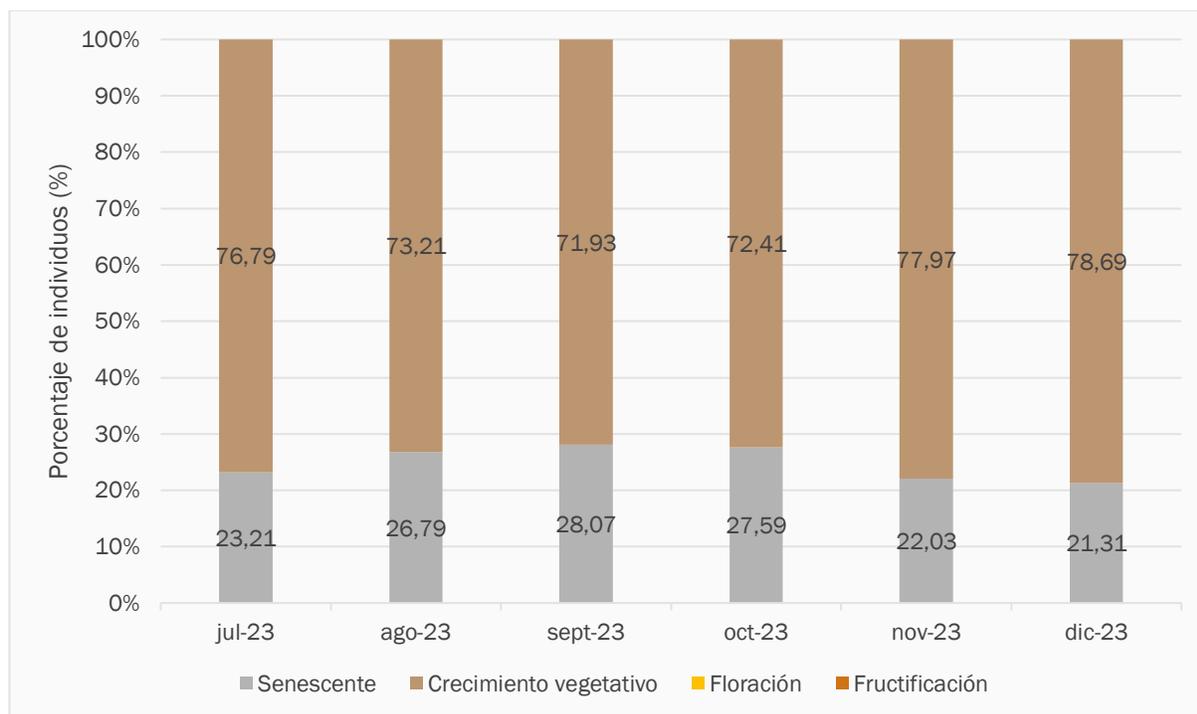
Figura 5-13. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo de la serie C



Fuente: Elaboración propia

Tal como muestra la Figura 5-14, en la serie D se observa que la categoría con mayor promedio semestral registrado es Crecimiento vegetativo con un  $75,17\% \pm 2,99\%$ , y el valor máximo se obtuvo en diciembre 2023 con un  $78,69\%$  (48 individuos). La categoría Senescente registra un promedio semestral de  $24,83\% \pm 2,99\%$  y el valor máximo fue en septiembre con un  $28,07\%$  (16 individuos). No se observan registros en las categorías Floración y Fructificación en ningún reporte del período julio – diciembre de 2023.

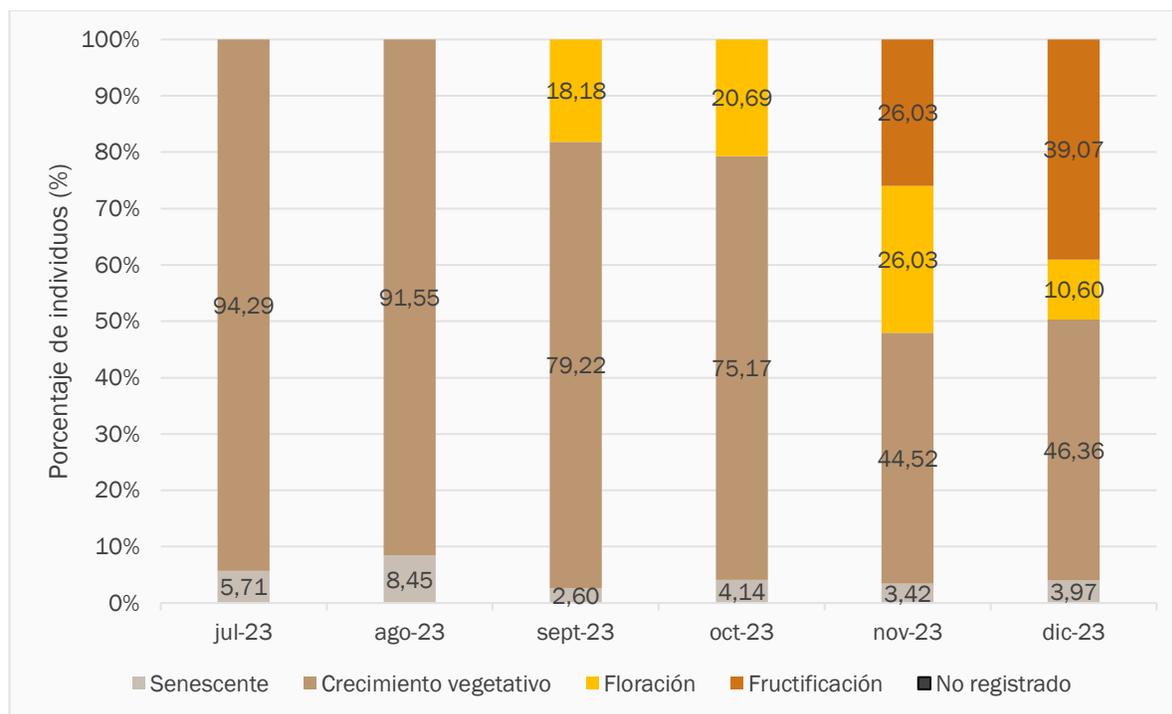
Figura 5-14. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo de la serie D



Fuente: Elaboración propia

Respecto a la serie E, en la Figura 5-15 se observa que la categoría con mayor promedio semestral fue Crecimiento vegetativo con un  $71,85\% \pm 21,70\%$ , y el valor máximo se registró en julio con un  $94,29\%$  (132 individuos). La categoría Floración registra un promedio semestral de  $12,58\% \pm 10,94\%$  y el valor máximo fue en noviembre con un  $26,03\%$  (38 individuos). La categoría Fructificación obtuvo un promedio semestral de  $10,85\% \pm 17,31\%$ , y el valor máximo fue de  $39,07\%$  (59 individuos) en diciembre de 2023. Por último, la categoría Senescente registra un promedio de  $4,72\% \pm 2,10\%$  y un valor máximo de  $8,45\%$  (12 individuos) registrado en agosto de 2023.

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

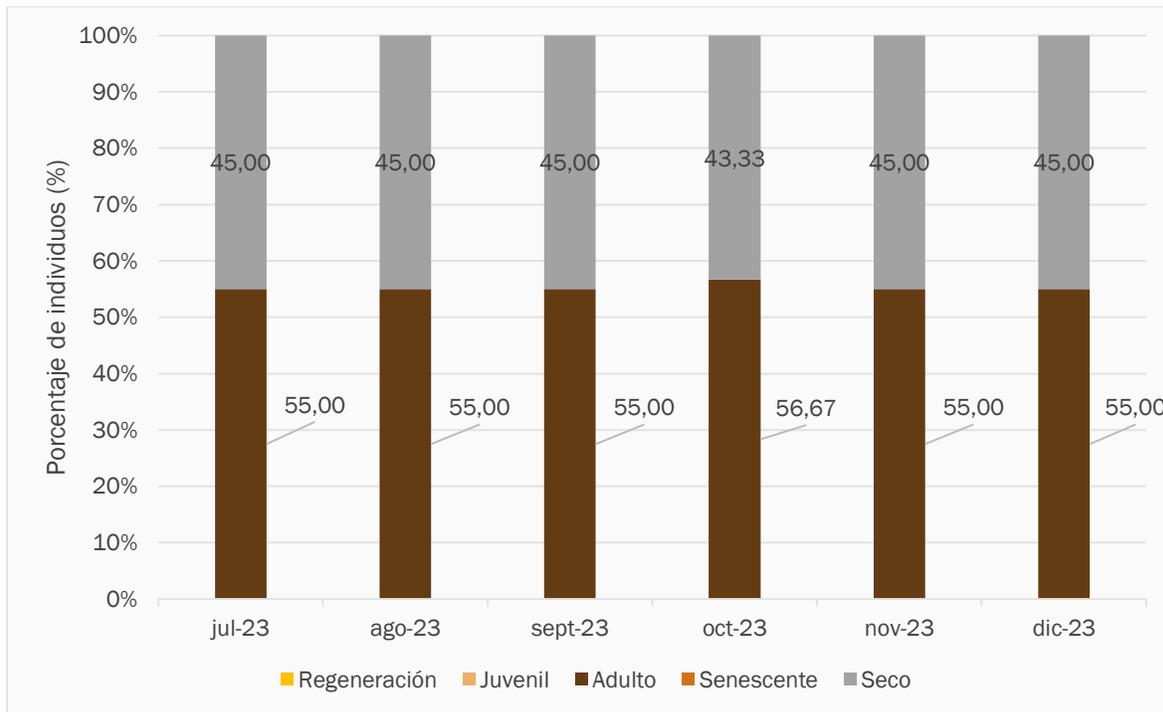


Fuente: Elaboración propia

### 5.1.4 Etapa de crecimiento

En la Figura 5-16 se presenta la variación mensual en las categorías de etapa de crecimiento comprendidas entre el período de julio y diciembre de 2023 en las distintas series. En la serie A, la categoría con el mayor promedio semestral es Adulto con un 55,28% ± 0,68%, mientras que el valor máximo fue 56,67% (34 individuos) y se registró en octubre de 2023. La categoría Seco registra un promedio de 44,72% ± 0,68% y el valor máximo fue 45,00% (27 individuos) y se registró consecutivamente en julio, agosto, septiembre, noviembre y diciembre. Las categorías Regeneración, Juvenil y Senescente no registran datos en el período.

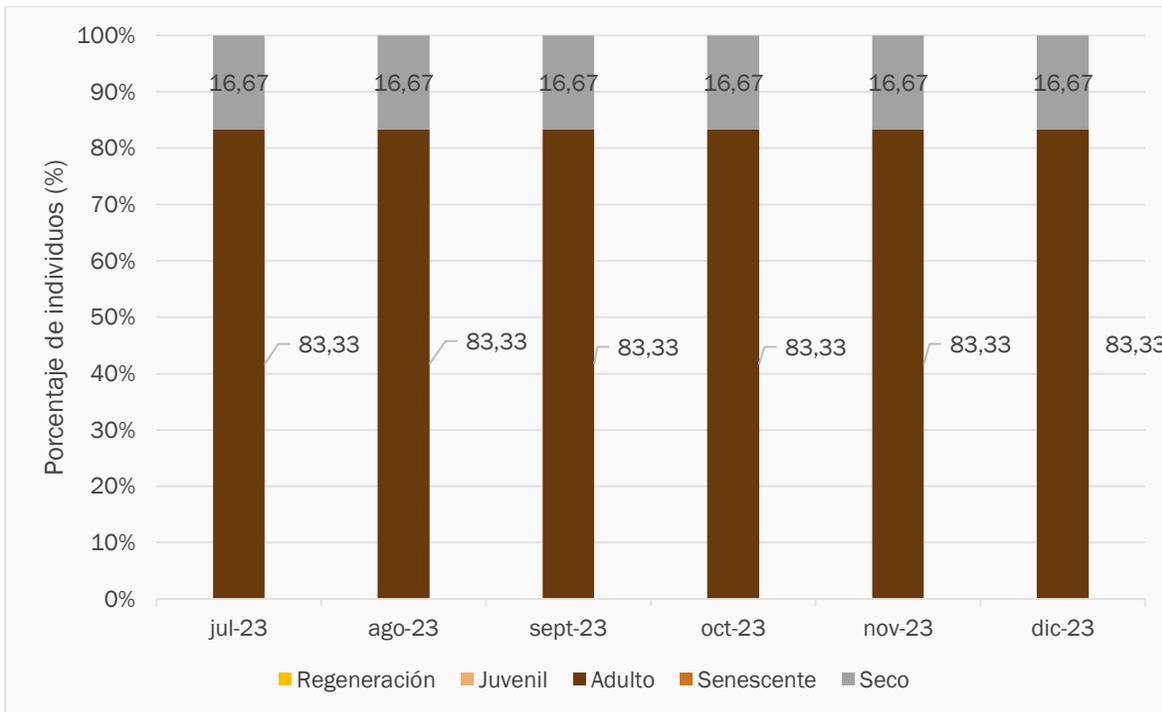
Figura 5-16. Variación mensual de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie A



Fuente: elaboración propia

En la Figura 5-17, se observa que la serie B, al igual que la serie A, sólo reporta individuos en categoría Adulto y Seco. La categoría Adulto obtuvo un promedio semestral de  $83,33\% \pm 0,00\%$ , manteniéndose sin variaciones ( $83,33\%$ ; 10 individuos) durante el período comprendido. La categoría Seco reporta un promedio semestral de  $16,67\% \pm 0,00\%$  sin variaciones durante el período ( $16,67\%$ ; 2 individuos).

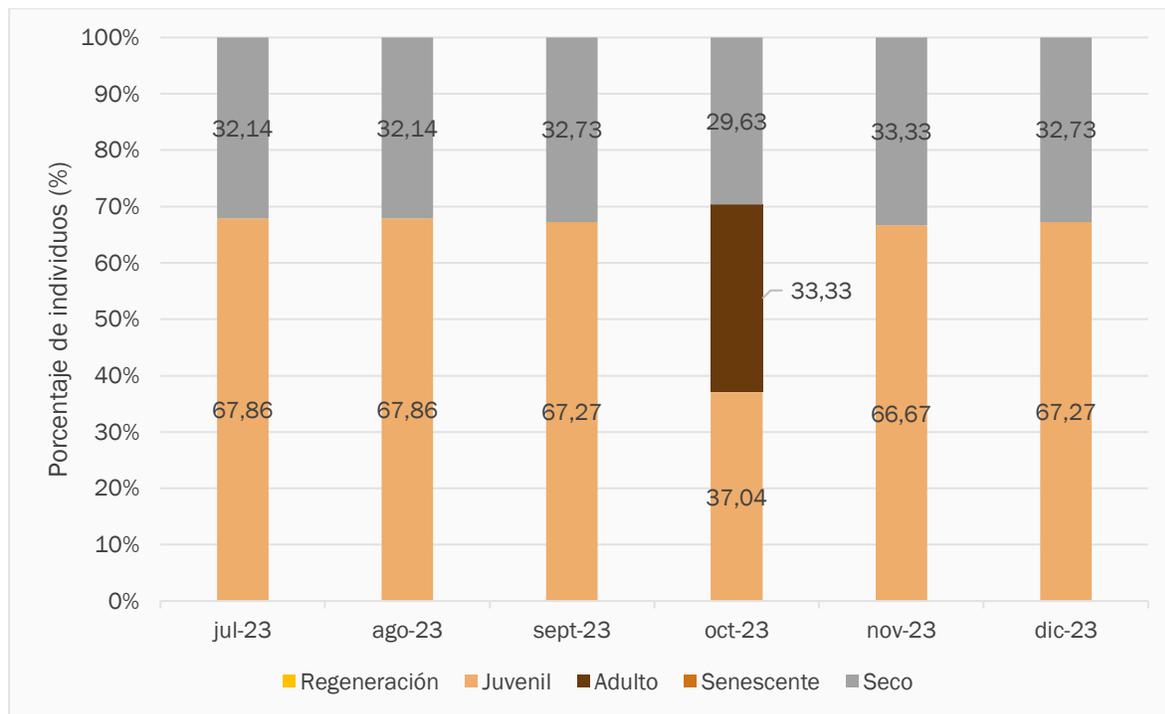
Figura 5-17. Variación mensual de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie B



Fuente: elaboración propia

Respecto a la serie C, en la Figura 5-18 se registra el mayor promedio semestral en la categoría Juvenil con un valor de 62,33% ± 12,40%, con un valor máximo de 67,86% (38 individuos) en julio de 2023. La categoría Seco registra un promedio semestral de 32,12% ± 1,30%, mientras que el valor máximo fue de 33,33% (18 individuos) en noviembre de 2023.

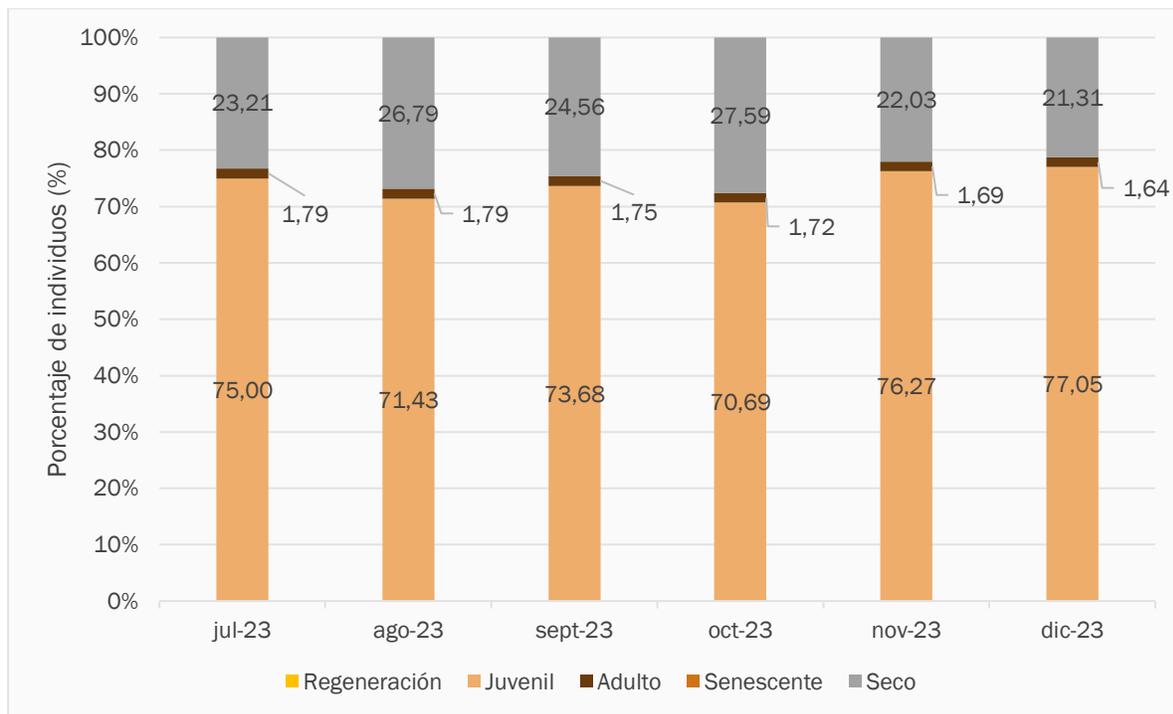
Figura 5-18. Variación mensual de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie C



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5-19 se observa que en la serie D la categoría con mayor promedio semestral corresponde a Juvenil con un 74,02% ± 2,57%, mientras que el valor máximo se registró en diciembre de 2023 con un valor de 77,05% (47 individuos). La categoría Seco obtuvo un promedio semestral de 24,25% ± 2,57% y el valor máximo fue 27,59% (16 individuos) y se registró en octubre de 2023. Las categorías Regeneración y Senescente no registran datos.

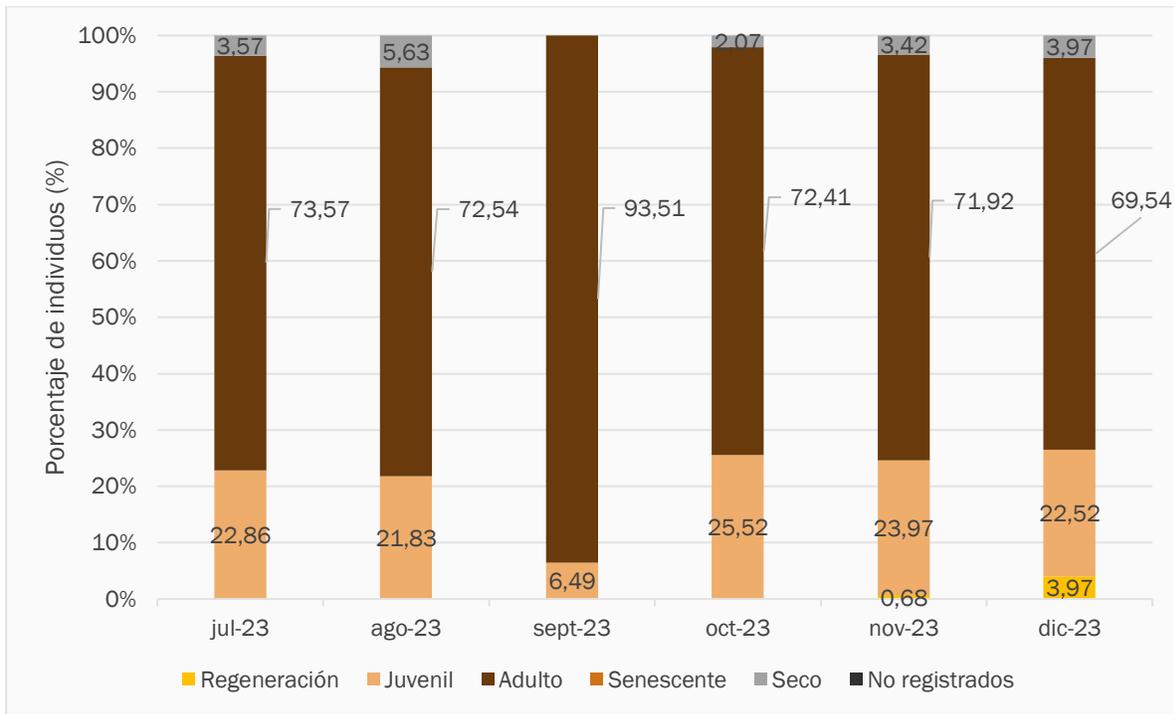
Figura 5-19. Variación mensual de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie D



Fuente: Elaboración propia

Respecto a la serie E, en la Figura 5-20 se registra el mayor promedio semestral en la categoría Adulto con un  $75,58\% \pm 8,88\%$ , con un valor máximo de  $93,51\%$  (72 individuos) registrado en septiembre de 2023. Además, la categoría Juvenil se observó con un promedio semestral de  $20,53\% \pm 7,00\%$ , con un valor máximo de  $27,59\%$  (16 individuos). La categoría Seco registra un promedio de  $3,11\% \pm 1,91\%$ , con un valor máximo de  $5,63\%$  (8 individuos) registrado en agosto de 2023. Por último, la categoría Regeneración registra un promedio semestral de  $0,78\% \pm 1,59\%$ , con un valor máximo de  $3,97\%$  (6 individuos) en diciembre de 2023.

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



Fuente: Elaboración propia

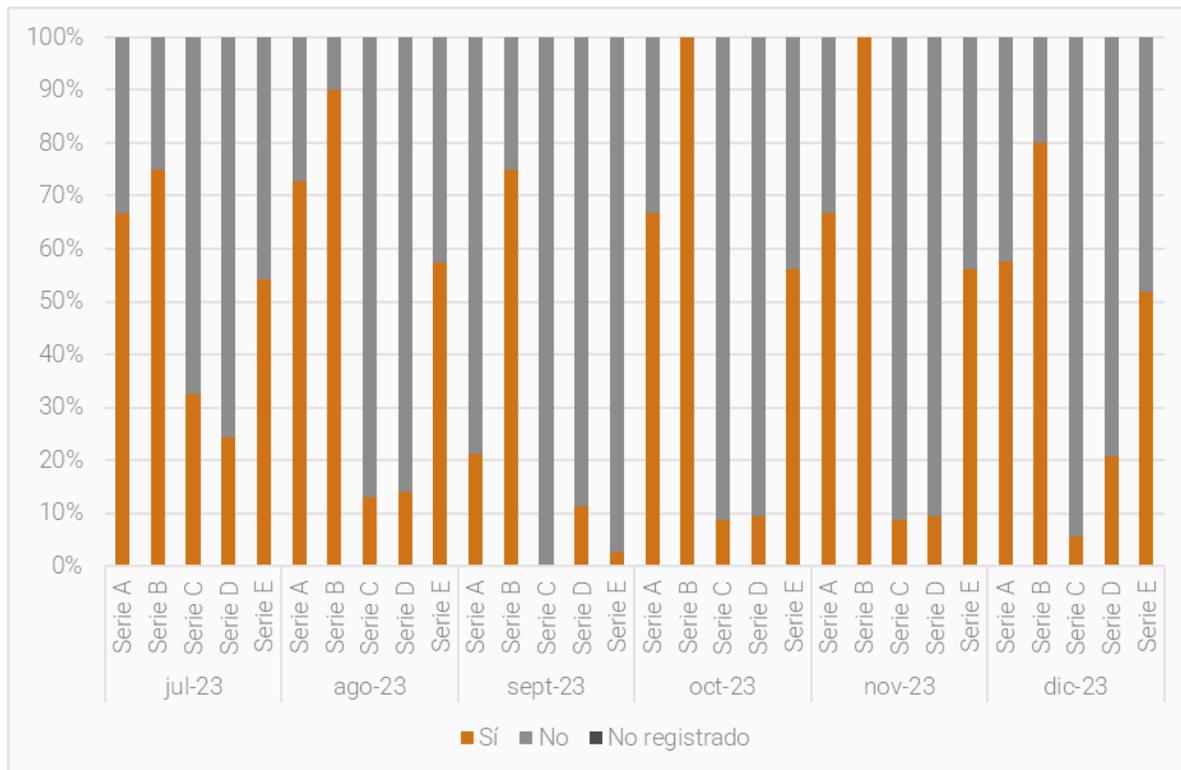
### 5.1.5 Afectación antrópica y/o natural

Al analizar la afectación natural causada por animales desde julio a diciembre de 2023, tal como se observa en la Figura 5-21, en la serie A, el promedio semestral de afectación animal para la serie A es de 31,41% ± 10,26%. Además, el valor máximo de afectación fue reportado en el mes de agosto con un 40,00% (24 individuos). Respecto a la serie B, el promedio de afectación fue de 69,00% ± 9,41%, mientras que el valor máximo de afectación fue de 83,33% (10 individuos) y se registró consecutivamente en octubre y noviembre 2023. Respecto a la serie C, el promedio de afectación es de 8,04% ± 7,53%, mientras que el valor máximo de afectación fue reportado en el mes de julio con un 21,82% (12 individuos). Respecto a la serie D, el promedio reportado es de 12,14% ± 4,96% y el valor máximo reportado fue en el mes de julio con un valor de 18,52 % (10 individuos). Finalmente, en la serie E, el promedio registra un valor de 42,07% ± 21,37% y el valor máximo de afectación se registró en octubre y noviembre consecutivamente con un valor de 54,17% (78 individuos) respectivamente.

Respecto al estado fitosanitario de los individuos, se reportaron 76 individuos de la serie E con presencia de plagas.

De acuerdo con los informes de avance del programa de control fitosanitario de poblaciones de artrópodos asociados a Algarrobos ubicados en la quebrada de Camar (INIA, 2023), en el sector predominan los grupos taxonómicos Hemiptera y Diptera, los que poseen rasgos funcionales de herbívoros y depredadores. En menor medida, se han encontrado ejemplares de Bruchidae causando daños a semillas y, Pertatomidae y Curculionidae causando daño en hojas. A la fecha, se estima que solo Bruchidae es el único grupo clasificado como plaga ya que genera un daño directo en las semillas.

Figura 5-21. Variación mensual afectación animal en individuos de *Neltuma alba* por serie



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 5-1. Registros fotográficos de presencia de patógenos en individuos de *Neltuma alba*

E-070

(Coordenadas UTM 606.018 E - 7.410.915 N)

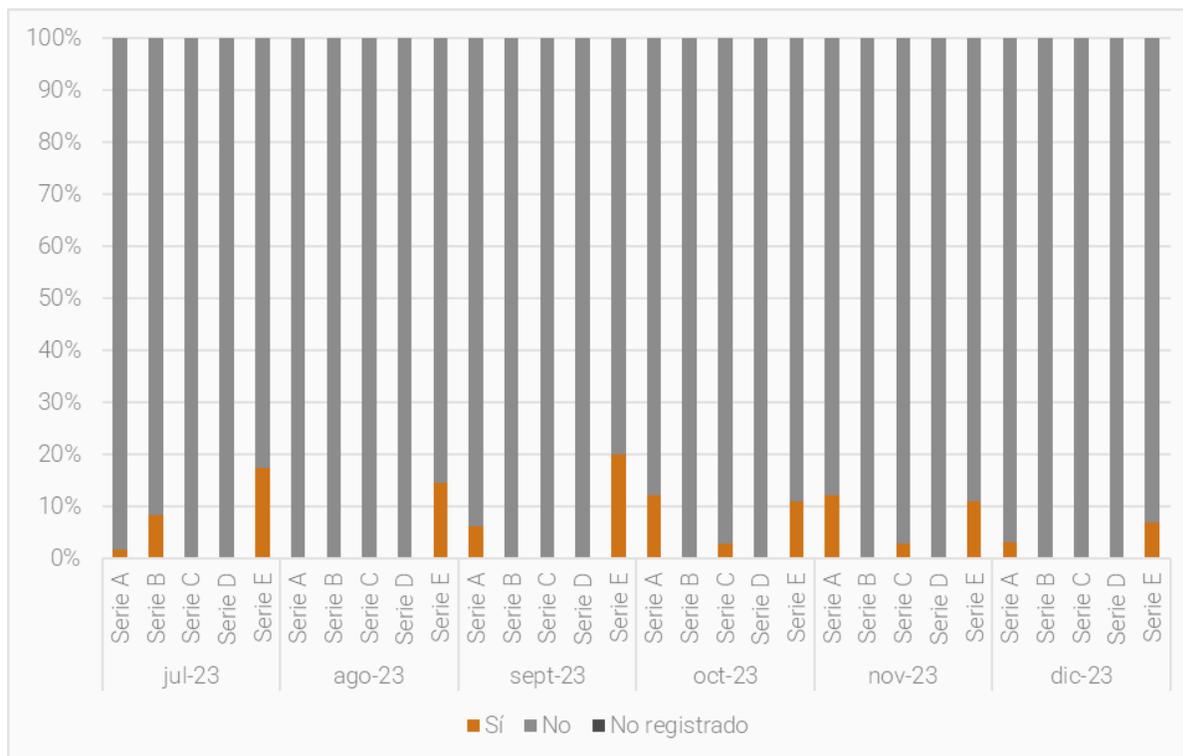


E-088

(Coordenadas UTM 605.563 E - 7.410.582 N)

Respecto a la afectación antrópica, ésta considera principalmente signos y presencia de basura, huellas vehiculares, cercanía a caminos, obras, entre otros. En general, se observan pocos signos de intervención antrópica en todas las series. Respecto a la serie A, el promedio registrado fue de  $2,59\% \pm 2,86\%$ , mientras que el valor máximo de afectación antrópica se registró en octubre y noviembre con un valor de  $6,67\%$  (4 individuos). En la serie B, el promedio registrado para el período es de  $1,43\% \pm 2,92\%$ , mientras que el valor máximo reportado fue en julio, con un  $7,14\%$  (1 individuo). En la serie C, el promedio registrado para el período es de  $0,38\% \pm 0,99\%$ , y el valor máximo se reportó en noviembre con un  $1,92\%$  (1 individuo). En la serie D no se registraron datos de afectación antrópica para el período. En la serie E, el promedio de afectación fue de  $13,26\% \pm 4,62\%$ , y el valor máximo registrado fue  $19,48\%$  (15 individuos) en septiembre de 2023.

Figura 5-22. Variación mensual de la afectación antrópica en individuos de *Neltuma alba* por serie



Fuente: Elaboración propia

### 5.1.6 Estado fisiológico de los ejemplares de *Neltuma alba* (algarrobo)

En la Tabla 5-1, se presentan los valores de potencial hídrico de ramilla medidos en pre-alba ( $\Psi_{pa}$ ) y mediodía ( $\Psi_{md}$ ), en julio y octubre de 2023. En julio, los valores de la población objetivo (serie A) fluctuaron entre -1,7 y <-4,5 MPa en  $\Psi_{pa}$ , entre -2,25 y <-4,5 MPa en  $\Psi_{md}$ , y entre 58,6 y 308,73 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> en gs. En octubre, de la población objetivo (serie A) fluctuaron entre -0,7 y -2,15 MPa en  $\Psi_{pa}$ , entre -1,05 y -3,0 MPa en  $\Psi_{md}$ , y entre 98,8 y 491,3 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> en gs. Con el objetivo de evaluar la población objetivo (individuos de la Serie A) a los cuales se les ha implementado un sistema de riego con otros ejemplares emplazados aguas arriba de la tubería superficial sin sistema de riego, se midieron los mismos parámetros cuyos resultados son presentados en conjunto en la Tabla 5-1. En Anexo 11 se entregan los informes correspondientes al periodo de julio y octubre 2023.

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 enero y abril de 2023 en algarrobos de la Quebrada de Camar

Árbol	Julio 2023			Octubre 2023		
	$\Psi_{pa}$ (MPa)	$\Psi_{pa}$ (MPa)	gs (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	$\Psi_{pa}$ (MPa)	$\Psi_{pa}$ (MPa)	gs (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )
A04	-2,60	-2,70	226,18	-1,00	-1,80	226,10
A07	-2,40	-3,15	160,53	-0,90	-2,05	171,48
A12	-2,70	-3,40	190,25	-0,90	-1,70	394,40
A17	-	-	58,60	-	-	402,70
A21	-2,60	-	141,65	-1,00	-2,00	349,50
A22	-3,10	-	117,35	-	-	491,30
A30	-	-	161,68	-1,00	-1,50	387,80
A31	-2,90	-	146,40	-1,00	-	350,38
A33	-2,30	-2,45	99,80	-1,60	-1,90	199,95
A36	-1,80	-2,25	254,45	-1,35	-1,80	151,65
A37	-2,20	-2,70	172,78	-1,15	-1,75	192,53
A38	<-4,50	<-4,50	203,08	-0,80	-1,70	334,80
A40	-2,30	<-4,50	241,40	-1,25	-2,10	249,93
A41	-2,50	-	182,73	-1,00	-1,50	302,63
A43	<-4,50	-4,00	280,98	-0,90	-1,30	199,15
A44	-2,60	-3,25	263,80	-0,90	-2,40	205,93
A47	-1,70	<-4,50	219,58	-0,95	-1,75	273,23
A58	-3,20	-3,00	225,18	-0,90	-1,50	286,18
B02	<-4,50	-3,80	101,55	-0,70	-2,50	150,80
B03	-2,70	-2,80	171,50	-1,40	-2,65	186,30
B04	-2,40	-3,10	140,95	-1,55	-2,45	163,53
B09	-2,70	-3,05	151,83	-1,40	-1,05	170,50
B10	-3,00	-3,65	91,13	-2,15	-3,00	187,15
B11	-2,75	-3,55	136,10	-1,45	-2,10	121,78
B17	-2,55	-3,35	243,90	-1,05	-1,50	273,10
B20	-2,70	-2,50	132,53	-1,05	-1,30	229,28
B21	-1,90	-3,20	205,20	-1,20	-1,95	160,75
C58	-	-	130,30	-	-	98,80

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 enero y abril de 2023 en Algarrobos de la Quebrada de Camar

Árbol	Julio 2023			Octubre 2023		
	$\Psi_{pa}$ (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> )
D28	-2,20	-3,30	200,05	-1,10	-2,00	336,08
AX01	-2,00	-4,20	308,73	-1,20	-2,00	269,68
AX02	-3,80	-	-	-	-	464,83

\*: árboles no medidos por falta de ramillas

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de Laboratorio SAP, UChile (2023), Anexo 11

#### 5.1.6.1.1 Comparación de Algarrobos de la Serie A y Series B-C

La Tabla 5-2 presenta los resultados registrados en la Tabla 5-1 pero agrupando los promedios de la serie A v/s los de las series B y C. No se encontraron diferencias significativas al comparar los potenciales hídricos en pre-alba ( $p=0,6876$ ), mediodía ( $p=0,6052$ ) y conductancia estomática ( $p=0,1173$ ). Se alcanzaron valores promedio de -2,76 MPa en potencial hídrico en pre-alba, -3,30 MPa en potencial hídrico de mediodía y 173,26 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Por otro lado, en octubre 2023 se encontraron diferencias significativas al comparar el potencial hídrico en pre-alba ( $p=0,0254$ ) y la conductancia estomática ( $p=0,0003$ ), con los valores más bajos en los árboles de la serie B-C (-1,33 MPa y 174,2 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> respectivamente). Por el contrario, el potencial hídrico de mediodía no se diferenció significativamente ( $p=0,2535$ ), alcanzando un valor promedio de -1,89 MPa.

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

Serie	Julio 2023			Octubre 2023		
	$\Psi_{pa}$ (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> )
A	-2,74±0,20 a	-3,37±0,24 a	185,91±14,09 a	-1,04±0,05 a	-1,78±0,07 a	287,20±22,51 a
B-C	-2,80±0,24 a	-3,22±0,14 a	150,50±14,57 a	-1,33±0,14 b	-2,06±0,22 a	174,20±15,78 b
Promedio*	-2,76±0,15	-3,30±0,15	173,26±10,78	-1,14±0,06	-1,89±0,10	246,84±18,53

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

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de Laboratorio SAP, UChile (2023), Anexo 11.

#### 5.1.6.1.2 Comparación de Algarrobos según su ubicación respecto de la tubería de agua superficial

Al analizar los datos de la Tabla 5-3, comparando los individuos ubicados agua arriba de la tubería y aguas abajo. En julio 2023 no se encontraron diferencias significativas en potencial hídrico en pre-alba ( $p=0,4911$ ), alcanzando un valor promedio de -2,75 MPa, con un error estándar de 0,14. Al comparar el potencial hídrico de mediodía no se encontraron diferencias entre ambos grupos de árboles ( $p=0,5073$ ), alcanzando un valor promedio de -3,34 MPa, con un error estándar de 0,14. Por otra parte, la conductancia estomática tampoco

mostró diferencias respecto de la ubicación de los árboles ( $p=0,1806$ ), alcanzando un valor promedio de  $178,67 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , con un error estándar de  $11,04$ . En octubre 2023 se encontraron diferencias significativas en potencial hídrico en pre-alba ( $p=0,0140$ ) y en la conductancia estomática ( $p<0,0001$ ), alcanzando los valores más bajos en los árboles ubicados aguas arriba ( $-1,2 \text{ MPa}$  y  $209,89 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , respectivamente). Por el contrario, el potencial hídrico de mediodía no mostró diferencias entre ambos grupos de árboles ( $p=0,7511$ ), alcanzando un valor promedio de  $-1,89 \text{ MPa}$ .

Tabla 5-3. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba ( $\Psi_{pa}$ ), mediodía ( $\Psi_{md}$ ) y conductancia estomática ( $gs$ ) para individuos ubicados aguas arriba y aguas abajo de la tubería de agua superficial

Ubicación respecto de la tubería	Julio 2023			Octubre 2023		
	$\Psi_{pa}$ (MPa)	$\Psi_{md}$ (MPa)	$gs$ (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	$\Psi_{pa}$ (MPa)	$\Psi_{md}$ (MPa)	$G_s$ (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )
Aguas arriba	$-2,74 \pm 0,19 \text{ a}$	$-3,39 \pm 0,16 \text{ a}$	$188,45 \pm 13,81 \text{ a}$	$-1,20 \pm 0,08 \text{ b}$	$-1,91 \pm 0,11 \text{ a}$	$209,89 \pm 13,65 \text{ b}$
Aguas abajo	$-2,79 \pm 0,17 \text{ a}$	$-3,14 \pm 0,15 \text{ a}$	$155,85 \pm 16,40 \text{ a}$	$-0,99 \pm 0,03 \text{ a}$	$-1,84 \pm 0,09 \text{ a}$	$357,46 \pm 30,95 \text{ a}$
Promedio*	$-2,75 \pm 0,14$	$-3,34 \pm 0,14$	$178,67 \pm 11,04$	$-1,14 \pm 0,06$	$-1,89 \pm 0,09$	$257,49 \pm 18,32$

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

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de Laboratorio SAP, UChile (2023), Anexo 11

### 5.1.7 Estimación biomasa aérea

En base a los parámetros evaluados para cada árbol perteneciente a las series A, B, C y D; se determinó la biomasa de la población. Dentro del Anexo 11 se exponen, para cada serie, las variables dendrométricas comprometidas en el marco de la acción 24 del PdC y que son parte de las mediciones necesarias para la estimación de la biomasa (diámetro máximo de la copa (mcw), diámetro de copa a los 90° del mcw, altura total, diámetro basal, diámetro a la altura del pecho, largo del vástago y diámetro del fuste más largo, entre otros).

La base de datos correspondiente al monitoreo de julio presenta 256 registros correspondientes a árboles del género *Neltuma* (ex *Prosopis*) (Series A, B, C, D) de los cuales fue posible ubicar y medir 186 árboles (72,7%). Los 70 árboles (27,3%) restantes se encuentran desaparecidos, incompletos o desprendidos de su raíz en el lugar (desenterrados) y no fue posible su medición en terreno. Un 69,3% de los árboles (129 árboles) medidos se encuentran vivos, presentando algún nivel de vitalidad en sus vástagos y el 30,7% restante (57 árboles) actualmente no presenta ramillas con hojas o estas están secas y la madera de la totalidad de sus vástagos se aprecia completamente seca.

Según lo presentado en la Tabla 5-4, la mayor parte de los individuos (80,6%, 150 árboles) se concentran en las clases diamétricas de menor tamaño (0 a 2,5 cm, 2,6 a 5 cm y 5,0-7,5 cm) con alturas medias que no superan los 50 cm. Los individuos de mayor tamaño (> 20, cm) sólo representan el 9,1% (17 árboles) y pueden alcanzar en promedio hasta los 7,0 m de altura.

La mayoría de los individuos (93,0%, 173 árboles) presentan más de un vástago (plurifustales), cuyo número promedio fluctúa entre 2 y 27 vástagos por individuo.

El área basal es baja, alcanzando los 3,0326 m<sup>2</sup> para el total de la población, en donde el 74,2% de esta lo acumulan ocho individuos de gran tamaño (Dbe>30 cm).

El promedio de las áreas de la copa fluctúa entre 0,065 y 92,3 m<sup>2</sup>, mostrando una clara tendencia en su desarrollo en los individuos de mayor tamaño que son capaces de superar los 30 m<sup>2</sup> de área de copa.

Tabla 5-4. N° de vástagos promedio, altura media, área basal acumulado y área de copa promedio, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población del género *Neltuma* para ejemplares de algarrobo – julio 2023

Rango Dbe (cm)	N° Vástagos promedio por individuo			Altura media (m)			Área basal acumulada (m <sup>2</sup> )			Área de copa (m <sup>2</sup> )		
	Vivos	Secos	Media	Vivos	Secos	Media	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos*	Media
0 - 2,5	2,80	2,50	2,60	0,20	0,10	0,10	0,01	0,01	0,01	0,12	0,03	0,06
2,6 - 5	8,60	7,40	8,30	0,10	0,20	0,20	0,08	0,02	0,10	0,12	0,49	0,21
5,1 - 7,5	19,80	14,30	18,40	0,30	0,70	0,40	0,03	0,01	0,04	0,54	2,40	1,01
7,6 - 10	26,00	12,00	23,70	0,80	2,10	1,00	0,03	0,01	0,04	3,08	6,54	3,66
10,1 - 12,5	54,30	1,00	41,00	1,50	0,70	1,30	0,03	0,01	0,04	9,57	1,18	7,47
12,6 - 15	23,00	27,00	23,80	1,30	0,50	1,10	0,06	0,02	0,08	6,70	1,80	5,72
15,1 - 17,5	15,00	10,00	11,70	1,60	1,10	1,30	0,02	0,05	0,07	6,43	3,78	4,66
17,6 - 20	5,00	-	5,00	2,40	-	2,40	0,03	-	0,03	16,83	-	16,83
20,1 - 22,5	5,00	-	5,00	1,80	-	1,80	0,07	-	0,07	17,54	-	17,54
22,6 - 25	5,50	-	5,50	1,90	-	1,90	0,09	-	0,09	10,81	-	10,81
25,1 - 27,5	7,50	2,00	5,70	3,10	0,90	2,30	0,10	0,05	0,15	19,71	1,49	13,63
27,6 - 30	2,00	-	2,00	3,30	-	3,30	0,06	-	0,06	21,23	-	21,23
30,1 - 32,5	2,00	4,00	3,00	3,80	2,60	3,20	0,07	0,07	0,15	24,96	14,91	19,94
32,6 - 35	14,00	-	14,00	2,30	-	2,30	0,10	-	0,10	19,24	-	19,24
45,1 - 47,5	8,00	-	8,00	1,90	-	1,90	0,17	-	0,17	14,34	-	14,34
47,6 - 50	1,00	-	1,00	3,20	-	3,20	0,18	-	0,18	32,26	-	32,26
65,1 - 67,5	14,50	-	14,50	5,00	-	5,00	0,69	-	0,69	79,36	-	79,36
70,1 - 72,5	1,00	-	1,00	7,20	-	7,20	0,40	-	0,40	86,31	-	86,31
82,6 - 85	1,00	-	1,00	6,30	-	6,30	0,57	-	0,57	92,30	-	92,30
Total/Media <sup>±</sup>	10,90	6,00	9,40	0,70	0,30	0,60	2,80	0,23	3,03	5,09	0,95	3,82

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

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

*Fuente: Cuadro 2, Anexo 12 Informe "Estimación biomasa de una población del género Prosopis emplazada en la Quebrada de Camar" (enero 2023)*

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

La biomasa aérea alcanza los 5.205,4 kg para el total de la población medida (129 árboles "Vivos" y 57 árboles "Secos"), con un valor promedio por individuos de 27,9 kg. El 92,6% de la biomasa proviene de individuos vivos y sólo el 7,4% restante a individuos secos.

El 67,1% de la biomasa aérea se concentra en cinco individuos monofustales de gran tamaño, con diámetros que van entre los 47,6 y los 82,4 cm y con alturas que van entre los 3,2 m hasta 7,2 m. Es importante señalar, que los valores de biomasa total no coinciden con la biomasa total obtenida mediante la suma de cada componente, debido al efecto de no aditividad de las funciones para cada componente (Parresol, 2001; ver capítulo 1.3).

Sólo un 1,6% (3 árboles) de los individuos de la población presenta frutos, con una media de 2,3 frutos/árbol y con una biomasa estimada de 12,9 g /árbol (peso húmedo). La biomasa total de frutos (peso húmedo) no supera los 0,05 kg, concentrándose el total de la biomasa del componente en individuos de la Serie B, que ya habían sido registrados con frutos en la medición anterior (abril 2023).

La biomasa aérea total de los individuos se distribuye porcentualmente de la siguiente forma: un 32,2% corresponde al fuste, 60,2% a ramas, 7,6% a hojas, es importante señalar que, para determinar específicamente estas proporciones por componente de biomasa, sólo se consideraron los individuos vivos, esto debido a que, en el caso de aquellos secos, no se sabe exactamente cuál es la proporción real de cada componente, ya que estos no presentan hojas. Por otro lado, se excluyó del análisis la biomasa de frutos ya que corresponde al peso húmedo y no es comparable al resto de las componentes.

Tabla 5-5: Biomasa aérea promedio (kg) por componente y total, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población de árboles del género *Neltuma* (ex *Prosopis*) – julio 2023

Rango Dbe (cm)	N° individuos			Peso seco Fuste (kg)			Peso seco Ramas (kg)			Peso seco Hojas (kg)			Peso húmedo Frutos (kg)			Peso seco Total (kg)		
	vivos	se-cos	total	vivos	secos	total	vivos	secos	total	vivos	se-cos	total	vivos	se-cos	total	vivos	secos	total
0 - 2,5	16	25	41	5,4	7,6	13,0	7,6	10,5	18,1	1,1	-	1,1	-	-	-	4,5	5,7	10,2
2,6 - 5	72	21	93	50,4	14,5	64,9	149,2	37,9	187,1	18,2	-	18,2	-	-	-	92,3	23,6	115,9
5,1 - 7,5	12	4	16	16,6	5,5	22,1	19,5	16,3	35,8	4,5	-	4,5	-	-	-	47,8	11,3	59,1
7,6 - 10	5	1	6	15,0	3,3	18,3	1,3	0,2	1,5	1,6	-	1,6	-	-	-	53,7	10,1	63,8
10,1 - 12,5	3	1	4	11,7	2,9	14,6	0,5	0,4	0,9	4,4	-	4,4	-	-	-	53,1	14,3	67,4
12,6 - 15	4	1	5	20,3	4,1	24,4	2,8	1,3	4,1	4,2	-	4,2	-	-	-	113,6	26,6	140,2
15,1 - 17,5	1	2	3	7,0	12,5	19,5	0,1	4,5	4,6	1,1	-	1,1	-	-	-	41,7	82,9	124,6
17,6 - 20	1	-	1	9,2	-	9,2	1,2	-	1,2	3,5	-	3,5	-	-	-	48,0	-	48,0
20,1 - 22,5	2	-	2	19,3	-	19,3	0,3	-	0,3	5,5	-	5,5	-	-	-	130,9	-	130,9
22,6 - 25	2	-	2	23,1	-	23,1	0,4	-	0,4	3,9	-	3,9	-	-	-	161,9	-	161,9
25,1 - 27,5	2	1	3	32,7	9,6	42,3	0,9	5,7	6,6	9,6	-	9,6	0,01	-	0,01	175,9	81,2	257,1
27,6 - 30	1	-	1	19,0	-	19,0	0,1	-	0,1	5,7	-	5,7	-	-	-	106,3	-	106,3
30,1 - 32,5	1	1	2	24,4	17,9	42,3	0,1	0,1	0,2	7,4	-	7,4	-	-	-	131,2	126,0	257,2
32,6 - 35	1	-	1	20,2	-	20,2	0,7	-	0,7	3,9	-	3,9	-	-	-	148,0	-	148,0
45,1 - 47,5	1	-	1	26,5	-	26,5	0,6	-	0,6	2,5	-	2,5	-	-	-	19,9	-	19,9
47,6 - 50	1	-	1	37,7	-	37,7	17,0	-	17,0	6,4	-	6,4	-	-	-	113,7	-	113,7
65,1 - 67,5	2	-	2	174,7	-	174,7	608,8	-	608,8	53,4	-	53,4	0,03	-	0,03	1.417,6	-	1.417,6
70,1 - 72,5	1	-	1	160,0	-	160,0	261,5	-	261,5	33,0	-	33,0	-	-	-	688,8	-	688,8
82,6 - 85	1	-	1	161,7	-	161,7	488,4	-	488,4	28,4	-	28,4	0,01	-	0,01	1.274,8	-	1.274,8

Tabla 5-5: Biomasa aérea promedio (kg) por componente y total, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población de árboles del género *Neltuma* (ex *Prosopis*) – julio 2023

Rango Dbe (cm)	N° individuos			Peso seco Fuste (kg)			Peso seco Ramas (kg)			Peso seco Hojas (kg)			Peso húmedo Frutos (kg)			Peso seco Total (kg)		
	vivos	se- cos	total	vivos	secos	total	vivos	secos	total	vivos	se- cos	total	vivos	se- cos	total	vivos	secos	total
Total	129	57	186	834,9	77,9	912,8	1.561,0	76,9	1.637,9	198,3	-	198,3	0,05	-	0,05	4.823,7	381,7	5.205,4

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

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

La estimación de la biomasa en octubre de 2023 presenta 256 registros correspondientes a árboles del género *Neltuma* (ex *Prosopis*) (Series A, B, C, D) de los cuales fue posible ubicar y medir 183 árboles (71,5%). Los 73 árboles (28,5%) restantes se encuentran desaparecidos, incompletos o desprendidos de su raíz en el lugar (desenterrados) y no fue posible su medición en terreno. Un 69,4% de los árboles (127 árboles) medidos se encuentran vivos, presentando algún nivel de vitalidad en sus vástagos y el 30,6% restante (56 árboles) actualmente no presenta ramillas con hojas o estas están secas y la madera de la totalidad de sus vástagos se aprecia completamente seca.

Según lo presentado en la Tabla 5-6, la mayor parte de los individuos (80,3%, 147 árboles) se concentran en las clases diamétricas de menor tamaño (0 a 2,5 cm, 2,6 a 5 cm y 5,0-7,5 cm) con alturas medias que no superan los 50 cm. Los individuos de mayor tamaño (>20 cm) sólo representan el 9,3% (17 árboles) de la población y pueden alcanzar en promedio hasta los 6,75 m de altura.

La mayoría de los individuos (91,8%, 168 árboles) presentan más de un vástago (plurifustales), cuyo número promedio fluctúa entre 2,6 y 60,3 vástagos por individuo.

El área basal es baja, alcanzando los 2,9024 m<sup>2</sup> para el total de la población, en donde el 72,1% de esta lo acumulan ocho individuos de gran tamaño (Dbe>30 cm).

El promedio de las áreas de la copa fluctúa entre 0,06 y 100,16 m<sup>2</sup>, mostrando una clara tendencia en su desarrollo en los individuos de mayor tamaño que son capaces de superar los 30 m<sup>2</sup> de área de copa.

Se registraron intervenciones en dos individuos de la población, el primero correspondiente a la serie A, que presenta señales de haber sufrido una corta de algunas de sus ramas y el otro de la Serie B, que presenta indicios de haber sido ramoneado posiblemente por burros.

**Tabla 5-6. N° de vástagos promedio, altura media, área basal acumulado y área de copa promedio, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población del género *Neltuma* para ejemplares de algarrobo – octubre 2023**

Rango Dbe (cm)	N° Vástagos promedio por individuo			Altura media (m)			Área basal acumulada (m <sup>2</sup> )			Área de copa (m <sup>2</sup> )		
	Vivos	Secos	Media	Vivos	Secos	Media	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos*	Media
0 - 2,5	3,10	2,20	2,60	0,16	0,08	0,12	0,01	0,01	0,02	0,08	0,05	0,06
2,6 - 5	8,60	7,30	8,30	0,15	0,22	0,16	0,06	0,02	0,08	0,17	0,56	0,26
5,1 - 7,5	16,30	11,00	15,30	0,52	0,53	0,52	0,03	0,01	0,04	1,19	0,96	1,15
7,6 - 10	17,50	11,00	16,60	0,76	2,08	0,95	0,04	0,01	0,04	3,14	6,54	3,63
10,1 - 12,5	60,30	-	60,30	1,11	-	1,11	0,03	-	0,03	7,36	-	7,36
12,6 - 15	16,20	25,00	17,70	1,43	0,55	1,28	0,08	0,01	0,10	6,57	1,43	5,71
15,1 - 17,5	-	9,00	9,00	-	1,08	1,08	-	0,05	0,05	-	3,28	3,28
17,6 - 20	5,00	-	5,00	2,49	-	2,49	0,03	-	0,03	16,83	-	16,83
20,1 - 22,5	5,00	-	5,00	1,82	-	1,82	0,07	-	0,07	21,36	-	21,36
22,6 - 25	4,30	-	4,30	1,92	-	1,92	0,14	-	0,14	11,59	-	11,59

Tabla 5-6. N° de vástagos promedio, altura media, área basal acumulado y área de copa promedio, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población del género *Neltuma* para ejemplares de algarrobo – octubre 2023

Rango Dbe (cm)	N° Vástagos promedio por individuo			Altura media (m)			Área basal acumulada (m <sup>2</sup> )			Área de copa (m <sup>2</sup> )		
	Vivos	Secos	Media	Vivos	Secos	Media	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos*	Media
25,1 - 27,5	8,50	2,00	6,30	3,10	0,90	2,37	0,10	0,05	0,15	23,33	3,12	16,59
27,6 - 30	-	2,00	2,00	-	3,75	3,75	-	0,06	0,06	-	17,31	17,31
30,1 - 32,5	1,00	4,00	2,50	3,75	2,56	3,16	0,07	0,07	0,15	20,45	14,91	17,68
35,1 - 37,5	11,00	-	11,00	2,30	-	2,30	0,10	-	0,10	36,31	-	36,31
47,6 - 50	1,00	-	1,00	3,20	-	3,20	0,20	-	0,20	43,54	-	43,54
65,1 - 67,5	10,50	-	10,50	5,13	-	5,13	0,69	-	0,69	91,04	-	91,04
70,1 - 72,5	1,00	-	1,00	6,75	-	6,75	0,40	-	0,40	84,69	-	84,69
82,6 - 85	1,00	-	1,00	6,30	-	6,30	0,57	-	0,57	100,16	-	100,16
Total/Media <sup>α</sup>	9,70	5,10	8,30	0,67	0,35	0,57	2,62	0,28	2,90	5,58	1,15	4,22

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

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

Fuente: Cuadro 2, Anexo 12 Informe "Estimación biomasa de una población del género *Prosopis* emplazada en la Quebrada de Camar" (abril 2023)

La Tabla 5-9 presenta la biomasa aérea promedio (kg) por componente y total, según vitalidad (vivos, secos) de la población de árboles estudiada.

La biomasa aérea alcanza los 5.588,0 kg para el total de la población medida (127 árboles "Vivos" y 56 árboles "Secos"), con un valor promedio por individuos de 30,5 kg. El 91,6% de la biomasa proviene de individuos vivos y sólo el 8,4% restante a individuos secos.

El 66,9% de la biomasa aérea se concentra en cinco individuos monofustales de gran tamaño, con diámetros que van entre los 47,6 y los 82,4 cm y con alturas que van entre los 3,2 m hasta 6,8 m. Es importante señalar, que los valores de biomasa total no coinciden con la biomasa total obtenida mediante la suma de cada componente, debido al efecto de no aditividad de las funciones para cada componente (Parresol, 2001; ver capítulo 1.3). Además, no se registraron frutos durante la medición.

La biomasa aérea total de los individuos se distribuye porcentualmente de la siguiente forma: un 30,3% corresponde al fuste, 61,8% a ramas, 7,9% a hojas, es importante señalar que, para determinar específicamente estas proporciones por componente de biomasa, sólo se consideraron los individuos vivos, esto debido a que, en el caso de aquellos secos, no se sabe exactamente cuál es la proporción real de cada componente, ya que estos no presentan hojas. Por otro lado, se excluyó del análisis la biomasa de frutos ya que no se registró presencia de estos.

Tabla 5-7: Biomasa aérea promedio (kg) por componente y total, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población de árboles del género *Neltuma* (ex *Prosopis*). – octubre 2023

Rango Dbe (cm)	N° individuos			Peso seco Fuste (kg)			Peso seco Ramas (kg)			Peso seco Hojas (kg)			Peso húmedo Frutos (kg)			Peso seco Total (kg)		
	vivos	secos	total	vivos	secos	total	vivos	secos	total	vivos	secos	total	vivos	secos	total	vivos	secos	total
0 - 2,5	27	28	55	9,6	7,8	17,4	14,7	9,9	24,6	2,1	-	2,1	-	-	-	7,9	5,6	13,5
2,6 - 5	59	18	77	42,2	12,4	54,6	123,0	32,2	155,2	15,0	-	15,0	-	-	-	77,0	20,9	97,9
5,1 - 7,5	12	3	15	17,8	3,7	21,5	18,7	12,6	31,3	5,0	-	5,0	-	-	-	47,1	8,0	55,1
7,6 - 10	6	1	7	16,0	3,5	19,5	1,3	0,3	1,6	2,8	-	2,8	-	-	-	66,8	11,6	78,4
10,1 - 12,5	3	-	3	10,9	-	10,9	1,0	-	1,0	2,9	-	2,9	-	-	-	53,4	-	53,4
12,6 - 15	5	1	6	27,8	4,0	31,8	3,5	1,1	4,6	5,6	-	5,6	-	-	-	148,7	24,6	173,3
15,1 - 17,5	-	2	2	-	12,5	12,5	-	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-	-	82,5	82,5
17,6 - 20	1	-	1	9,4	-	9,4	1,2	-	1,2	3,7	-	3,7	-	-	-	48,0	-	48,0
20,1 - 22,5	2	-	2	19,6	-	19,6	3,8	-	3,8	6,6	-	6,6	-	-	-	132,9	-	132,9
22,6 - 25	3	-	3	34,8	-	34,8	0,9	-	0,9	6,3	-	6,3	-	-	-	239,7	-	239,7
25,1 - 27,5	2	1	3	33,3	9,6	42,9	1,1	5,8	6,9	11,4	-	11,4	-	-	-	177,1	82,3	259,4
27,6 - 30	-	1	1	-	21,7	21,7	-	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	108,2	108,2
30,1 - 32,5	1	1	2	24,4	17,9	42,3	0,4	0,1	0,5	6,2	-	6,2	-	-	-	111,2	126,0	237,2
35,1 - 37,5	1	-	1	20,6	-	20,6	0,9	-	0,9	6,8	-	6,8	-	-	-	157,9	-	157,9
47,6 - 50	1	-	1	39,4	-	39,4	17,0	-	17,0	8,9	-	8,9	-	-	-	109,8	-	109,8
65,1 - 67,5	2	-	2	178,1	-	178,1	601,4	-	601,4	60,7	-	60,7	-	-	-	1.504,7	-	1.504,7
70,1 - 72,5	1	-	1	143,6	-	143,6	328,5	-	328,5	30,3	-	30,3	-	-	-	961,3	-	961,3
82,6 - 85,0	1	-	1	161,7	-	161,7	488,4	-	488,4	30,5	-	30,5	-	-	-	1.274,8	-	1.274,8
Total	127	56	183	789,2	93,1	882,3	1.605,8	66,5	1.672,3	204,8	-	204,8	-	-	-	5.118,3	469,7	5.588,0

(-) No se registra información para la clase diamétrica o de vitalidad correspondiente. \*\*Los valores de biomasa total no coinciden con la biomasa total obtenida mediante la suma de cada componente, debido al efecto de no aditividad de las funciones para cada componente (Parresol, 2001).

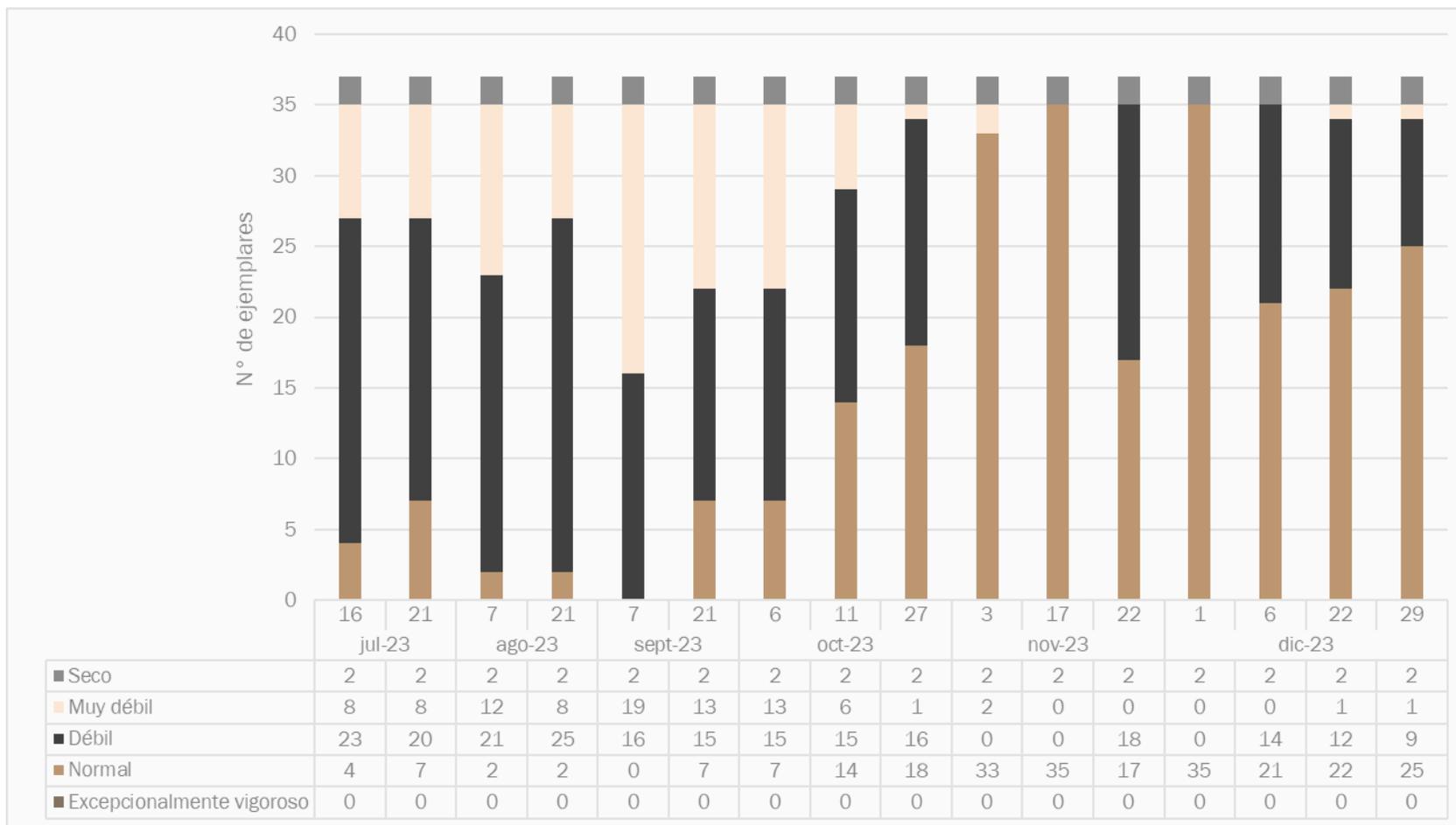
## 5.2 Evaluación de ejemplares de *Neltuma alba* (algarrobo) con sistema de riego

Se realizaron 16 mediciones sobre los 37 ejemplares sometidos a riego entre julio y diciembre de 2023, evaluando la vitalidad y porcentaje de copa viva de cada uno de ellos. A continuación, se presentan los resultados, mientras que los reportes semanales se exponen en el Anexo 8 del presente informe.

### 5.2.1 Vitalidad

Los ejemplares secos se han mantenido constantes en 2 individuos durante las prospecciones realizadas en el segundo semestre del 2023. Los ejemplares en categoría Muy débil muestran un mínimo de 1 ejemplar (registrados en las campañas del 27 de octubre y 22 de diciembre), mientras que el máximo alcanzó 19 individuos en el reporte del 7 de septiembre. Los resultados indican una disminución de los ejemplares en categoría Muy débil al avanzar la temporada de primavera, lo cual es concordante con la estacionalidad, ya que se observó un aumento en los meses de receso vegetativo (temporada invernal) y una disminución a partir de octubre. Los ejemplares en categoría Débil siguen el mismo comportamiento, observándose un mayor número de individuos en los meses de julio a septiembre, con un valor máximo registrado de 25 individuos en la campaña del 21 de agosto, para luego disminuir y alcanzar valores mínimos de 0 individuos en diciembre de 2023. El efecto de la estacionalidad se vuelve más evidente al analizar los ejemplares en categoría Normal, donde en julio se registran valores bajos (con un valor mínimo de 0 individuos en la campaña del 7 de septiembre), y aumenta progresivamente hasta los meses de octubre, noviembre y diciembre. El valor máximo de individuos en condiciones normales (35) se registró el 17 de noviembre y el 1 de diciembre. Por otra parte, no se observaron individuos en categoría Excepcionalmente vigoroso durante todo el segundo semestre de 2023.

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



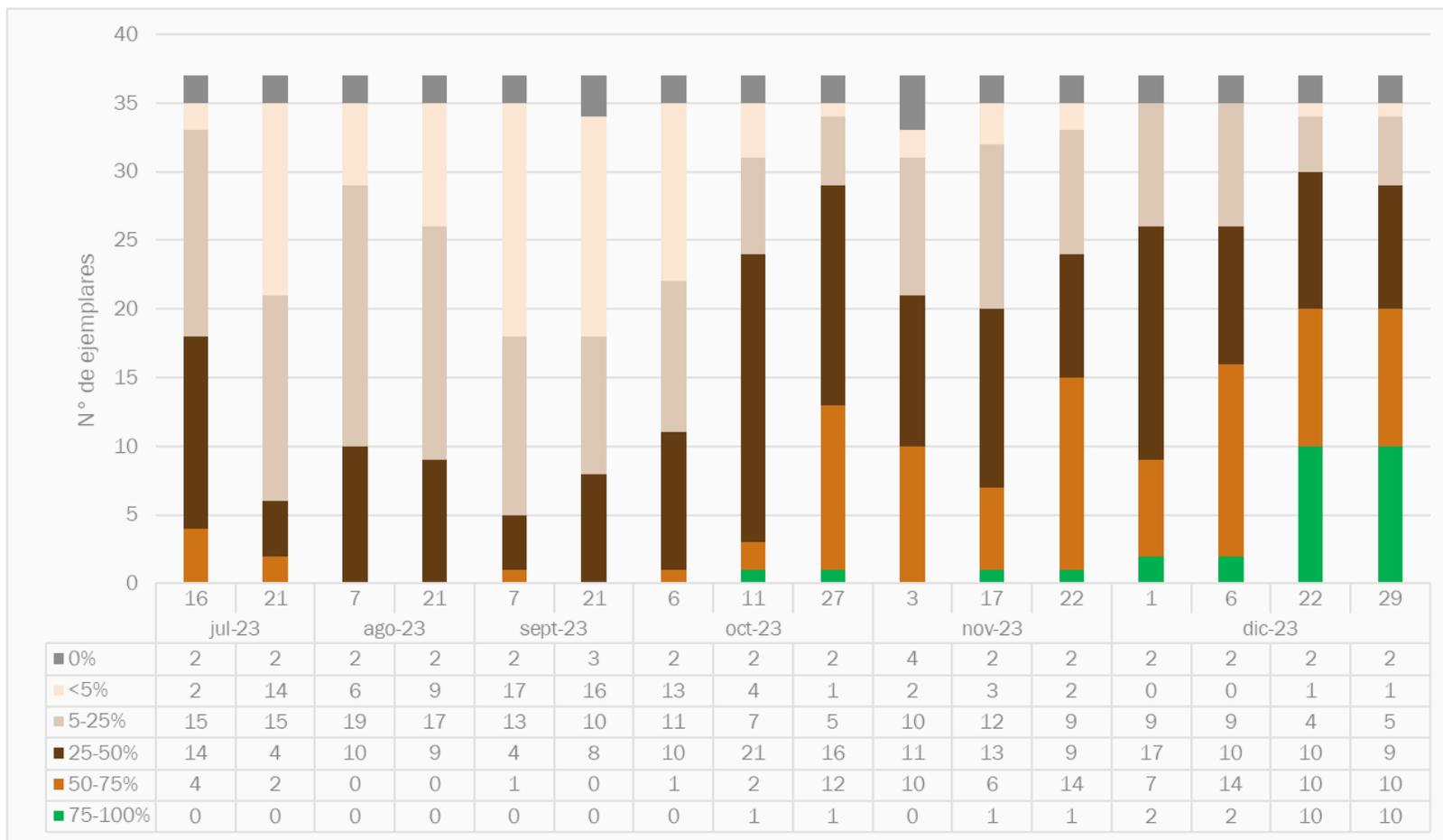
\* Los números en la tabla corresponden a la cantidad de ejemplares por categoría de vigor Fuente: GMA, 2023

Fuente: Elaboración propia, 2023

## 5.2.2 Porcentaje de copa viva

Tal como se mencionó en la sección anterior, los ejemplares secos, y por lo tanto sin presencia de copa viva se han mantenido constantes en 2 individuos durante las prospecciones realizadas en el segundo semestre del 2023, con la excepción del monitoreo realizado el 03 de noviembre, donde se registraron 4 individuos secos (0% de copa viva). Los ejemplares con copa <5% muestran un mínimo de 0 ejemplares (registrados en las campañas del 1 y 6 de diciembre), mientras que el máximo alcanzó 17 individuos en la campaña del 7 de septiembre, disminuyendo considerablemente hasta llegar a diciembre con 1 individuo. En el caso del rango de copa viva entre 25-50% no muestran una tendencia específica en el tiempo, observándose un valor máximo de 21 individuos en la campaña del 11 de octubre, mientras que el valor mínimo fue de 4 individuos en la campaña del 7 de septiembre de 2023. Al observar la categoría 50-75%, se aprecia una alta variación entre monitoreos, con lo cual no se logra visualizar una tendencia de los datos en el tiempo; el valor mínimo se registró en la campaña del 7 y 21 de agosto donde no se registraron individuos con esta categoría, mientras que el valor máximo se registró en las campañas del 22 de noviembre y del 6 de diciembre con 14 individuos. Respecto a los ejemplares con copa viva de 75-100%, se aprecia que los máximos se registran en las épocas de primavera - verano (10 ejemplares registrados en las campañas del 22 y 29 de diciembre), mientras que los mínimos se registraron en la época invernal (0 ejemplares con esta categoría entre julio y septiembre de 2023).

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



\* Los números en la tabla corresponden a la cantidad de ejemplares por categoría de copa viva Fuente: GMA, 2023

Fuente: Elaboración propia, 2023

### 5.2.3 Estado de los elementos asociados al programa de riego

A través de las prospecciones semanales (ver Anexo 8), se constata que el principal desperfecto en los componentes del sistema de riego corresponde a roturas y fugas en las líneas de abastecimiento de agua y piquetes en las cañerías. En menor medida, se han encontrado pérdida de presión.

Durante el segundo semestre se realizaron reiteradas visitas a terreno de la empresa Yeima quienes realizaron mantenimientos a todo el sistema de riego en los meses de septiembre y octubre. Lo que ayudo a prevenir desperfectos a partir de esos meses (Tabla 5-8).

Tabla 5-8. Principales desperfectos detectados en los componentes del sistema de riego

Fecha de detección	Tipo de afectación	Árbol afectado	Fecha de reparación
06.07.2023	Piquete en cañerías	A-46 y A-58	07.08.2023
17.07.2023	Fuga en llave	A-17	-
07.08.2023	-	-	-
21.08.2023	-	-	-
07.09.2023	-	-	-
21.09.2023	-	-	-
06.10.2023	-	-	-
11.10.2024	-	-	-
20.10.2023	-	-	-
27.10.2023	Piquetes en cañerías	A-07, A-08 y A-12	27.10.2023
03.11.2023	Rotura de mangueras y abrazaderas	A-17 y A-36; A-08	-
17.11.2023	Filtración en ejemplares	A-31; A-30; A-23; A-21; A-17; A-12; A-08; A-07	-
22.11.2023	-	-	-
01.12.2023	Filtración en ejemplares	A-07; A-12; A-17; A-23; A-37	-
06.12.2023	-	-	-
15.12.2023	-	-	-
22.12.2023	Rotura en mangueras	*Sectores 1 y 2 (sin árbol asociado)	22.12.2023
29.12.2023	Fugas	Se indica en informes de riego que casi en el 50% de los individuos se presenta esta afectación	-

Fuente: Elaboración propia en base a 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 2023, el cual contempla los monitoreos de julio y octubre de 2023. La base datos obtenida en las campañas de monitoreo del segundo semestre del año 2023 se presenta en el Anexo 2 (vegetación) y Anexo 3 (Flora).

### 5.3.1 Vegetación

#### 5.3.1.1 Superficie

La quebrada de Camar posee una superficie total de 4.044,04 ha, de las cuales 419,73 ha (10,38%) están ocupadas por vegetación y 3.624,32 ha (89,62%) corresponden a otras superficies (zonas de vegetación escasa, zonas agrícolas, red vial y zonas pobladas, entre otras). La Tabla 5-9 muestra las superficies y porcentajes de representatividad en el área de estudio según las formaciones vegetales:

Tabla 5-9. Formaciones vegetales y otras superficies presentes en la quebrada de Camar

Formación	Cobertura (%)	Julio 2023		Octubre 2023	
		Superficie		Superficie	
		(ha)	Participación (%)	(ha)	Participación (%)
Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> - <i>Ephedra multiflora</i> (Rica rica - Pingo pingo)	Ralo	6,15	0,15%	0,00	0,00%
	Muy abierto	26,02	0,64%	21,22	0,52%
Subtotal		32,17	0,80%	21,22	0,52%
Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i> - <i>Atriplex imbricata</i> (Cachiyuyo - Ojalar)	Ralo	6,88	0,17%	6,00	0,15%
	Muy abierto	10,00	0,25%	32,44	0,80%
	Abierto	1,47	0,04%	4,95	0,12%
Subtotal		18,35	0,45%	43,39	1,07%
Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> (Brea)	Rala	79,82	1,97%	32,12	0,79%
	Muy abierto	140,73	3,48%	166,09	4,11%
	Abierto	21,74	0,54%	35,97	0,89%
	Semidenso	1,43	0,04%	1,43	0,04%
Subtotal		243,72	6,03%	235,61	5,83%
Matorral de <i>Tiquilia atacamensis</i> (Káuchal)	Ralo	98,23	2,43%	70,38	1,74%
	Muy abierto	10,29	0,25%	39,14	0,97%
	Abierto	0,17	0,00%	0,17	0,00%
Subtotal		108,69	2,69%	109,69	2,71%
<b>Total Matorrales</b>	-	402,93	9,96%	409,91	10,14%
Bosque de <i>Neltuma alba</i> (algarrobo)	-	9,34	0,23%	9,34	0,23%
Subtotal		9,34	0,23%	9,34	0,23%
Pradera de <i>Distichlis spicata</i> (Gramma 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%
<b>Total superficie cubierta por vegetación</b>		412,75	10,21%	419,73	10,38%
Zona agrícola	-	7,32	0,18%	7,32	0,18%
Zona de vegetación escasa	-	3.578,75	88,49%	3.571,78	88,32%
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%
Subtotal otras superficies		3.631,29	89,79%	3.624,32	89,62%
<b>Total general</b>		<b>4.044,04</b>	<b>100,00%</b>	<b>4.044,05</b>	<b>100,00%</b>

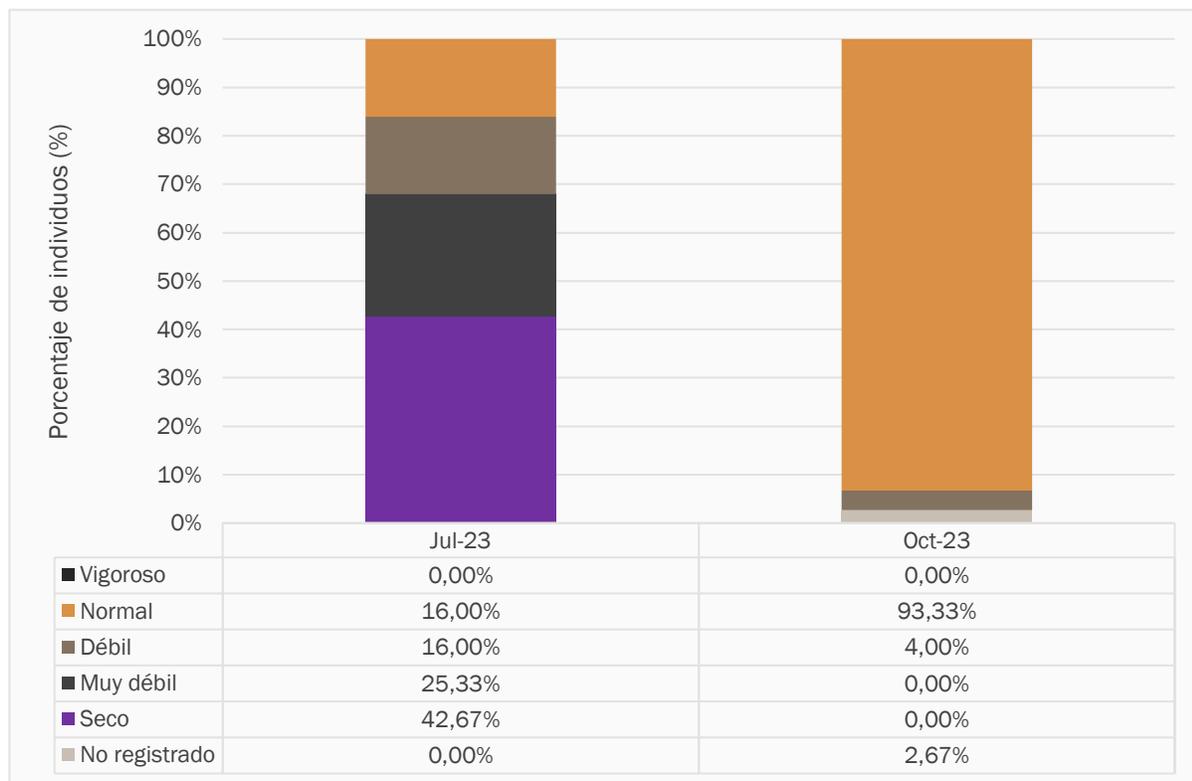
Fuente: Elaboración propia, 2023

Tal como se señala en la tabla anterior, las formaciones vegetales con mayor superficie dentro de la quebrada corresponden a los matorrales con 402,93 ha (julio) y 409,91 ha (octubre), lo que representa el 9,96% y 10,14% de la superficie total de la quebrada respectivamente. En menor proporción, se encuentran las formaciones boscosas con 9,34 ha (0,23% de la quebrada) y praderas con 0,48 ha (0,01% de la quebrada) en ambos periodos, que no han presentado variaciones. La mayor parte de la quebrada corresponde a zonas de vegetación escasa con 3.571,78 (88,49% de la quebrada) reportado en octubre 2023, cuya cobertura de especies vegetales es menor al 5%. El 1,3% de la superficie restante se divide en el área ocupada por la red vial (31,34 ha) y las zonas agrícolas, zonas pobladas, áreas intervenidas y el tranque de agua asociadas al pueblo de Camar (21,2) ha. El mapa de vegetación asociados a estas superficies para los periodos de julio y octubre 2023 se adjunta en el Anexo 4.

#### 5.3.1.2 Estado de vitalidad y sanitario

De las 75 observaciones de vegetación realizadas en el segundo semestre 2023 (julio y octubre), para julio la mayoría se ubicó en la categoría de vitalidad de crecimiento seco, concentrando el 42,67% de las muestras, equivalente a 32 descripciones de terreno, mientras que, en octubre, la mayoría se ubicó en la categoría de vitalidad de crecimiento normal, concentrando el 93,3%, equivalente a 70 descripciones de terreno. Con respecto a la categoría de vitalidad muy débil, en julio, se registró un 25,33% (19 muestras), mientras que en octubre no hay registros para dicha categoría; en la categoría débil y normal se observó un 16,0% en julio, al identificarse 12 muestras para cada una. Por último, para la categoría débil en octubre, se observó un 4,0% (3 muestras). En el mes de octubre dos descripciones de terreno no tuvieron registros, equivalente al 2,67%. Respecto al estado fitosanitario de los polígonos visitados, además de lo registrado respecto a la afectación antrópica y/o natural por daño animal (ver acápite 5.3.1.5), no se observan signos de otros tipos de daños.

Figura 5-25. Variación de la vitalidad en la vegetación de la Quebrada de Camar

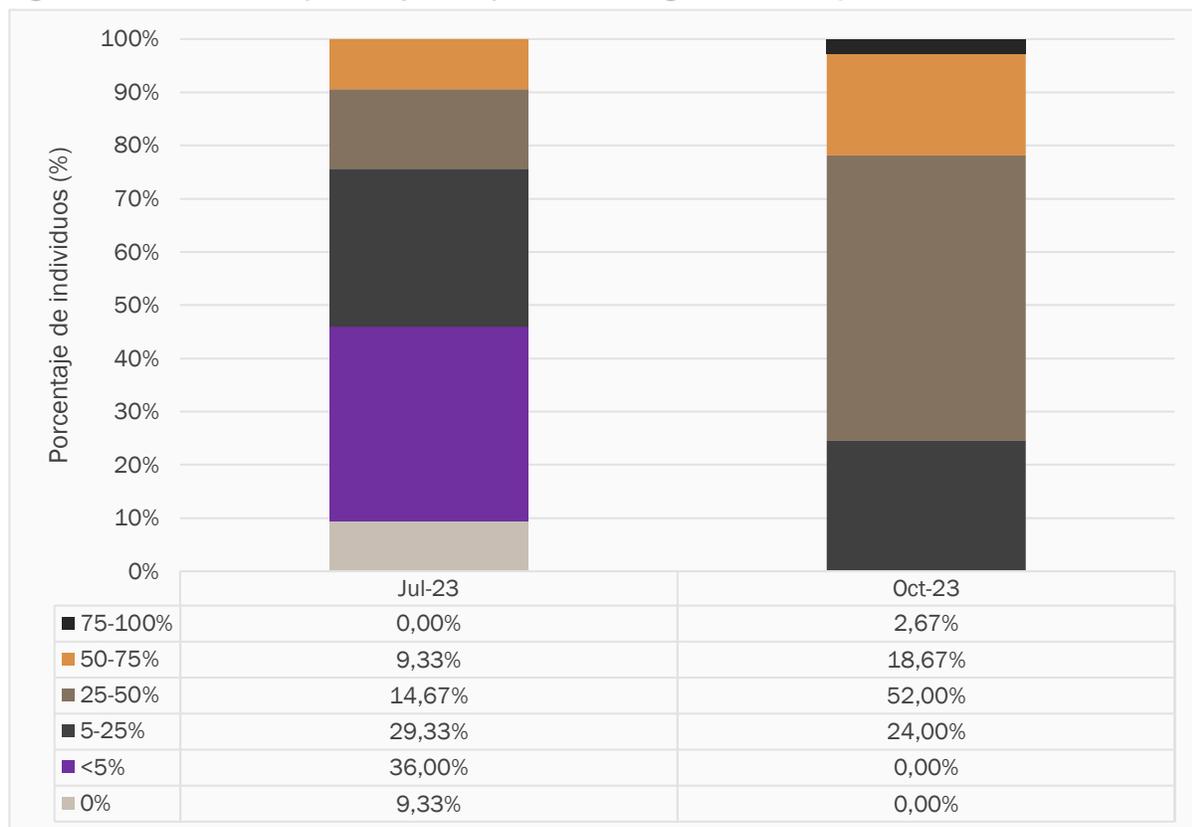


Fuente: Elaboración propia, 2023

### 5.3.1.3 Porcentaje copa viva

Los resultados del porcentaje de copa viva se presentan en la Figura 5-26. A nivel general, de las 75 descripciones de vegetación realizadas en julio 2023, el 36,00% de las muestras (27 unidades) presentan copa viva de <5%, mientras que, en octubre, esta categoría no presenta registros. Por otra parte, el 29,33% (22 unidades vegetacionales) se observó con copa viva entre 5-25% en julio, mientras que en abril este valor disminuye a 24,00% (18 unidades vegetacionales). El rango de copa viva entre 25-50% presentó un 14,67% (11 unidades) en el mes de julio, mientras que en octubre este valor aumenta a 52,00% (39 unidades). En la categoría 0% y 50-75% se observó un 9,33% (7 unidades) respectivamente en el mes de julio, mientras que en octubre para las mismas categorías se observó un 0% y 18,67% (14 unidades), respectivamente. Para la categoría 75-100% no se reportaron individuos en el mes de julio, mientras que en octubre se observó un 2,67% (2 unidades vegetacionales).

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

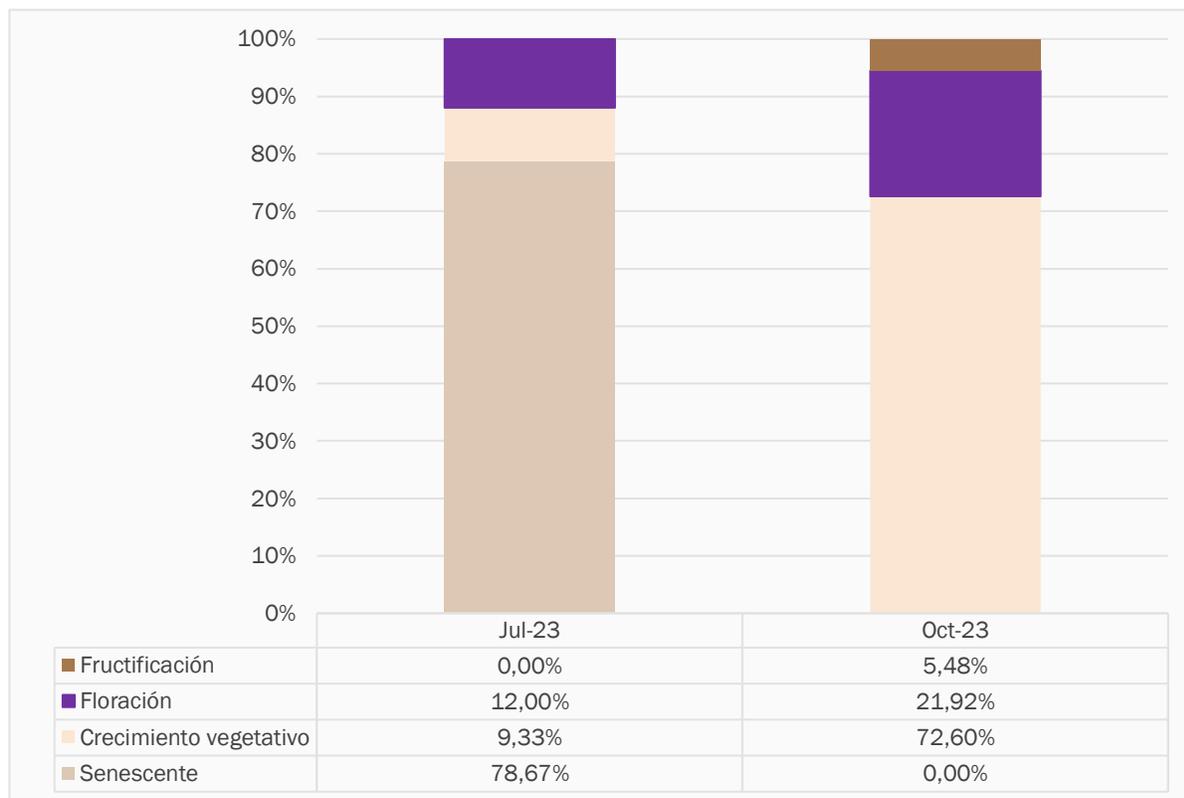


Fuente: Elaboración propia, 2023

### 5.3.1.4 Estado fenológico

La variación del estado fenológico de las 75 unidades vegetacionales descritas en julio y las 73 descritas en octubre 2023 se presentan en la Figura 5-27. Tal como se observa, la categoría senescente tuvo el porcentaje más alto en julio, con un 78,67%, equivalente a 59 unidades vegetacionales. En octubre, este valor disminuye a 0% ya que no se observaron registros. La categoría crecimiento vegetativo alcanzó un 9,33% (7 unidades) en julio, mientras que en octubre aumenta a 72,67% (53 unidades). La categoría floración presentó un 12,00% en julio, equivalente a 9 unidades, mientras que en octubre este valor aumenta a 21,92%, equivalente a 4 unidades. Finalmente, la categoría fructificación no presenta registros en julio, mientras que en octubre este valor aumenta a 5,58%, equivalente a 4 unidades.

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

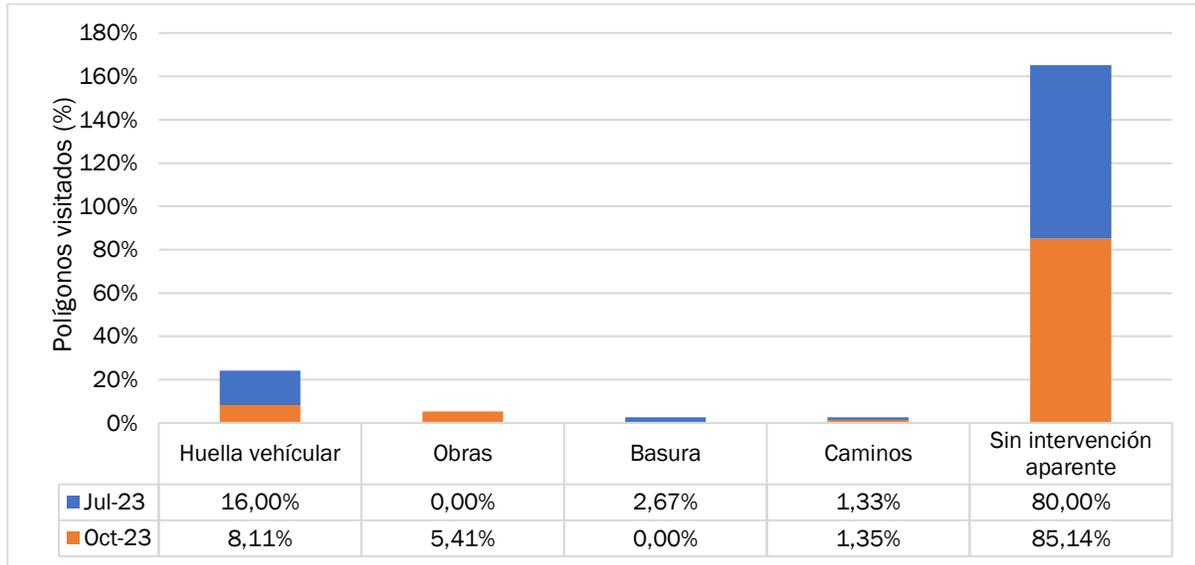


Fuente: Elaboración propia, 2023

### 5.3.1.5 Afectación antrópica y/o natural

Con respecto a la afectación antrópica sobre la vegetación dentro de la quebrada de Camar, de las 75 unidades vegetacionales (polígonos) visitadas en julio de 2023, se registraron signos de intervención antrópica en el 20,00% (15 polígonos). De éstos, el 16,00% (12 polígonos) se registraron con presencia de huellas vehiculares, el 2,67% (2 polígonos) se registró con presencia de basura, y el 1,33% (1 polígono) con signos de caminos. Por otra parte, en octubre 2023, también se registraron signos de intervención antrópica en el 14,86% de ellas (11 unidades vegetacionales). Dentro de los polígonos con daño antrópico (11), destaca la presencia de huellas vehiculares (8,11%; 6 polígonos), seguido por la presencia de obras, las que se presentan en el 5,41% del total (4 polígonos). Por último, se reporta la presencia de caminos (1,35%; 1 polígono) (Fotografía 5-2). Además, el número de polígonos sin intervención aparente aumentó en un 5,14% respecto a julio de 2023 (Figura 5-28).

Figura 5-28. Tipos de daño antrópico



Fuente: Elaboración propia, 2023

Fotografía 5-2. Registros fotográficos de presencia de huellas informales de camioneta y basura en el área de estudio



(Coordenadas UTM 595.111E - 7.408.017N)



(Coordenadas UTM 595.053E - 7.412.402N)

Fuente: Registro fotográfico en terreno, abril 2023

No se registraron en este período daños recientes asociados a tala, poda, extracción o descepado de individuos de especies vegetales dentro de la quebrada, así como plagas o patógenos. Sin embargo, cabe mencionar que existen signos antiguos de este tipo de intervención en algunos individuos de mayor tamaño de *Neltuma alba* ubicados en las proximidades de la ruta internacional.

## 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, también se pueden apreciar algunas áreas con formación de especies del género *Prosopis*<sup>19</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

Tal como se muestra en la Tabla 5-10, en el monitoreo de julio 2023 se registraron 11 taxa, siendo uno de ellos 1 taxa que no se había encontrado anteriormente en la quebrada dentro del contexto de la Acción 24 del Programa de Cumplimiento (PdC). El taxa corresponde a *Solanum chilense* y fue registrado en transecto. En el monitoreo de octubre 2023 se registraron 9 taxa.

Con lo mencionado anteriormente, respecto a los registros de julio 2023, se amplía la riqueza florística de la quebrada de 25 taxa en abril 2023 a 26 en julio y octubre 2023.

Tabla 5-10. Riqueza de especies presentes en el área de estudio

Nº	Nombre científico	Familia	Hábito de crecimiento	Origen	Julio 2023	Octubre 2023
1	<i>Adesmia atacamensis</i>	Fabaceae	Arbusto	Endémico	-	-
2	<i>Adesmia rahmeri</i>	Fabaceae	Hierba anual	Nativo	-	-
3	<i>Allionia incarnata</i> *	Nyctaginaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-
4	<i>Aloysia deserticola</i>	Verbenaceae	Arbusto	Nativo	X	X
5	<i>Ambrosia artemisioides</i>	Asteraceae	Arbusto	Nativo	-	-
6	<i>Atriplex atacamensis</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Endémico	X	X
7	<i>Atriplex imbricata</i> var. <i>imbricata</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Nativo	X	X
8	<i>Cistanthe amarantoides</i> *	Montiaceae	Hierba perenne	Endémico	-	-
9	<i>Cistanthe celosioides</i>	Montiaceae	Hierba anual	Nativo	-	-
10	<i>Cistanthe salsoloides</i>	Montiaceae	Hierba anual	Nativo	X	-
11	<i>Cristaria dissecta</i> *	Malvaceae	Hierba anual	Nativo	-	-
12	<i>Distichlis spicata</i>	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X
13	<i>Ephedra multiflora</i>	Ephedraceae	Arbusto	Nativo	X	X

<sup>19</sup> Desintegración del género en *Neltuma*, *Strambocarpa* y *Prosopis* en 2022.

Tabla 5-10. Riqueza de especies presentes en el área de estudio

Nº	Nombre científico	Familia	Hábito de crecimiento	Origen	Julio 2023	Octubre 2023
14	<i>Euphorbia amandi*</i>	Euphorbiaceae	Hierba anual	Nativo	-	-
15	<i>Exodeconus integrifolius</i>	Solanaceae	Hierba anual	Nativo	-	-
16	<i>Hoffmannseggia doellii</i>	Fabaceae	Hierba perenne	Endémico	-	-
17	<i>Lupinus oreophilus</i>	Fabaceae	Hierba perenne	Endémico	-	-
18	<i>Neltuma alba</i>	Fabaceae	Árbol	Nativo	X	X
19	<i>Phragmites australis</i>	Poaceae	Hierba perenne	Introducido	-	-
20	<i>Solanum chilense</i>	Solanaceae	Hierba perenne	Endémico	X	-
21	<i>Strombocarpa tamarugo</i>	Fabaceae	Árbol	Endémico	X	X
22	<i>Tarasa operculata</i>	Malvaceae	Arbusto	Nativo	-	-
23	<i>Tessaria absinthioides</i>	Asteraceae	Arbusto	Nativo	X	X
24	<i>Tiquillia atacamensis</i>	Boraginaceae	Arbusto	Endémico	X	X
25	<i>Tribulus terrestris</i>	Zygophyllaceae	Hierba anual	Introducido	-	-
26	<i>Urmenetea atacamensis</i>	Asteraceae	Hierba perenne	Nativo	-	-
Riqueza dentro de los puntos de muestreo					11	9
Riqueza fuera de los puntos de muestreo					-	-
Riqueza total					11	9

(x) = Presencia de la especie; (-) = Ausencia de la especie.

Fuente: Elaboración propia, 2023

### 5.3.2.2 Abundancia

En la Tabla 5-11 se presenta la frecuencia de las especies registradas en julio y octubre 2023, de acuerdo con la cantidad de puntos de monitoreo donde apareció cada taxa. La especie más frecuente en ambos trimestres fue *Tessaria absinthioides* presente en 54 puntos de monitoreo en julio y 57 puntos en octubre. Esto corresponde al 8,41% y 12,80% del total de puntos de muestreo respectivamente. En menor medida se registró *Tiquillia atacamensis* presente en 24 puntos de monitoreo (1,45% del total) en julio y 19 puntos (1,50% del total de puntos) en octubre. La especie *Atriplex atacamensis* se registró en 21 puntos de monitoreo (1,73% del total) en julio y en 22 puntos (2,97% del total) en octubre. Por último, la especie *Aloysia deserticola* se registró en 7 puntos de monitoreo (0,63% del total) en julio y en 11 puntos (0,91% del total) en octubre.

Tabla 5-1.1. frecuencia de las especies registradas en julio y octubre 2023

N°	Especie	Julio 2023		Octubre 2023	
		N° de puntos de muestreo	% del total de puntos de muestreo	N° de puntos de muestreo	% del total de puntos de muestreo
1	<i>Adesmia sp.</i>	0	0,00%	0	0,00%
2	<i>Aloysia deserticola</i>	7	0,63%	11	0,91%
3	<i>Atriplex atacamensis</i>	21	1,73%	22	2,97%
4	<i>Atriplex imbricata</i>	3	0,02%	5	0,03%
5	<i>Cistanthe salsoloides</i>	1	0,08%	0	0,00%
6	<i>Distichlis spicata</i>	19	0,54%	23	0,70%
7	<i>Ephedra multiflora</i>	1	0,00%	3	0,07%
8	<i>Exodeconus integrifolius</i>	0	0,00%	0	0,00%
9	<i>Phragmites australis</i>	0	0,00%	0	0,00%
10	<i>Solanum chilense</i>	1	0,03%	0	0,00%
11	<i>Tarasa operculata</i>	0	0,00%	0	0,00%
12	<i>Tessaria absinthioides</i>	54	8,41%	57	12,80%
13	<i>Tiquilia atacamensis</i>	24	1,45%	19	1,50%
14	<i>Tribulus terrestris</i>	0	0,00%	0	0,00%

Fuente: Elaboración propia, 2023 Parámetros del suelo

## 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 muestrean mensualmente 40 puntos (ver Tabla 4-19).

De acuerdo con los análisis de laboratorio realizados por la Entidad Técnico Fiscalizadora “ALS Life Sciences Chile” (código ETF A 029-03), los resultados del monitoreo del segundo semestre 2023 no indican tendencias marcadas de mayores CHS ni al oeste ni al este de la quebrada (Figura 5-29). Sin embargo, se observan diferencias de promedios entre puntos con y sin sistema de riego. En general, el CHS da cuenta de un promedio semestral del  $0,99\% \pm 0,41\%$ . El valor máximo fue registrado en el punto C19 el cual registró un CHS de 8,29% en el mes de agosto, mientras que el valor mínimo (CHS = 0,00%) fue registrado en los puntos C72, D14, D10 y A33 en el mes de noviembre, y en los puntos C41 y C45 en diciembre. Cabe destacar que el punto A33 cuenta con riego. Los resultados del laboratorio se adjuntan en Anexo 5.

Tal como se observa en la Figura 5-29, donde se registran los valores mensuales de CHS, los resultados del monitoreo de julio 2023 indican registran el mayor promedio del semestre,  $1,54\% \pm 1,46\%$ , mientras los

resultados de agosto 2023 indica un promedio de  $1,51\% \pm 1,60\%$ . Septiembre y octubre 2023 registran un promedio de  $1,16\%$  y  $0,90\%$  respectivamente, con desviaciones estándares de  $1,33\%$  y  $1,40\%$ . El mes de noviembre registra un promedio de  $0,65\% \pm 1,08\%$ , siendo también, la muestra más heterogénea. Por último, el mes de diciembre registra el promedio más bajo de la muestra, de  $0,21\% \pm 0,47\%$ , con valores considerablemente homogéneos, que van del mínimo de  $0,00\%$  (C41 y C45) hasta el máximo de  $2,35\%$  (C15).

Figura 5-29. Contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) en la quebrada de Camar – Segundo semestre 2023

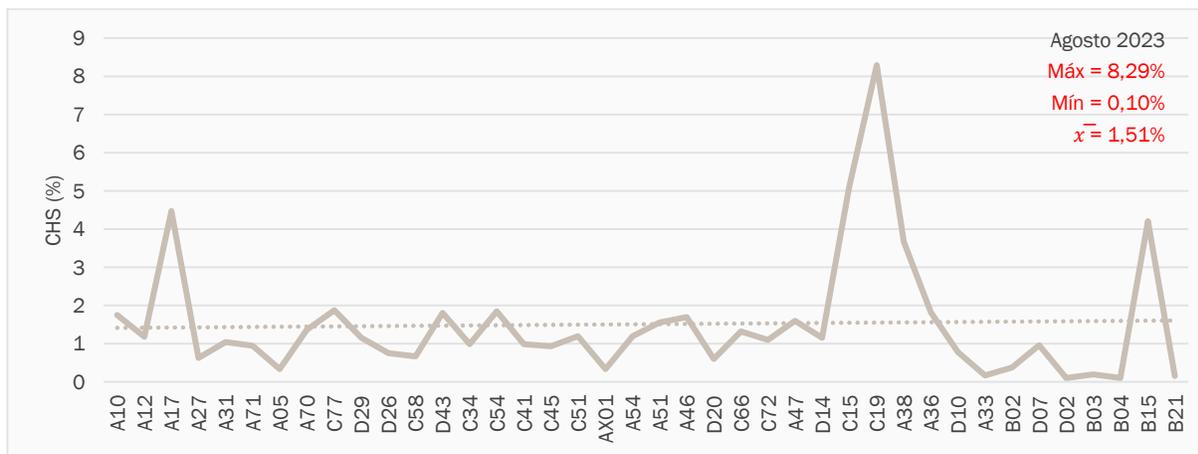
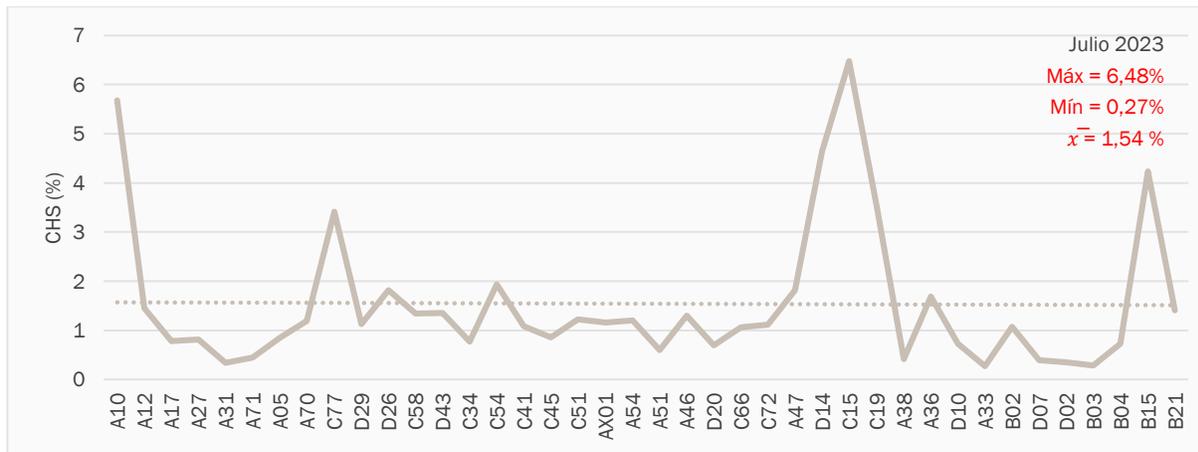


Figura 5-29. Contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) en la quebrada de Camar – Segundo semestre 2023

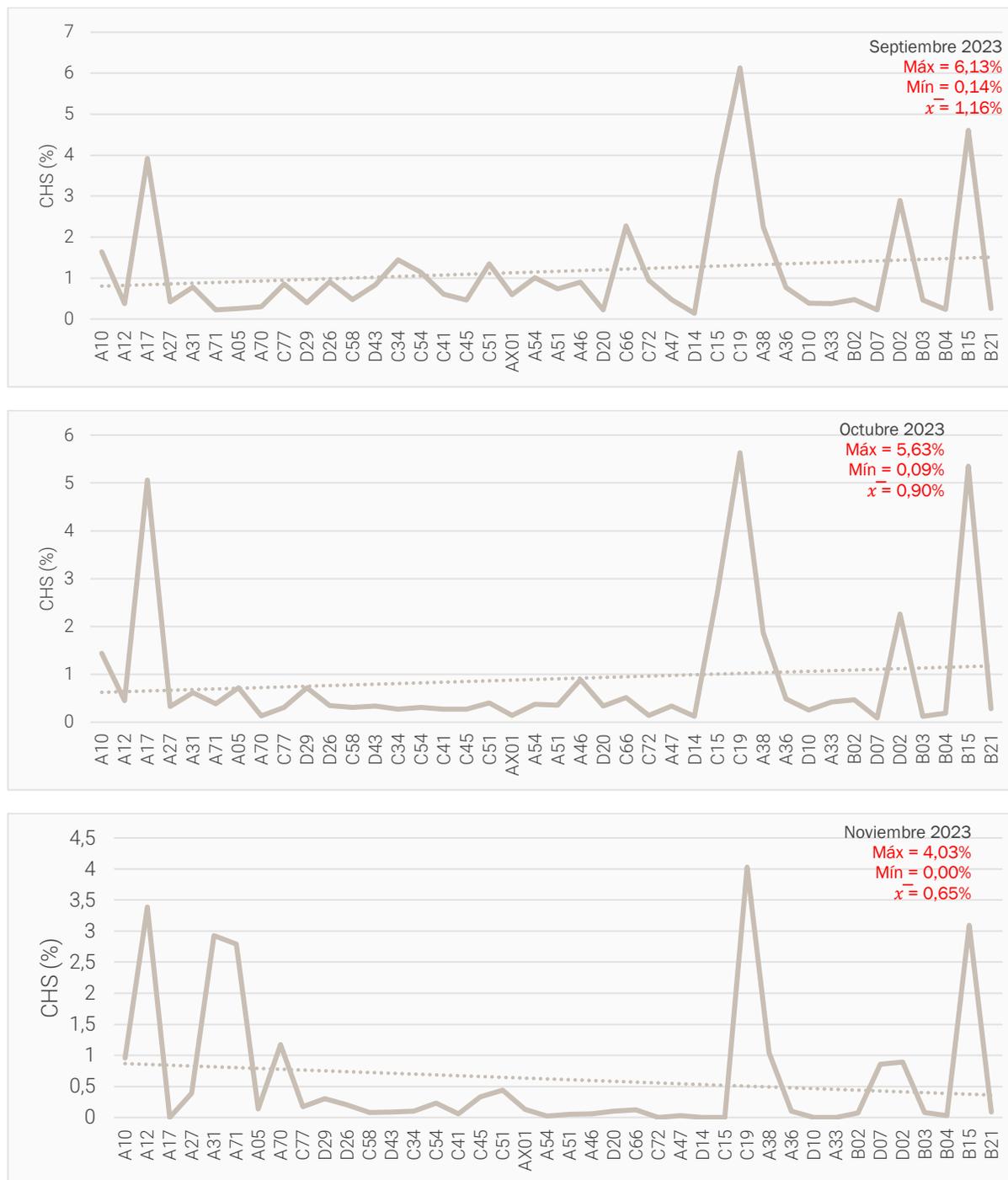
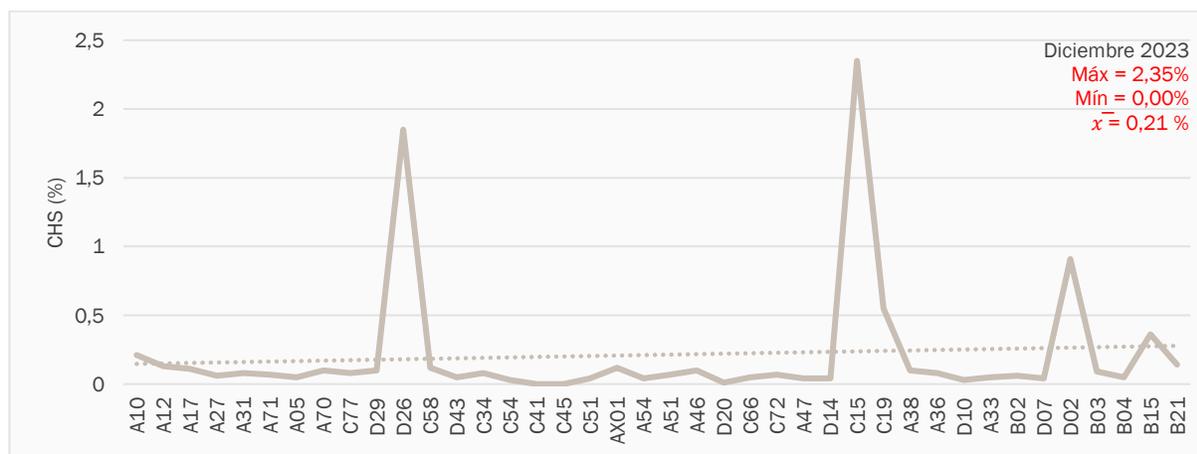


Figura 5-29. Contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) en la quebrada de Camar – Segundo semestre 2023



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

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que en noviembre 2022 se implementó la Acción 28 de Plan 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 5-12 y en la Figura 5-30, 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, se puede ver que el valor máximo en el mes de agosto, en el individuo C-19 (8,29% de CHS respectivamente). Estos valores se encuentran muy alejados del promedio y no representan el comportamiento general de los demás individuos, cuyos valores de CHS se mantienen estables o van disminuyendo conforme avanza el segundo semestre. En todos los casos, los individuos con riego presentaron mayor CHS que los sin riego.

Tabla 5-12. CHS en individuos de Neltuma alba con y sin sistema de riego

Individuo	Sistema	UTM_E	UTM_N	jul-23	ago-23	sept-23	oct-23	nov-23	dic-23
A12	Con riego	597.220	7.409.970	1,45	1,18	0,38	0,45	3,39	0,13
A17	Con riego	597.603	7.409.916	0,78	4,47	3,92	5,06	-	0,11
A31	Con riego	597.789	7.409.950	0,34	1,04	0,78	0,62	2,93	0,08
A33	Con riego	598.756	7.409.890	0,27	0,17	0,38	0,42	0	0,05
A36	Con riego	598.727	7.409.760	1,69	1,82	0,77	0,49	0,1	0,08
A38	Con riego	598.674	7.409.690	0,41	3,67	2,25	1,87	1,04	0,1
A46	Con riego	598.490	7.409.730	1,3	1,69	0,9	0,89	0,06	0,1
A47	Con riego	598.580	7.409.760	1,82	1,6	0,47	0,34	0,03	0,04
C15	Con riego	598.603	7.409.690	6,48	5,1	3,48	2,68	-	2,35

Tabla 5-12. CHS en individuos de Neltuma alba con y sin sistema de riego

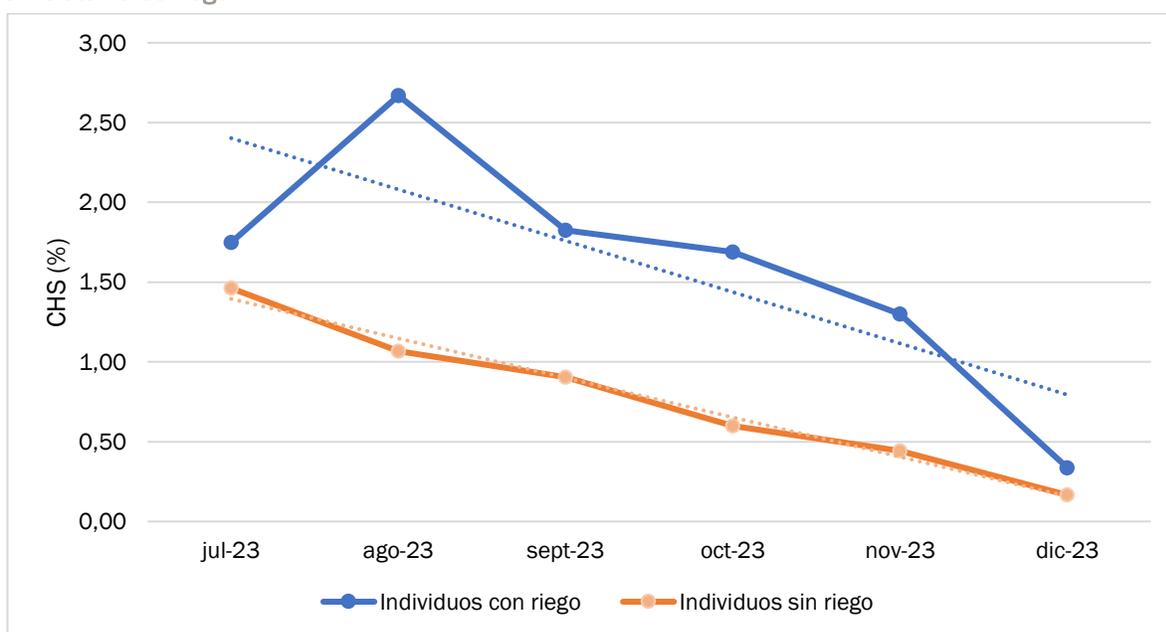
Individuo	Sistema	UTM_E	UTM_N	jul-23	ago-23	sept-23	oct-23	nov-23	dic-23
C19	Con riego	598.630	7.409.700	3,52	8,29	6,13	5,63	4,03	0,55
AX01	Con riego	598.302	7.409.800	1,16	0,33	0,6	0,14	0,13	0,12
A05	Sin riego	598.000	7.409.770	0,85	0,33	0,26	0,72	0,14	0,05
A10	Sin riego	597.084	7.409.690	5,68	1,75	1,64	1,44	0,96	0,21
A27	Sin riego	597.676	7.409.910	0,81	0,62	0,42	0,33	0,39	0,06
A51	Sin riego	598.486	7.409.650	0,6	1,56	0,74	0,36	0,05	0,07
A54	Sin riego	598.413	7.409.640	1,2	1,19	1,01	0,37	0,02	0,04
A70	Sin riego	598.021	7.409.880	1,19	1,36	0,3	0,13	1,17	0,1
A71	Sin riego	597.816	7.409.790	0,45	0,95	0,23	0,38	2,79	0,07
B02	Sin riego	599.016	7.409.890	1,07	0,37	0,48	0,47	0,07	0,06
B03	Sin riego	599.710	7.409.940	0,28	0,2	0,46	0,12	0,08	0,09
B04	Sin riego	600.761	7.410.290	0,73	0,1	0,24	0,19	0,03	0,05
B15	Sin riego	601.710	7.410.670	4,23	4,2	4,61	5,35	3,09	0,36
B21	Sin riego	602.313	7.411.000	1,41	0,15	0,26	0,28	0,09	0,14
C34	Sin riego	598.117	7.409.480	0,77	0,98	1,45	0,27	0,1	0,08
C41	Sin riego	598.133	7.409.490	1,08	0,98	0,61	0,27	0,06	0
C45	Sin riego	598.150	7.409.470	0,86	0,93	0,46	0,27	0,33	0
C51	Sin riego	598.156	7.409.530	1,22	1,2	1,35	0,4	0,44	0,04
C54	Sin riego	598.131	7.409.520	1,94	1,84	1,14	0,31	0,23	0,03
C58	Sin riego	598.113	7.409.510	1,34	0,66	0,47	0,31	0,08	0,12
C66	Sin riego	598.557	7.409.720	1,06	1,32	2,27	0,51	0,12	0,05
C72	Sin riego	598.575	7.409.720	1,11	1,09	0,94	0,14	0	0,07
C77	Sin riego	598.102	7.409.488	3,41	1,88	0,86	0,31	0,17	0,08
D02	Sin riego	599.297	7.409.920	0,35	0,1	2,9	2,26	0,89	0,91
D07	Sin riego	599.227	7.410.000	0,39	0,96	0,23	0,09	0,86	0,04
D10	Sin riego	598.731	7.409.610	0,73	0,78	0,39	0,25	0	0,03
D14	Sin riego	598.603	7.409.720	4,65	1,15	0,14	0,12	0	0,04
D20	Sin riego	598.550	7.409.620	0,69	0,6	0,22	0,34	0,1	0,01
D26	Sin riego	598.113	7.409.460	1,82	0,75	0,91	0,35	0,2	1,85
D29	Sin riego	598.107	7.409.900	1,13	1,15	0,4	0,72	0,3	0,1
D43	Sin riego	598.117	7.410.210	1,35	1,81	0,83	0,34	0,09	0,05

-. Los valores con "-" fueron excluidos de los datos debido a que se trata de outliers. Corresponden a los individuos A-17 y C-15, con CHS registrados de 32,42% y 29,65% respectivamente.

Fuente: elaboración propia

La Figura 5-30 muestra los valores 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) en el tiempo, donde se observa que el promedio máximo alcanzado en los individuos con riego se reportó en agosto 2023 (2,67% de CHS) y el promedio máximo en los individuos sin riego se reportó en julio 2023 (1,46% de CHS). En agosto el promedio disminuyó respecto al mes de julio 2023 con un diferencial de 0,92% en los individuos con riego. Los individuos con riego presentan un CHS decreciente conforme avanza el semestre, registrando el máximo valor en agosto, y el mínimo en diciembre (0,34%). Por su parte, el promedio de los individuos sin sistema de riego disminuye de manera constante a medida avanza el semestre, con su máximo valor en julio (1,46%) y su mínimo en diciembre (0,17%). En todos los meses, el CHS promedio fue mayor en los individuos con riego.

Figura 5-30. Variación mensual del contenido de humedad del suelo en individuos de *Neltuma alba* con y sin sistema de riego



Fuente: Elaboración propia

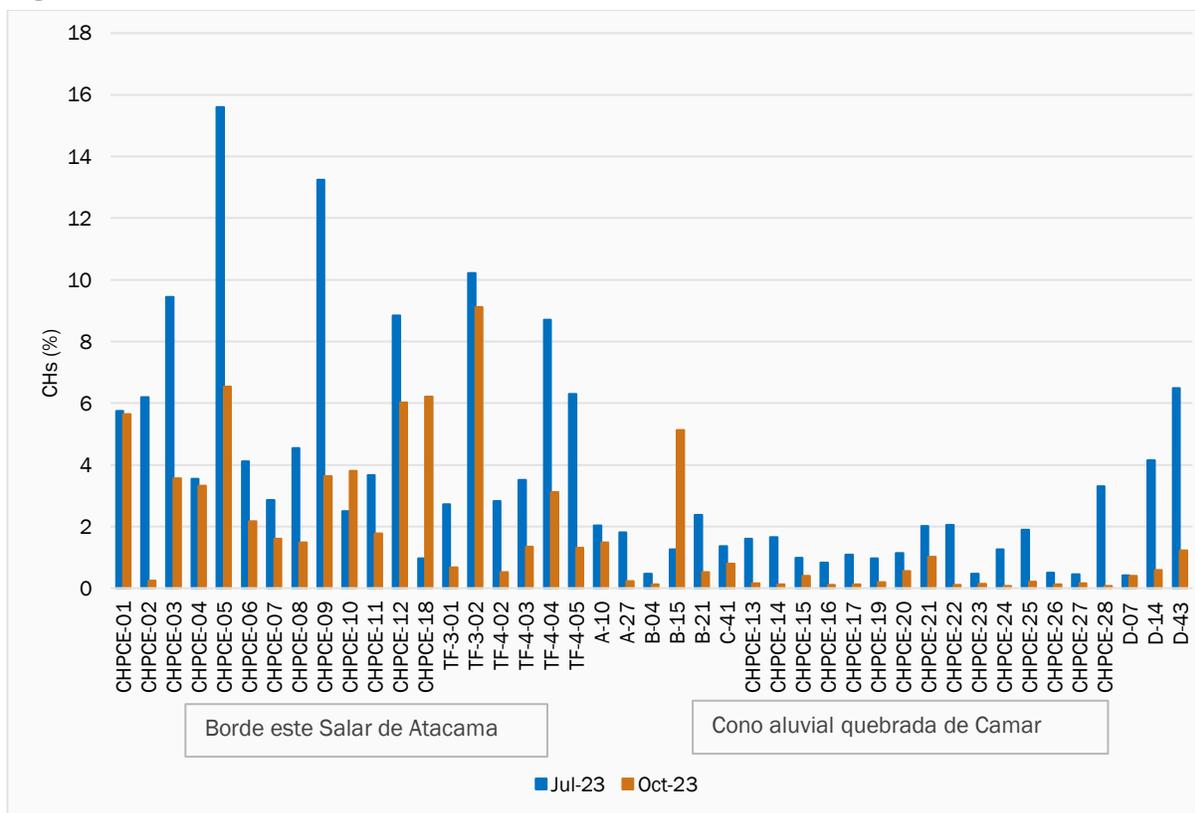
## 5.4.2 Monitoreo trimestral de CHS, pH y CE

### 5.4.2.1 Contenido de humedad

Los resultados asociados al total de puntos de medición de contenido de humedad del suelo (43) se muestran en la Figura 5-31. Tal como se observa, los valores de CHS disminuyeron en octubre 2023 con respecto a lo reportado en julio 2023. Existe un aumento en el CHS en el 97,67% de los puntos respecto al mes de enero de 2023. El promedio de contenido de humedad de suelo en los puntos del Borde Este del salar pasó de 6,08% (julio de 2023) a 3,37% (octubre de 2023). Por otra parte, el promedio de contenido de humedad de suelo en los puntos del cono aluvial pasó de 1,69% (julio de 2023) a 0,59% (octubre de 2023). Esta

considerable diferencia probablemente se relacione directamente con la inexistencia de precipitaciones entre julio y octubre<sup>20</sup>.

Figura 5-31. Variación mensual del contenido de humedad del suelo en la Quebrada de Camar



Fuente: Elaboración propia

### 5.4.2.2 pH del sustrato

Los resultados asociados al pH del sustrato correspondientes a los trimestres de julio y octubre se presentan en la Tabla 5-13. Al respecto, los datos del trimestre de julio 2023 indican que los suelos de la quebrada de Camar poseen valores de pH que van de 8 (moderadamente alcalino) a 10 (muy fuerte alcalino). Además, la mayoría de los puntos monitoreados se registraron como fuertemente alcalino (69,77%), mientras que el resto de los resultados se dividen en moderadamente alcalinos (23,26%) y muy fuertemente alcalino (6,98%). Por otro lado, los resultados correspondientes al trimestre de octubre 2023 indican que los suelos de la quebrada de Camar poseen valores de pH que van de 8,20 (moderadamente alcalino) a 9,50 (muy fuerte alcalino). Más de la mitad de los puntos monitoreados se registraron como fuertemente alcalino (58,14%), mientras que el resto de los resultados se dividen en moderadamente alcalinos (6,98%) y muy fuertemente

<sup>20</sup> SQM en línea <https://www.sqmsenlinea.com/meteorology> y Red Agrometeorológica de INIA. Estación Camar, San Pedro de Atacama. <https://www.agrometeorología.cl>

alcalino (34,88%). Información más detallada se presenta en el Anexo 7, donde se incluyen los certificados del laboratorio ETFA.

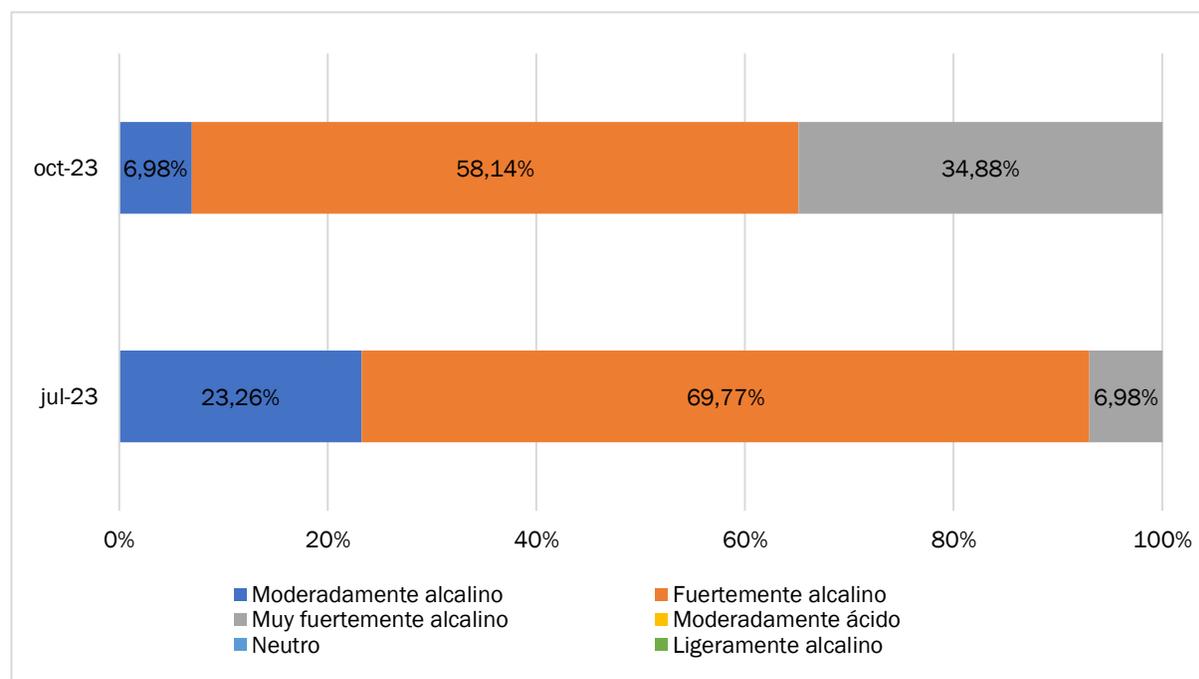
Tabla 5-13. Resultados de pH del suelo

Categorías de pH	pH	Julio 2023 (%)	Octubre 2023 (%)
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	-	-
Moderadamente alcalino	7,9 – 8,4	23,26%	6,98%
Fuertemente alcalino	8,5 – 9,0	69,77%	58,14%
Muy fuertemente alcalino	> 9,0	6,98%	34,88%
<b>Total</b>		<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>

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

Fuente: Schoeneberger et al., 2002

Figura 5-32. Proporción de puntos de monitoreo por categoría de pH del sustrato



Fuente: Elaboración propia

### 5.4.2.3 Salinidad del sustrato

Los resultados asociados a la conductividad eléctrica y salinidad del suelo se muestran en la Tabla 5-14 y Figura 5-33. Al respecto se observa una variación en la proporción de puntos de monitoreo de conductividad eléctrica y grado de salinidad entre lo reportado en julio y octubre 2023. Existe un aumento de 27,91% en los puntos que se categorizaron como fuertemente salinos, pasando de cero a doce puntos entre julio 2023 a octubre 2023. La categoría “moderadamente salino” también aumentó entre julio y octubre 2023, pasando de cero puntos en julio, a tres puntos en octubre (6,68% del total). La categoría “ligeramente salino” disminuyó, pasando de tres puntos en julio, a un punto en octubre, lo que equivale a una disminución del 4,65%. La categoría muy “ligeramente salino” no presentó registros en ninguno de los dos trimestres. Por último, la categoría con la mayor variación en el período descrito corresponde a la no salino, que pasó de cuarenta puntos en julio, a veintisiete puntos en octubre, lo que equivale a una disminución del 30,23% del total de puntos.

Con respecto a la ubicación de los puntos, las categorías “fuertemente salino” y “moderadamente salino” se encuentran en su totalidad en el sector del Borde este. Por otro lado, las categorías “ligeramente salino” y “no salino” se encuentran distribuidas mayoritariamente en el sector del cono aluvial (55,81% del total de puntos) y en menor medida, en el borde este (44,19% del total de puntos).

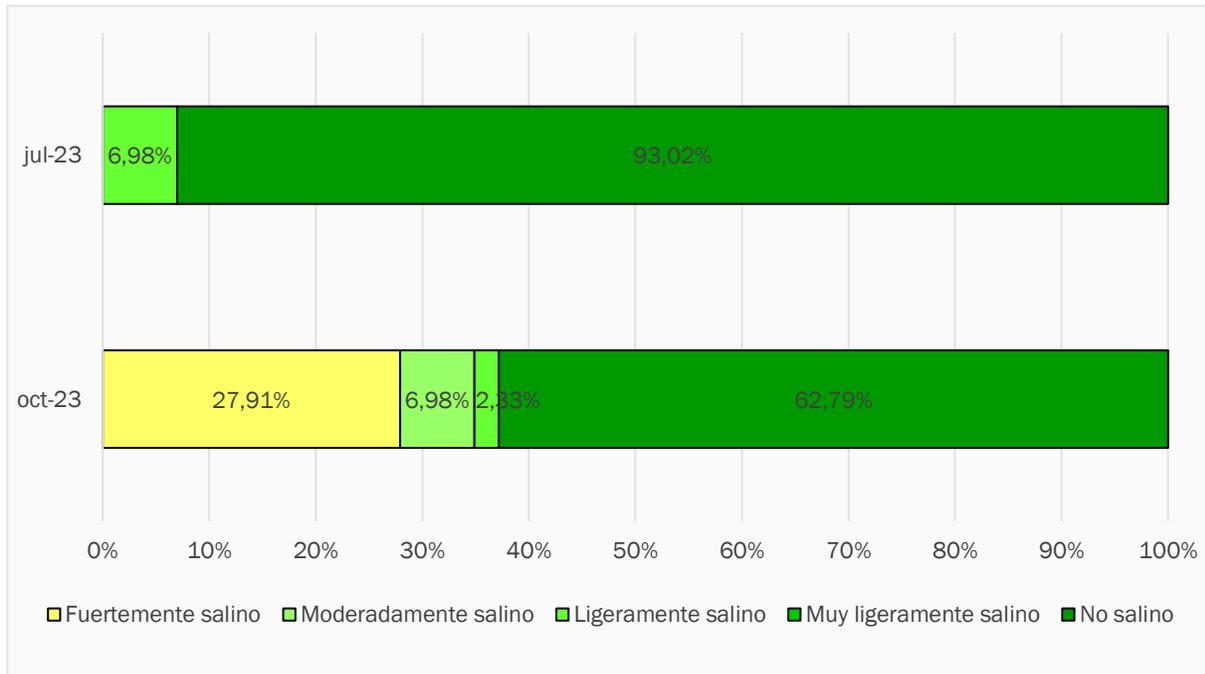
**Tabla 5-14. Resultados de conductividad eléctrica del suelo**

Categorías de salinidad	Conductividad eléctrica (dS/m)	Julio 2023 (%)	Octubre 2023 (%)
No salino	0 - 0,98	62,79%	93,02%
Muy ligeramente salino	0,98 - 1,71	0,00%	0,00%
Ligeramente salino	1,71 - 3,16	2,33%	6,98%
Moderadamente salino	3,16 - 6,07	6,98%	0,00%
Fuertemente salino	> 6,07	27,91%	0,00%
<b>Total</b>		<b>100%</b>	<b>100%</b>

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

Fuente: USDA NRCS, 2001

Figura 5-33. Proporción de puntos de monitoreo por categoría de salinidad del sustrato



Fuente: Elaboración propia

Para mayor detalle, en Anexo 7 se presentan los informes de laboratorio ETFA.

## 6 Discusiones

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

A la fecha de diciembre de 2023, entre todas las series monitoreadas, existe un acumulado de 95 ejemplares desaparecidos o desprendidos. De estos, 12 fueron desprendidos por aluviones en temporadas previas al 2019 (Serie A). A lo anterior, se suman eventos de escorrentías luego de las precipitaciones registradas en los meses de febrero y marzo 2023<sup>21</sup>. Estos eventos causaron la desaparición de al menos 13 individuos en abril 2023<sup>22</sup>. El resto de los ejemplares se desconoce la causa exacta de su desaparición, aludiendo posiblemente a condiciones climáticas (viento, movimientos de arenas), desprendimientos por acción de animales (ramoneo) y/o humanos.

A la fecha (diciembre de 2023) se han identificado 16 individuos correspondientes a regeneración 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 e individuos de *P. tamarugo* son excluidos de los análisis. De esta forma, se analizan los resultados de los 339 ejemplares que se encuentran en pie hasta la fecha (diciembre 2023).

#### 6.1.1 Vitalidad

Respecto a la variación histórica (enero 2022 a diciembre 2023) en la vitalidad de la serie A, la categoría Seco registra un promedio de  $49,95\% \pm 8,18\%$ , mientras que el valor máximo se reportó en septiembre 2022 con un  $72,58\%$  (45 individuos) (ver Figura 6-1). La categoría Normal obtuvo un promedio de  $28,41\% \pm 16,07\%$ , registrando el valor máximo en mayo 2023 con un  $50,00\%$  (30 individuos). Lo anterior indica un aumento de individuos en categoría respecto al primer semestre de 2023 en un  $4,08\%$ . La categoría Débil alcanzó un promedio de  $12,38\% \pm 6,55\%$ , obteniendo el valor máximo en septiembre 2023 con un  $30,00\%$  (18 individuos). La categoría Muy débil reporta un promedio de  $7,16\% \pm 7,32\%$ , con un valor máximo registrado en febrero 2022 con un  $22,58\%$  (14 individuos). Finalmente, la categoría Excepcionalmente vigoroso reporta un promedio de  $2,10\% \pm 3,74\%$  y el valor máximo se registró en enero 2022 con un  $13,73\%$  (7 individuos).

---

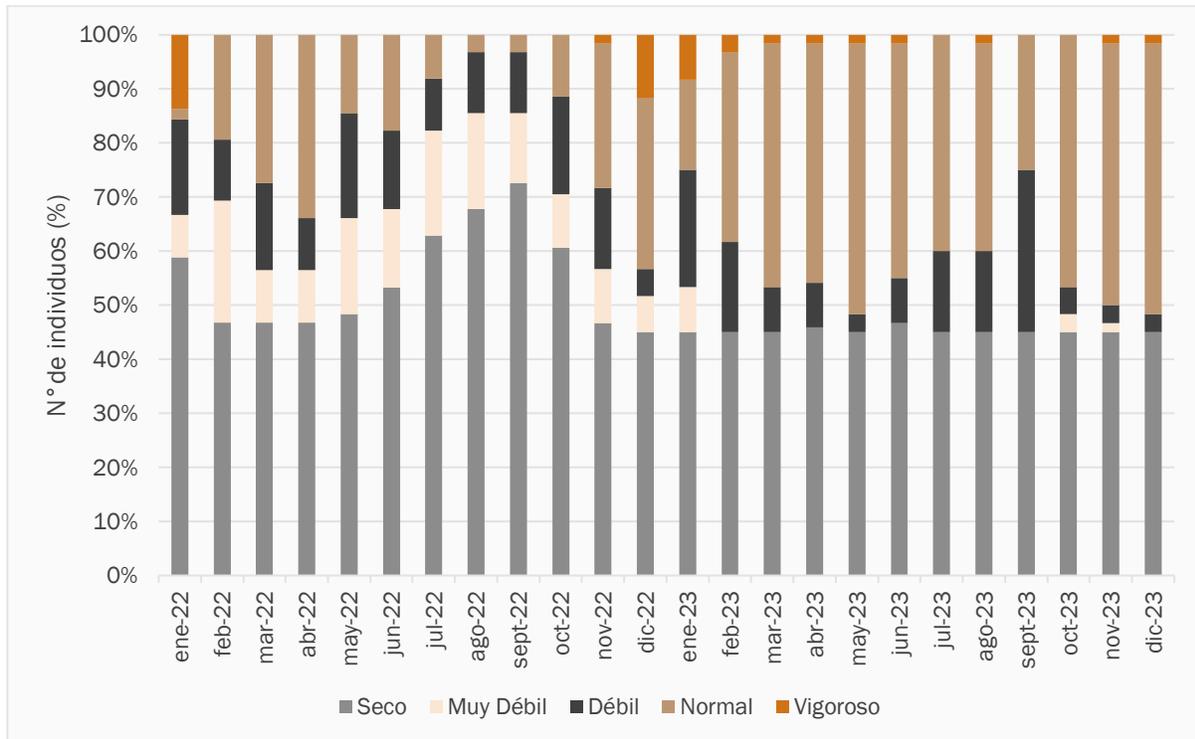
<sup>21</sup> SQM en línea, <https://www.sqmsenlinea.com/meteorology> y Red Agrometeorológica de INIA. Estación Camar, San Pedro de Atacama. [www.agrometeorologia.cl](http://www.agrometeorologia.cl)

<sup>22</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.

Al comparar los resultados del segundo semestre 2023 con los obtenidos en el segundo semestre 2022, se observa una disminución en el número de individuos en categoría Seco, Muy débil y Excepcionalmente vigoroso en un 14,26%, 11,92% y 1,39% respectivamente. Además, el porcentaje de individuos en categoría Normal registra un aumento en un 27,33%.

En el caso de los individuos en estado Seco, los registros históricos de la serie A reflejan una tendencia al aumento en el número de individuos secos con el pasar de los años (Coeficiente de determinación  $R^2 = 0,81$ ), alcanzando un máximo de 30 individuos entre los años 2020 y 2022 (Informe PSAB, 2023). Sin embargo, durante el 2023, se observó el desprendimiento de dos (2) individuos secos, y el número de individuos Secos se ha mantenido sin mayores variaciones durante el período (julio a diciembre 2023) en torno a los 27 individuos. En el caso del aumento de los individuos en categoría Normal, esto podría relacionarse directamente con los individuos que poseen sistema de riego, los cuales se encuentran mayoritariamente con vitalidad Normal durante todo el período (desde octubre a diciembre 2023, el 100% de los individuos de la serie A con sistema de riego<sup>23</sup> (9) se registra en estado vital Normal).

Figura 6-1. Variación histórica de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie A



Fuente: Elaboración propia

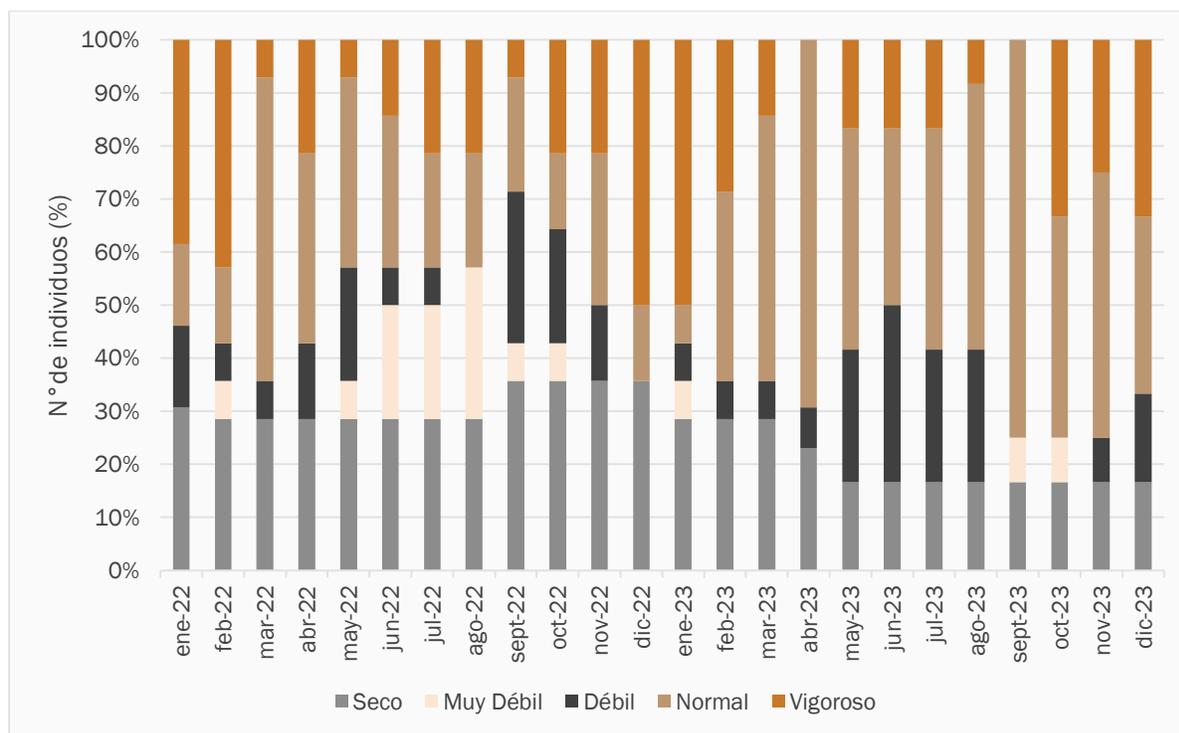
Tal como se muestra en la Figura 6-2, respecto a la variación histórica (enero 2022 a diciembre 2023) en la vitalidad de la serie B, la categoría Normal registra un promedio de  $34,87\% \pm 17,64\%$  y el valor máximo se

<sup>23</sup> Los individuos de la serie A con sistema de riego son: A-12, A-17, A-31, A-33, A-36, A-38, A-46, A-47, AX-01. Para más información de los individuos, consultar Anexo 01.

observó en septiembre 2023 con un 75,00% (9 individuos). Lo anterior indica un aumento de individuos en categoría Normal respecto al primer semestre de 2023 en un 4,87%, situación similar a lo que ocurre en la serie A. La categoría Seco registra un promedio de  $25,66\% \pm 7,13\%$ , mientras que el valor máximo se reportó en septiembre 2022, (al igual que en la serie A), con un valor de 35,71% (5 individuos). La categoría Excepcionalmente vigoroso reporta un promedio de  $21,54\% \pm 14,14\%$  y el valor máximo se registró en enero 2023 con un 50,00% (7 individuos). La categoría Débil acumula un promedio de  $12,77\% \pm 9,82\%$ , con un valor máximo reportado en junio 2023 con un 33,33% (4 individuos). Finalmente, la categoría Muy débil reporta un promedio de  $5,16\% \pm 8,05\%$  y el valor máximo se observó en agosto 2022 con un 28,57% (4 individuos).

Al comparar los resultados del segundo semestre 2023 con los obtenidos en el segundo semestre 2022, se observa una disminución en el número de individuos en categoría Seco, Muy débil y Excepcionalmente vigoroso en un 16,67%, 7,94% y 4,37% respectivamente. Además, el porcentaje de individuos en categoría Normal registra un aumento en un 28,37%.

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



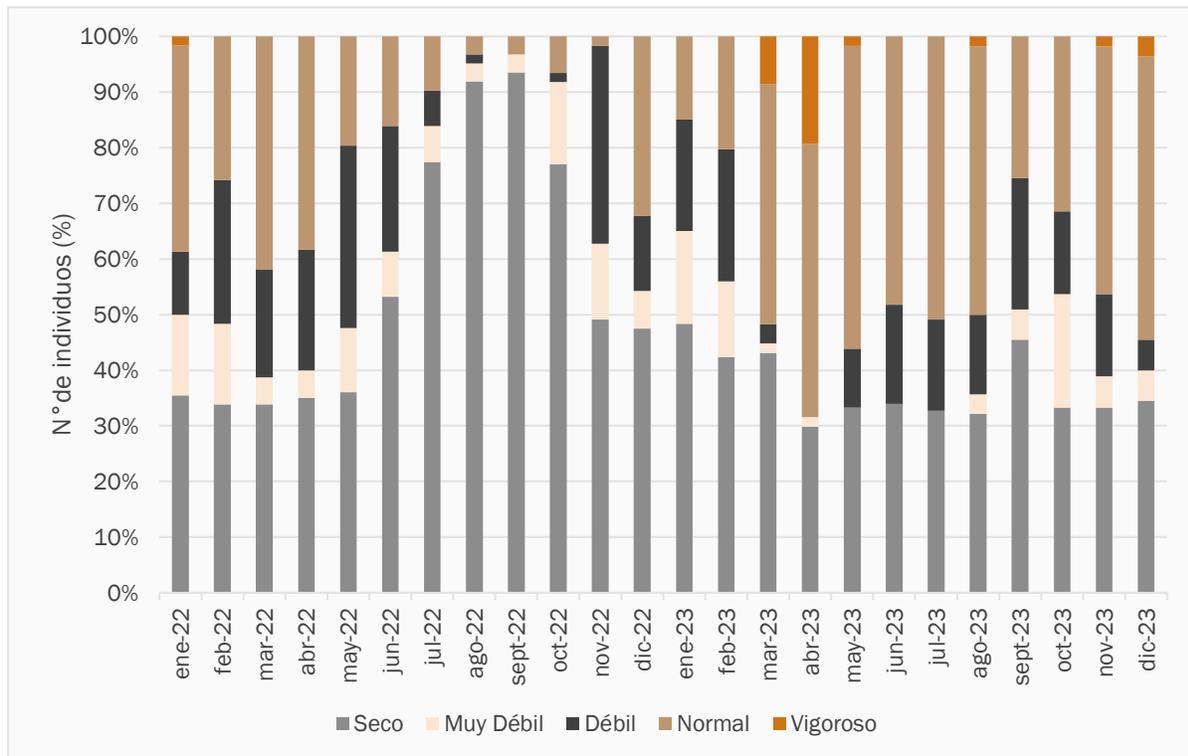
Fuente: Elaboración propia

Respecto a la variación histórica (enero 2022 a diciembre 2023) en la vitalidad de la serie C, la categoría Seco obtuvo un promedio de  $46,10\% \pm 19,14\%$ , mientras que el valor máximo se reportó en septiembre 2022, con un valor de 93,55% (58 individuos). La categoría Normal alcanzó un promedio de  $29,87\% \pm 17,58\%$  y el valor máximo se observó en mayo 2023 con un 54,39% (31 individuos). Al igual que en las series A y B, en la serie C también se observa un aumento de individuos en categoría Normal respecto al primer semestre de 2023 en un 4,00%. Luego, la categoría Débil reporta un promedio de  $14,88\% \pm 11,21\%$  y el

valor máximo se observó en noviembre 2022 con un 35,59% equivalente a 21 individuos. La categoría Muy débil acumula un promedio de 7,78%  $\pm$  5,71%, con un valor máximo reportado en enero 2023 con un 16,67% (10 individuos). Finalmente, la categoría Excepcionalmente vigorosa reporta un promedio de 1,74%  $\pm$  4,84% y el valor máximo se registró en abril 2023 con un 19,30% (11 individuos).

Al comparar los resultados del segundo semestre 2023 con los obtenidos en el segundo semestre 2022, se observa una disminución en el número de individuos en categoría Seco y Muy débil en un 37,50% y 1,26% respectivamente. Además, el porcentaje de individuos en categoría Normal, Débil y Excepcionalmente vigorosa registra un aumento en un 32,47%, 5,09% y 1,21% respectivamente.

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



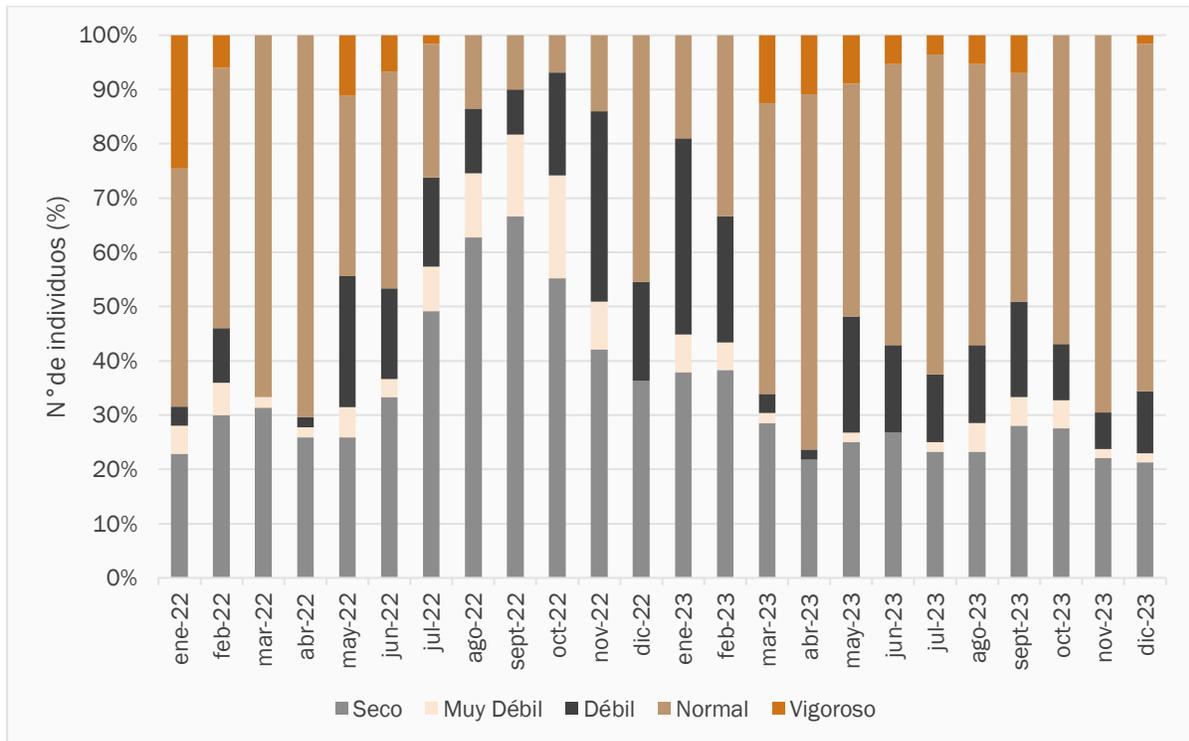
Fuente: Elaboración propia

Respecto a la variación histórica (enero 2022 a diciembre 2023) en la vitalidad de la serie D, la categoría Normal alcanzó un promedio de 42,74%  $\pm$  19,68% y el valor máximo se observó en abril 2022 con un 70,37% (38 individuos). Al igual que en todas las series anteriores, la serie D también registra un aumento en el número de individuos en categoría Normal respecto al primer semestre 2023 en un 4,81%. Por su parte, la categoría Seco obtuvo un promedio de 33,56%  $\pm$  12,98%, mientras que el valor máximo se reportó en septiembre 2022, (al igual que las series anteriores), con un valor de 66,67% (40 individuos). Lo anterior significa una disminución de individuos Secos respecto al primer semestre 2023 en un 3,11%. La categoría Débil reporta un promedio de 14,18%  $\pm$  9,53% y el valor máximo se observó en enero 2023 con un 36,21% equivalente a 21 individuos. La categoría Muy débil acumula un promedio de 5,13%  $\pm$  4,76%, con un valor máximo reportado en octubre 2022 con un 18,97% (11 individuos). Finalmente, la categoría Excepcionalmente

vigoroso reporta un promedio de  $4,39\% \pm 5,99\%$  y el valor máximo se registró en enero 2022 con un  $24,56\%$  (14 individuos).

Al comparar los resultados del segundo semestre 2023 con los obtenidos en el segundo semestre 2022, se observa una disminución en el número de individuos en categoría Seco, Muy débil y Débil en un  $27,79\%$ ,  $6,98\%$  y  $5,98\%$  respectivamente. Además, el porcentaje de individuos en categoría Normal y Excepcionalmente vigoroso registra un aumento en un  $38,10\%$  y  $2,66\%$  respectivamente.

Figura 6-4. Variación histórica de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie D



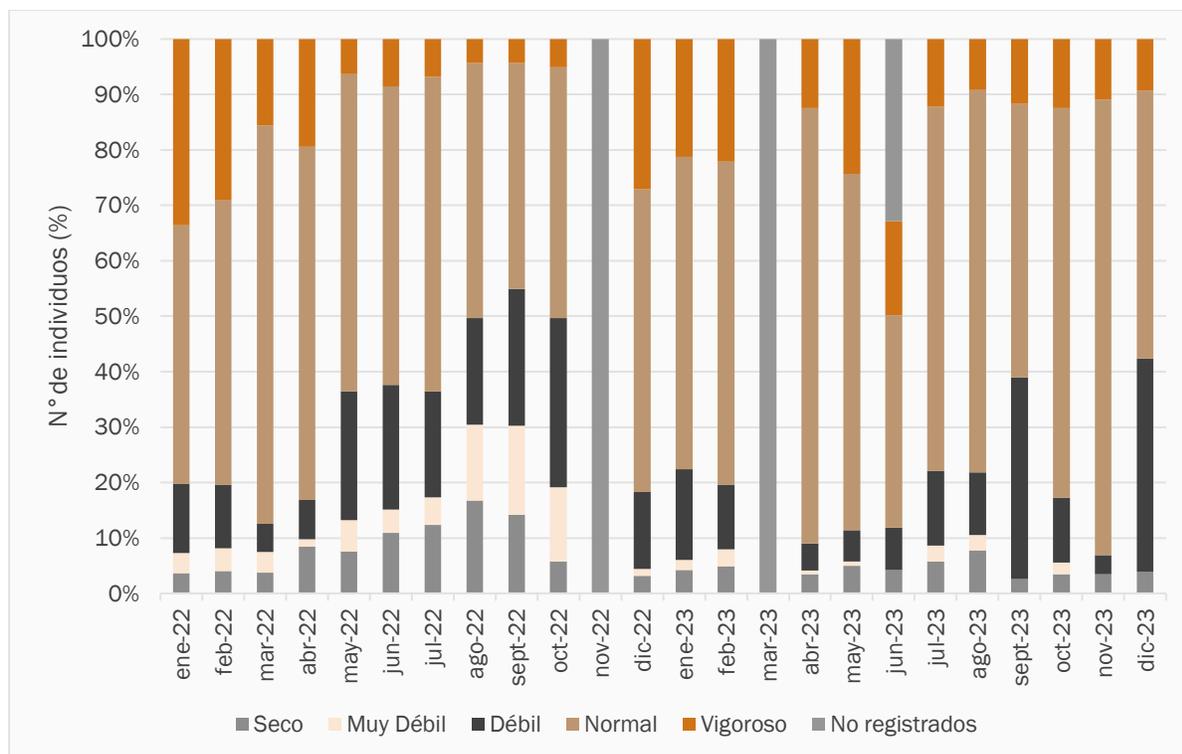
Fuente: Elaboración propia

Respecto a la variación histórica (enero 2022 a diciembre 2023) en la vitalidad de la serie E, la categoría Normal alcanzó un promedio de  $53,65\% \pm 9,40\%$  y el valor máximo se observó en abril 2023 con un  $78,62\%$  (114 individuos). Esta categoría se mantuvo sin mayores variaciones respecto al primer semestre de 2023. La categoría Excepcionalmente vigoroso reporta un promedio de  $13,79\% \pm 9,40\%$  y el valor máximo se registró en enero 2022 con un  $33,58\%$  (46 individuos). La categoría Débil obtuvo un promedio de  $14,75\% \pm 10,44\%$ , mientras que el valor máximo se reportó en diciembre 2023, con un valor de  $38,41\%$  (58 individuos). La categoría Seco reporta un promedio de  $5,89\% \pm 4,14\%$  y el valor máximo se registró en agosto 2022 con un  $16,77\%$  equivalente a 27 individuos. Finalmente, la categoría Muy débil acumula un promedio de  $3,58\% \pm 4,52\%$ , con un valor máximo reportado en septiembre 2022 con un  $16,05\%$  (26 individuos).

Al comparar los resultados del segundo semestre 2023 con los obtenidos en el segundo semestre 2022, se observa una disminución en el número de individuos en categoría Muy débil y Seco en un  $6,92\%$  y  $4,21\%$ .

Además, el porcentaje de individuos en categoría Normal, Excepcionalmente vigoroso y Débil registra un aumento en un 23,59, 3,01% y 1,21% respectivamente.

Figura 6-5. Variación histórica de la vitalidad en los individuos de algarrobo de la serie E



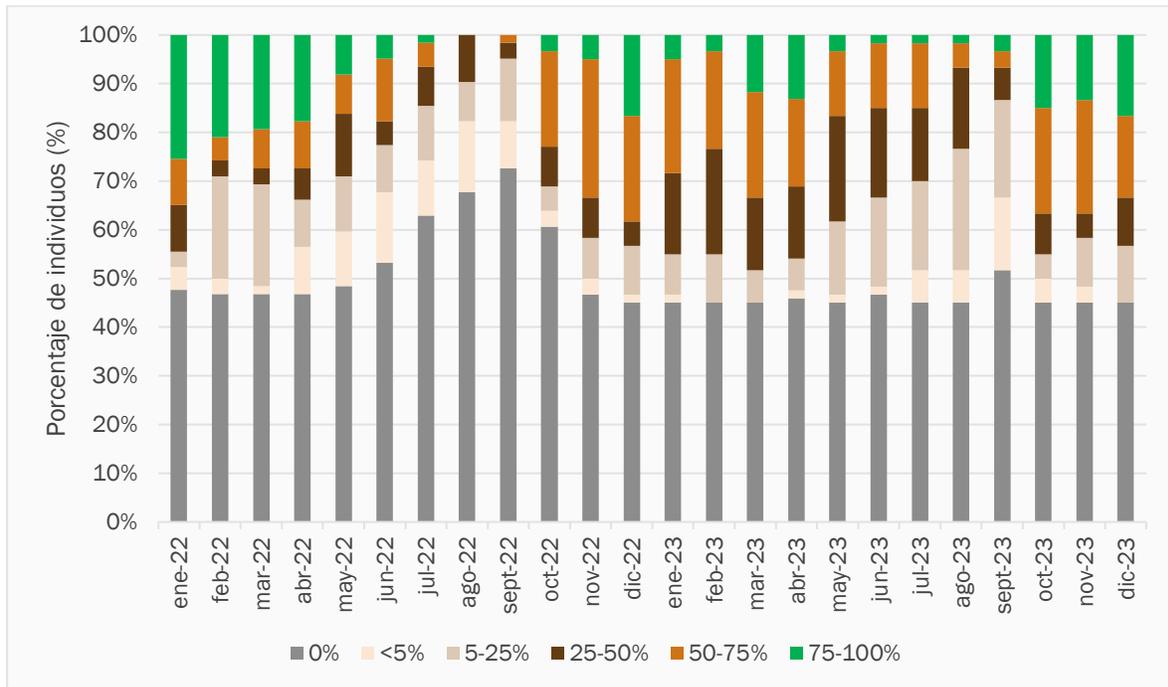
Fuente: Elaboración propia

### 6.1.2 Copa viva

En relación con la variación histórica (enero 2022 a diciembre 2023) en el porcentaje de copa viva, en la serie A, el mayor promedio se registra en la categoría 0% con un 49,76 % ± 7,93%, mientras que el valor máximo se registró en septiembre 2022 con un 72,58% (45 individuos). El rango 50-75% registra un promedio histórico de 13,43% ± 7,98%, y el valor máximo se registra en noviembre de 2022 con un 28,33% (17 individuos). El rango de copa 5-25% obtuvo un promedio de 11,92% ± 5,84%, y el valor máximo se registra en agosto 2023 con un 25,00% (15 individuos). El rango 25-50% registra un promedio histórico de 10,52% ± 5,73%, y el valor máximo se reporta en mayo 2023 con un 21,67% (13 individuos). El rango 75-100% registra un promedio de 8,86% ± 5,73 con un valor máximo de 25,40% (16 individuos) registrado en enero 2022. Por último, la categoría <5% registra un promedio de 5,51% ± 4,92%, y el valor máximo fue de 15,00% (9 individuos) en septiembre de 2023.

A diferencia del segundo semestre de 2022, se observa una disminución de los individuos que presentan rango de copa 0% y <5%, en un 13,15% y 1,18% respectivamente, mientras que se observa un aumento de los individuos en el rango de copa 5-25%, 75-100%, 25-50% y 50-75% en un 5,75%, 4,18%, 3,19% y 1,20% respectivamente.

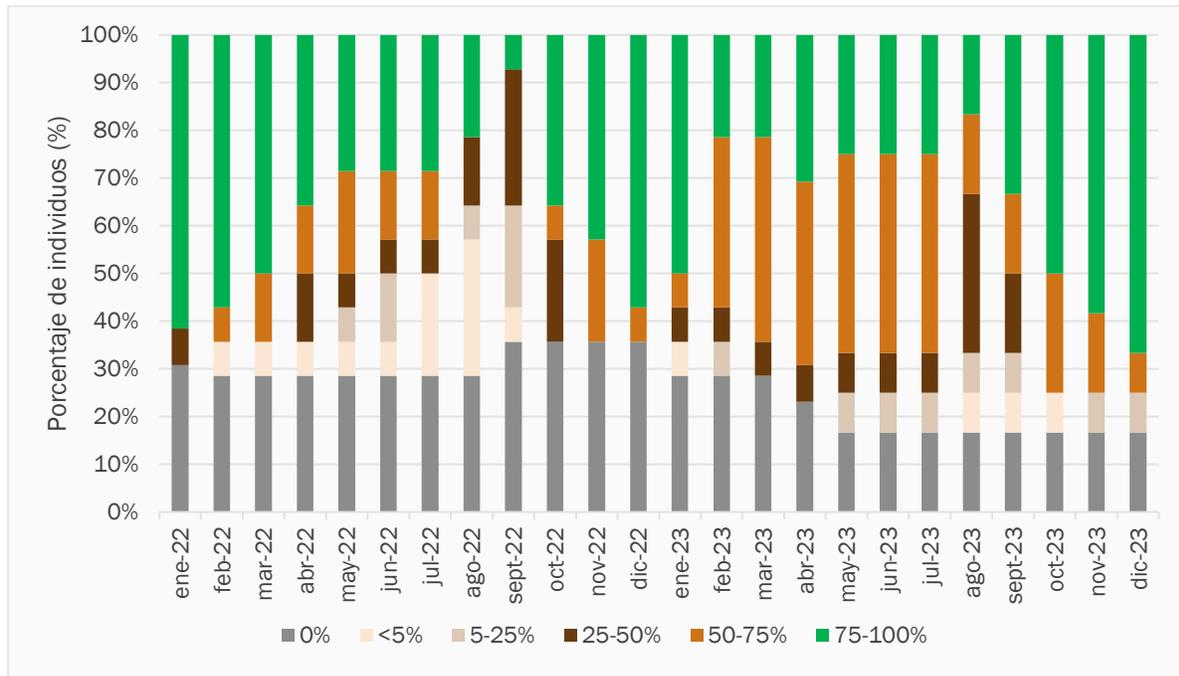
Figura 6-6. Variación histórica del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie A



Fuente: Elaboración propia

Tal como se muestra en la Figura 6-2, respecto a la variación histórica (enero 2022 a diciembre 2023) en la vitalidad de la serie B, la categoría 75-100% registra el mayor promedio histórico con un  $36,58\% \pm 16,18\%$ , y el valor máximo se registró en diciembre 2023 con un  $66,67\%$  (8 individuos). El rango de copa 0% registra un promedio de  $25,66\% \pm 7,13\%$ , y el valor máximo se registró entre septiembre y diciembre de 2022 con un  $35,71\%$  (5 individuos). La categoría 50-75% registra un promedio de  $18,91\% \pm 14,27\%$  y el valor máximo se registró en marzo de 2023 con un  $42,86\%$  (6 individuos). El rango de copa 25-50% registra un promedio de  $8,83\% \pm 8,93\%$  y el valor máximo se registra en agosto de 2023 con un  $33,33\%$  (4 individuos). La categoría <5% registra un promedio de  $5,21\%$  y el valor máximo se registró en agosto de 2022 con un  $28,57\%$  (4 individuos). Por último, el rango de copa 5-25% registra el menor promedio con un  $4,81\% \pm 5,70\%$ , y el valor máximo se registra en julio de 2022 con un  $21,43\%$  (3 individuos). A diferencia del segundo semestre de 2022, se observa una disminución de los individuos que presentan rango de copa 0%, <5% y 50-75%, en un  $16,67\%$ ,  $5,36\%$  y  $2,18\%$  respectivamente, mientras que se observa un aumento de los individuos en el rango de copa 75-100% y 5-25% en un  $12,50\%$ ,  $9,52\%$  y  $2,18\%$  respectivamente.

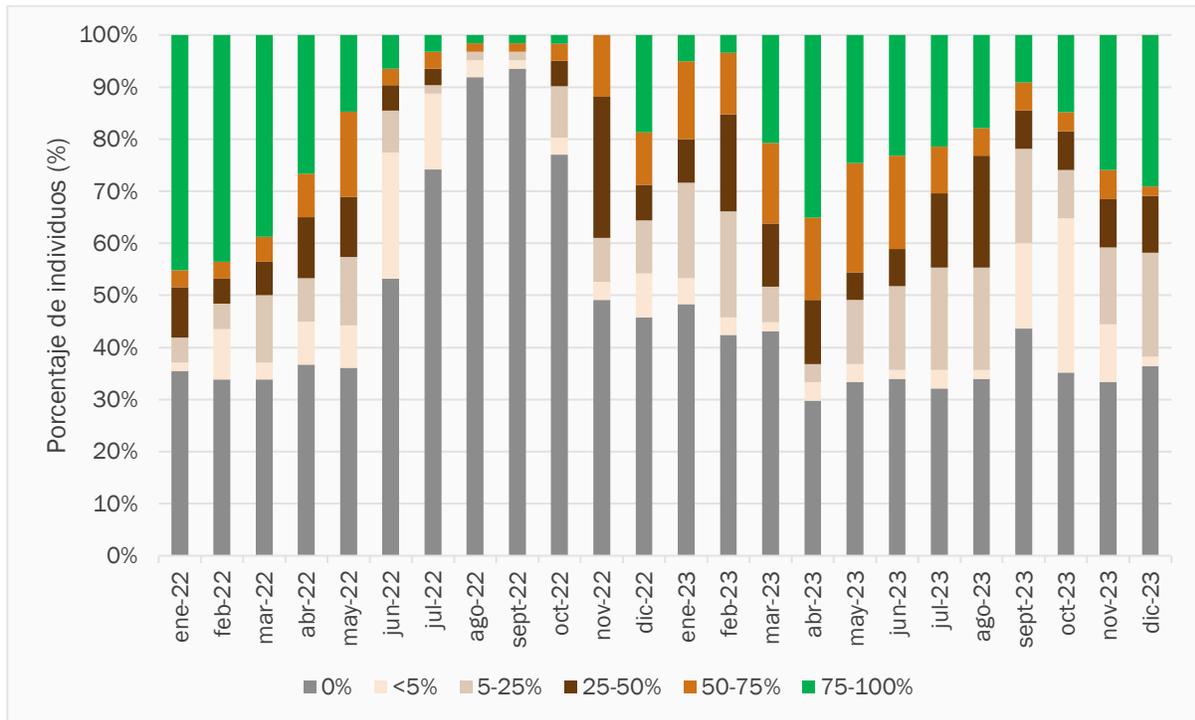
Figura 6-7. Variación histórica del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie B



Fuente: Elaboración propia

La Figura 6-8 muestra la variación histórica (enero 2022 a diciembre 2023) en la vitalidad de la serie C. La categoría de copa viva 0% registró un promedio histórico de 46,10% ± 18,76% y el valor máximo se registró en septiembre 2022 con un 93,55% (58 individuos). La categoría de copa viva entre 75-100% obtuvo un promedio de 18,01% ± 13,87% y el valor máximo se reportó en enero 2022 con un 45,16% (28 individuos). El rango de copa 5-25% registra un promedio histórico de 11,02% ± 6,30%, con un valor máximo de 20,34% (12 individuos) en febrero de 2023. El rango de copa 25-50% registra un promedio de 9,39% ± 6,32%, con un valor máximo de 27,12% (16 individuos) en noviembre de 2022. El rango de copa 50-75% registra un promedio de 8,29% ± 5,97% y el valor máximo se registró en mayo de 2023 con un 21,05% (12 individuos). La categoría <5% registra un promedio de 7,21% ± 7,39%, y el valor máximo se registró en octubre de 2023 con un 29,63% (16 individuos). Al comparar los resultados del segundo semestre 2023 con los del segundo semestre de 2022, se observa una disminución de los individuos que presentan rango de copa 0% y 50-75% en un 36,18% y 0,16% respectivamente, mientras que se observa un aumento de los individuos en el rango de copa 75-100%, 5-25%, <5% y 25-50% en un 15,25%, 11,37%, 4,96% y 4,75% respectivamente.

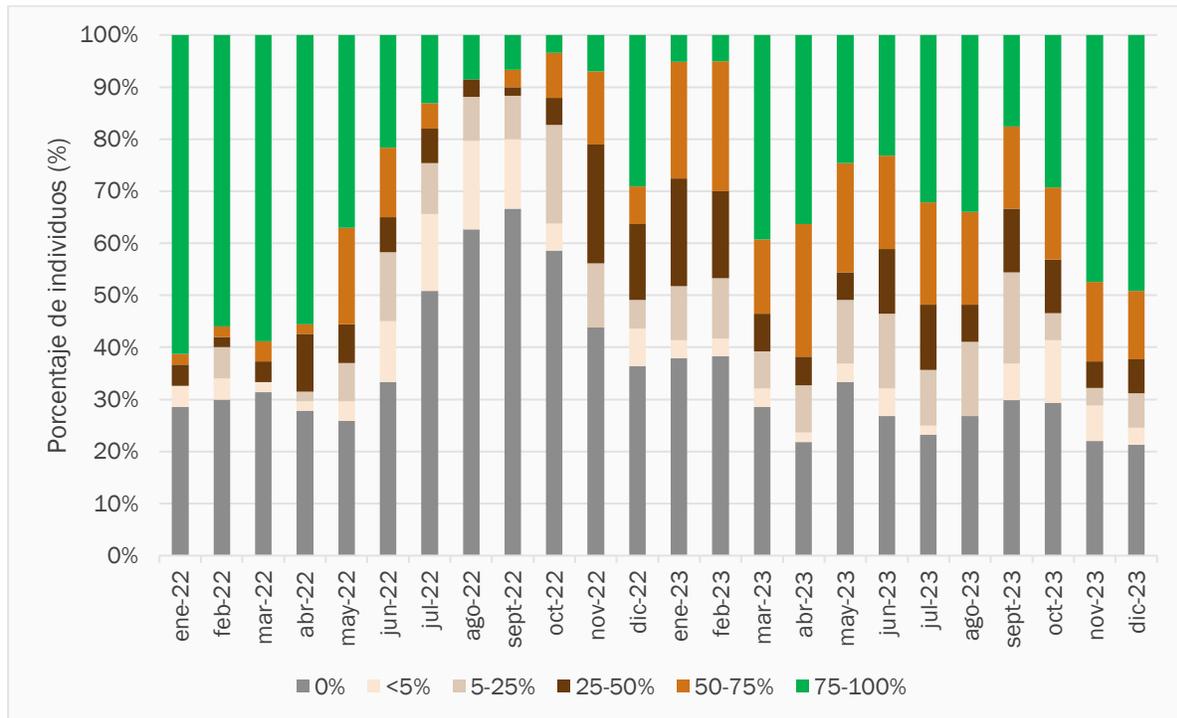
Figura 6-8. Variación histórica del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie C



Fuente: Elaboración propia

La Figura 6-8 muestra la variación histórica (enero 2022 a diciembre 2023) en la vitalidad de la serie D. La categoría de copa viva 0% registró un promedio de  $34,80\% \pm 12,86\%$  y el valor máximo se registró en septiembre 2022 con un  $66,67\%$  (40 individuos). La categoría de copa viva entre 75-100% obtuvo un promedio de  $29,22\% \pm 18,72\%$  y el valor máximo se reportó en enero 2022 con un  $61,22\%$  (30 individuos). La categoría 50-75% registra un promedio de  $12,56 \pm 7,84\%$ , con un valor máximo de  $25,45\%$  (15 individuos) en abril 2023. La categoría entre 5-25% reporta un promedio de  $8,93\% \pm 5,61\%$ , con un valor máximo de  $18,97\%$  (11 individuos) en octubre de 2022. La categoría 25-50% registra un promedio de  $12,56\% \pm 7,84\%$ , con un valor máximo de  $22,81\%$  (13 individuos) en noviembre de 2022. Por último, la categoría <5% registra un promedio de  $5,70\% \pm 4,70\%$ , con un valor máximo de  $16,95\%$  (10 individuos) en agosto de 2022. Al comparar los resultados del segundo semestre 2023 con los del segundo semestre de 2022, se observa una disminución de los individuos que presentan rango de copa 0%, <5%, 5-25% y 25-50% en un  $27,76\%$ ,  $4,43\%$ ,  $0,95\%$  y  $0,04\%$  respectivamente, mientras que se observa un aumento de los individuos en el rango de copa 75-100% y 50-75% en un  $23,63\%$  y  $9,55\%$  respectivamente.

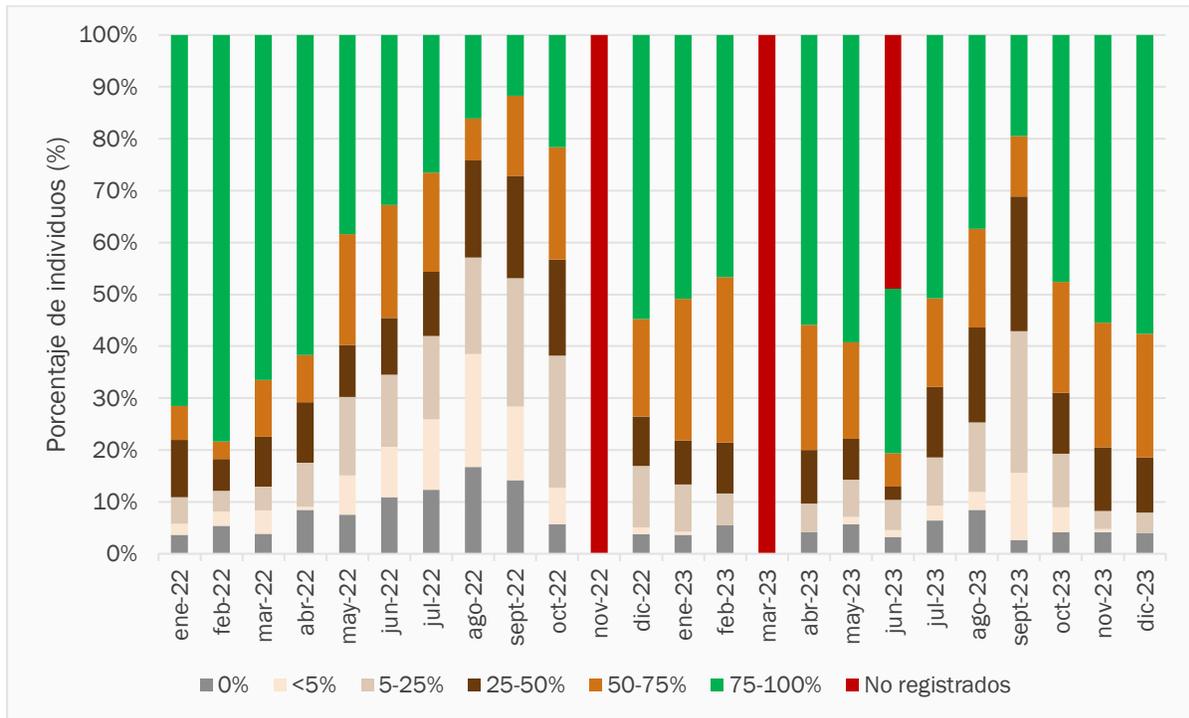
Figura 6-9. Variación histórica del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie D



Fuente: Elaboración propia

La Figura 6-8 muestra la variación histórica (enero 2022 a junio 2023) en la vitalidad de la serie E. La categoría de copa viva 75-100% registra el mayor valor promedio histórico con un 42,62% ± 22,12%, con un valor máximo de 78,38% (116 individuos) en febrero de 2022. El rango 50-75% registra un promedio de 16,16% ± 8,48% con un valor máximo de 31,90% (52 individuos) en febrero de 2023. El rango de copa 25-50% registra un promedio de 11,34% ± 5,90% con un valor máximo de 25,97% (20 individuos) en septiembre de 2023. El rango de copa 5-25% registra un promedio de 10,62% ± 7,60%, con un valor máximo de 27,27% (21 individuos) registrado en septiembre de 2023. La categoría 0% registra un promedio de 6,15% ± 4,07%, con un valor máximo de 16,77% (27 individuos) registrado en agosto de 2022. Por último, la categoría <5% registra un promedio de 4,77% ± 5,78% con un valor máximo de 16,77% (27 individuos) registrados en agosto de 2022. Al comparar los resultados del segundo semestre 2023 con los del segundo semestre de 2022, se observa una disminución de los individuos que presentan rango de copa <5%, 5-25% y 0% en un 5,48%, 4,85% y 3,85% respectivamente, mientras que se observa un aumento de los individuos en el rango de copa 75-100%, 50-75% y 25-50% en un 22,90%, 5,65% y 2,31% respectivamente.

Figura 6-10. Variación histórica del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo de la serie E

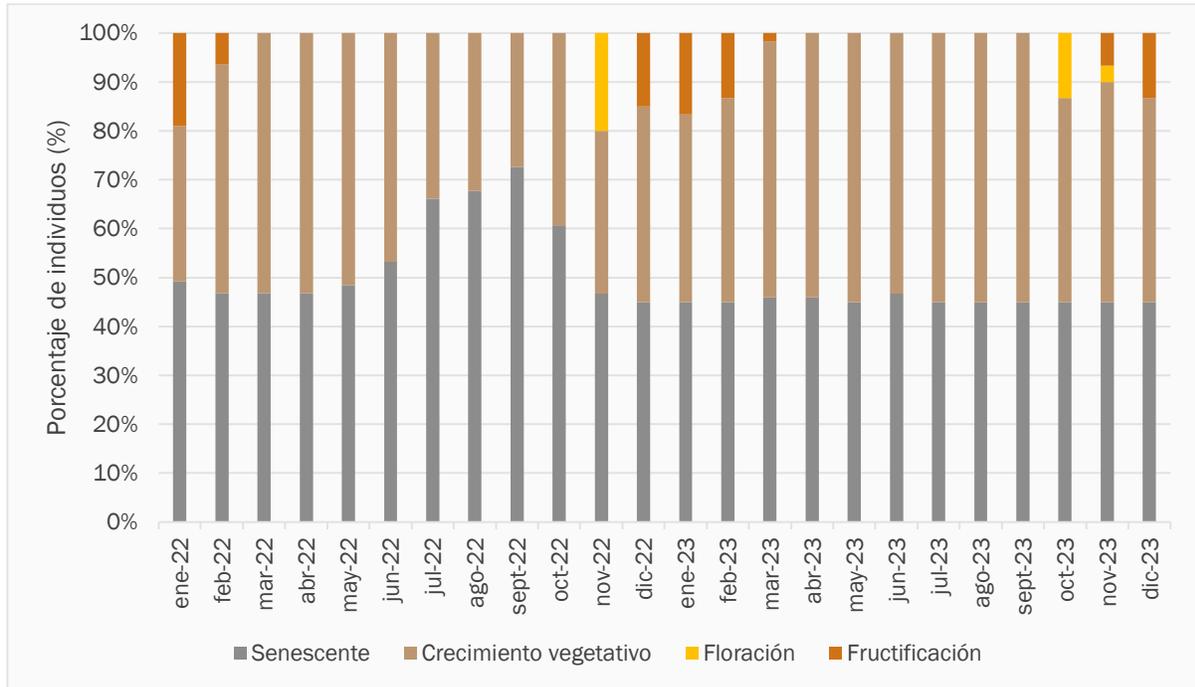


Fuente: Elaboración propia

### 6.1.3 Fenología

La variación histórica (enero de 2022 a diciembre de 2023) en el estado fenológico, en el caso de la serie A se muestran en la Figura 6-11. La categoría Senescente registra un promedio histórico de  $49,72\% \pm 8,20\%$  y tiene un valor máximo de  $72,58\%$  (45 individuos) registrado en septiembre 2022. La categoría Crecimiento vegetativo registra un promedio de  $44,91\% \pm 8,93\%$  con un valor máximo de  $55,00\%$  (33 individuos) en mayo 2023. La categoría fructificación registra un promedio de  $3,84\% \pm 6,45\%$  con un valor máximo de  $19,05\%$  (12 individuos) reportado en enero 2022. Finalmente, la categoría Floración registra un promedio de  $1,53\% \pm 4,81\%$  y el valor máximo fue de  $20,00\%$  (12 individuos) registrada en noviembre 2022. Al comparar los resultados del segundo semestre 2023 con los del segundo semestre de 2022, se observa una disminución de los individuos en categoría Senescente y floración en un  $14,80\%$  y  $0,56\%$  respectivamente. Las categorías Crecimiento vegetativo y Fructificación registran aumentos de  $14,52\%$  y  $0,83\%$  respectivamente.

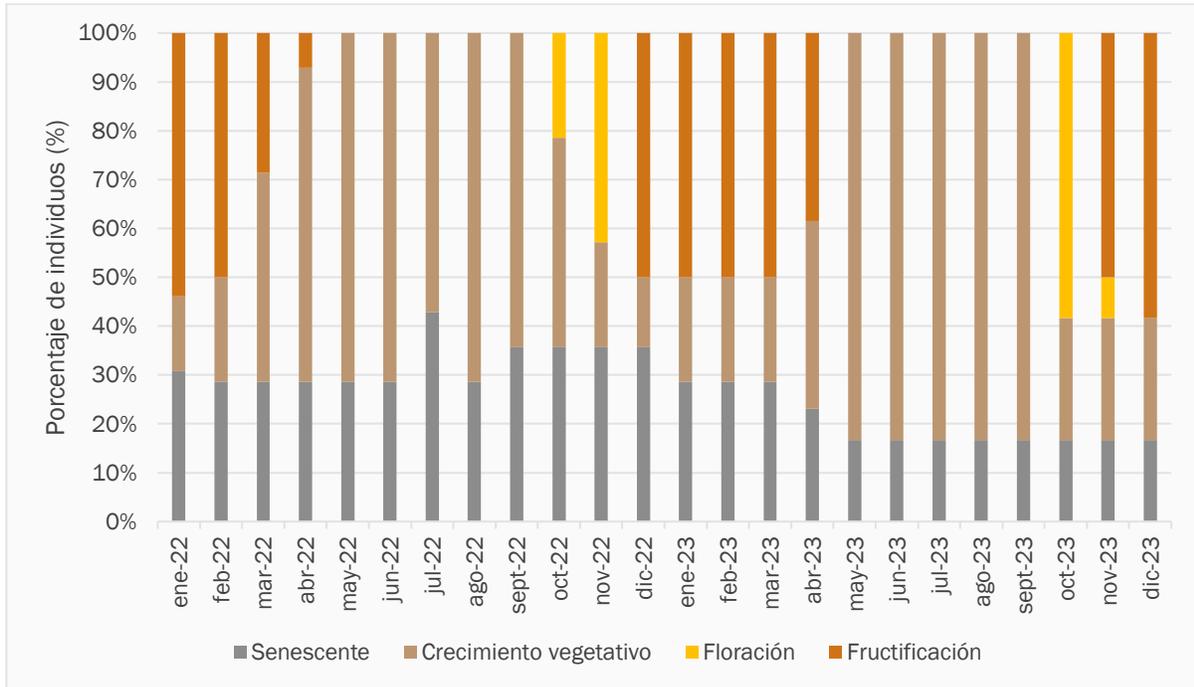
Figura 6-11. Variación histórica del estado fenológico en los individuos de algarrobo de la serie A



Fuente: Elaboración propia

La variación histórica en el estado fenológico, en el caso de la serie B se muestran en la Figura 6-112. La categoría Crecimiento vegetativo registra un promedio de 48,03% ± 26,35% con un valor máximo de 83,33% (10 individuos) entre mayo y septiembre de 2023. La categoría Senescente registra un promedio de 26,25% ± 7,93% con un valor máximo de 42,86% (6 individuos) en julio de 2022. La categoría Fructificación registra un promedio de 20,26% + 24,49% con un valor máximo de 58,33% (7 individuos) reportado en diciembre 2023. Finalmente, la categoría Floración registra un promedio de 5,46% ± 14,82% y el valor máximo fue de 58,33% (7 individuos) registrada en octubre de 2023. Al comparar los resultados del segundo semestre 2023 con los del segundo semestre de 2022, se observa una disminución de los individuos en categoría Senescente en un 19,05%. Las categorías Fructificación, Crecimiento vegetativo y floración registran aumentos de 9,72%, 8,93% y 0,40% respectivamente.

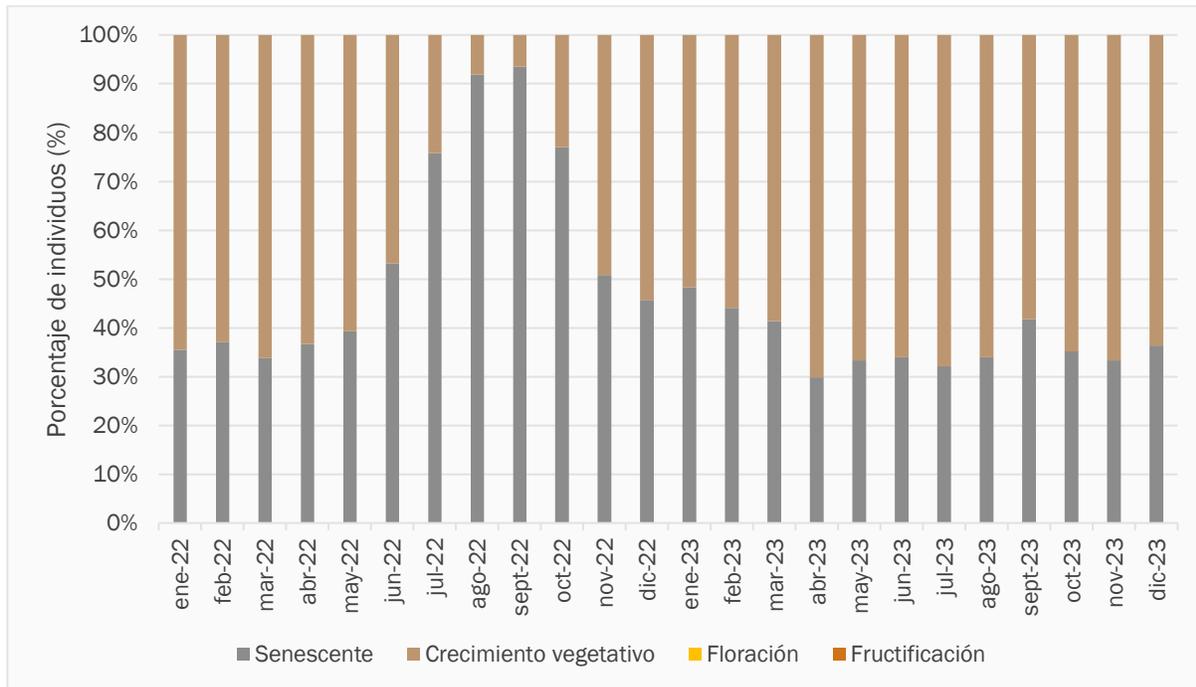
Figura 6-12. Variación histórica del estado fenológico en los individuos de algarrobo de la serie B



Fuente: Elaboración propia

La variación histórica en el estado fenológico, en el caso de la serie C se muestran en la Figura 6-113. La categoría Crecimiento vegetativo registra un promedio de  $53,57\% \pm 18,75\%$  con un valor máximo de  $70,18\%$  (40 individuos) en abril 2023. La categoría Senescente registra un promedio de  $46,43\% \pm 18,75\%$  con un valor máximo de  $93,55\%$  (58 individuos) en septiembre de 2022. Los individuos de la serie C no registran individuos en categorías Floración ni Fructificación debido a que se trata en su totalidad de individuos juveniles y secos y, por lo tanto, no han alcanzado desarrollo reproductivo. Al comparar los resultados del segundo semestre 2023 con los del segundo semestre de 2022, se observa una disminución de los individuos en categoría Senescente en un  $37,03\%$ , y paralelamente, los individuos en Crecimiento vegetativo han aumentado en la misma proporción.

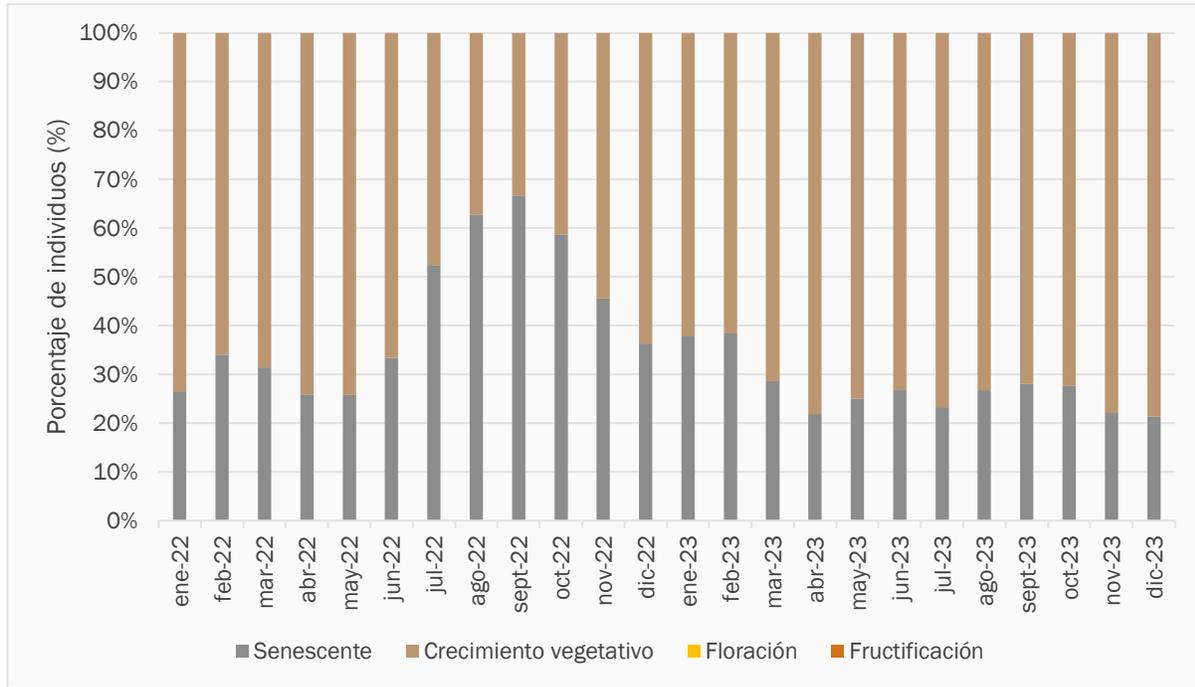
Figura 6-13. Variación histórica del estado fenológico en los individuos de algarrobo de la serie C



Fuente: Elaboración propia

La variación histórica en el estado fenológico, en el caso de la serie D se muestran en la Figura 6-11. La categoría Crecimiento vegetativo registra un promedio de  $65,54\% \pm 13,29\%$  con un valor máximo de  $78,69\%$  (48 individuos) en diciembre de 2023. La categoría Senescente registra un promedio de  $34,46\% \pm 13,29\%$  con un valor máximo de  $66,67\%$  (40 individuos) en septiembre 2022. Los individuos de la serie D, al igual que los de la serie C, no registran individuos en categorías Floración ni Fructificación debido a que se trata en su totalidad de individuos juveniles, y que, debido principalmente al ramoneo de burros, no han alcanzado desarrollo reproductivo. Al comparar los resultados del segundo semestre 2023 con los del segundo semestre de 2022, se observa una disminución de los individuos en categoría Senescente en un  $28,91\%$ , y paralelamente, los individuos en Crecimiento vegetativo han aumentado en la misma proporción.

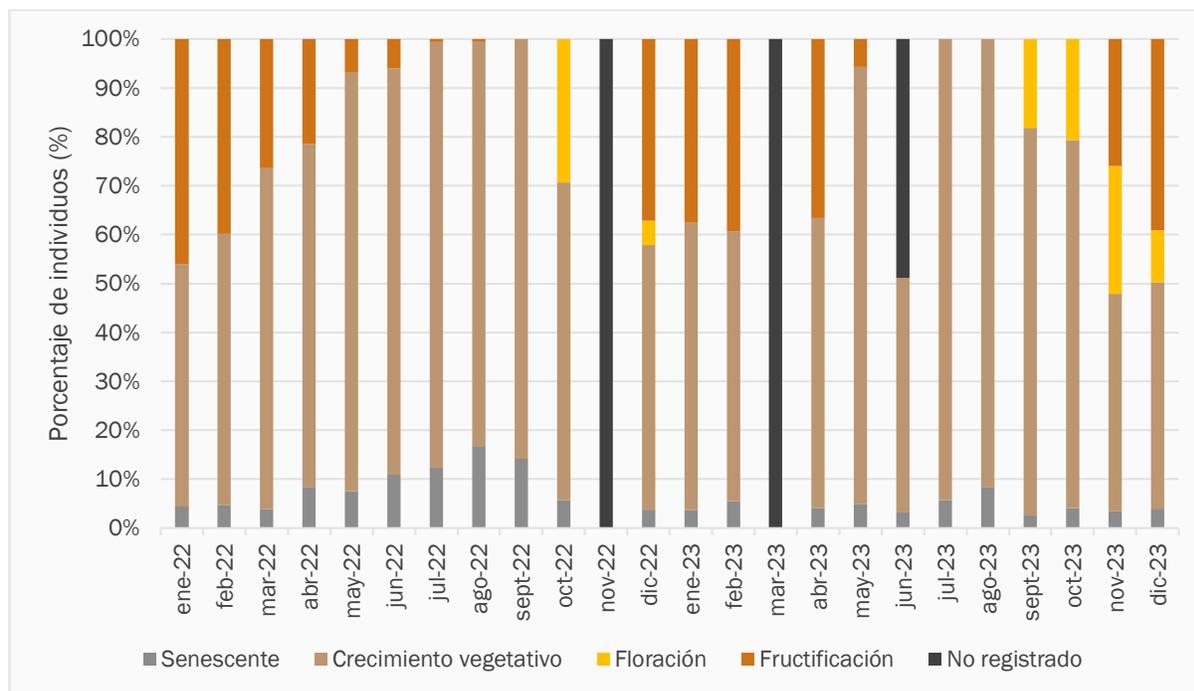
Figura 6-14. Variación histórica del estado fenológico en los individuos de algarrobo de la serie D



Fuente: Elaboración propia

La variación histórica en el estado fenológico, en el caso de la serie E se muestran en la Figura 6-115. La categoría Crecimiento vegetativo registra un promedio de  $68,49\% \pm 21,98\%$  con un valor máximo de  $94,29\%$  (132 individuos) en julio 2023. La categoría Fructificación registra un promedio de  $15,39\% \pm 17,66\%$  con un valor máximo de  $45,99\%$  (63 individuos) en enero 2022. La categoría Senescente registra un promedio de  $6,33\% \pm 3,96\%$  con un valor máximo de  $16,77\%$  (27 individuos) en agosto 2022. Finalmente, la categoría Floración registra un promedio de  $4,78\% \pm 9,31\%$  con un valor máximo de  $29,30\%$  (46 individuos) en octubre 2022. Al comparar los resultados del segundo semestre 2023 con los del segundo semestre de 2022, se observa una disminución de los individuos en categoría Senescente y en Crecimiento vegetativo en un  $5,85\%$  y  $3,05\%$  respectivamente, mientras que los individuos en Floración y Fructificación han aumentado en un  $5,72\%$  y  $4,46\%$  respectivamente.

Figura 6-15. Variación histórica del estado fenológico en los individuos de algarrobo de la serie E



Fuente: Elaboración propia

### 6.1.4 Etapa de crecimiento

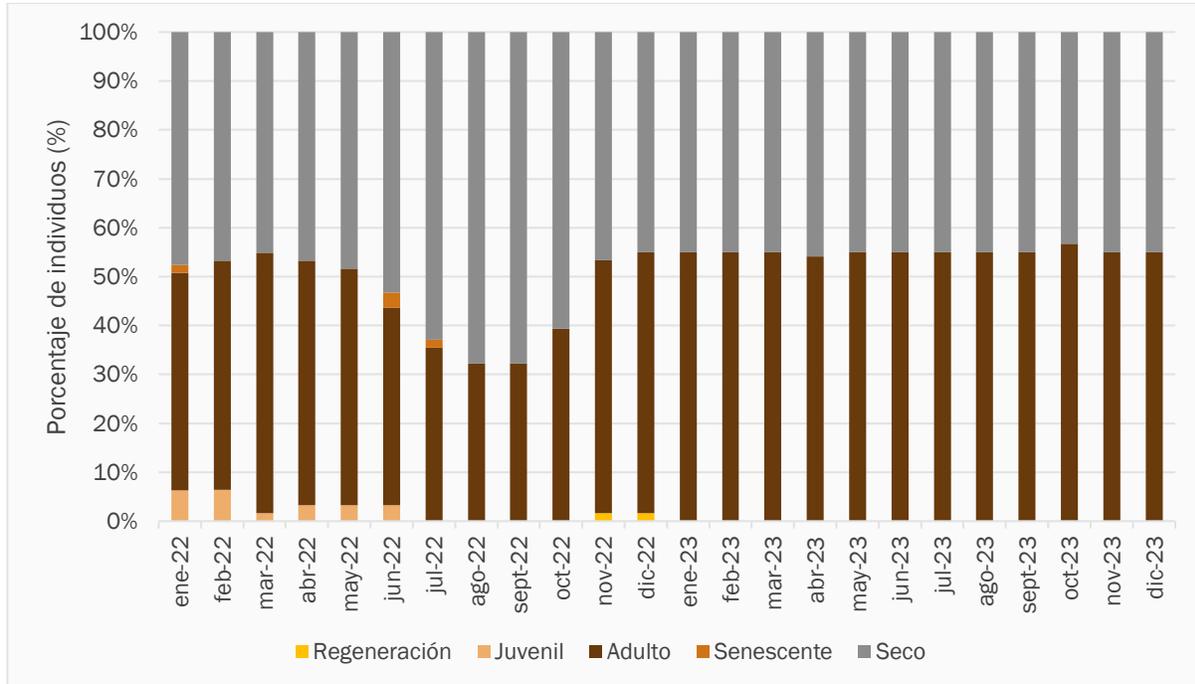
La etapa de crecimiento de los individuos pertenecientes a las distintas series evaluadas se ha ajustado de acuerdo con los criterios establecidos en la Tabla 4-9, los cuales se ajustaron considerando las particularidades morfológicas de los individuos prospectados. Su implementación implicó un cambio en la categorización de algunos individuos durante el primer semestre de 2023, pertenecientes a la serie C, D y E, dado que, se habían catalogado como regeneración desde el inicio de los reportes. Estos cambios se abordan en los párrafos y figuras siguientes, para cada una de las series evaluadas.

Respecto a la variación histórica en la etapa de crecimiento vegetativo de la serie A, la categoría Adulto obtuvo el mayor promedio con un valor de  $49,51\% \pm 7,86\%$ , con un valor máximo de  $56,67\%$  (34 individuos) reportado en octubre 2023. La categoría Seco registra un promedio de  $49,08\% \pm 7,52\%$ , con un valor máximo de  $67,74\%$  (42 individuos) en septiembre de 2022. La categoría Juvenil registra un promedio de  $1,00\% \pm 2,00\%$ , con un valor máximo de  $1,67\%$  (1 individuo) en noviembre y diciembre de 2022. La categoría Senescente registra un promedio histórico de  $0,27\% \pm 0,77\%$  con un valor máximo de  $3,23\%$  (2 individuos) en mayo de 2022. La categoría Regeneración registra un promedio de  $0,14\% \pm 0,47\%$  con un valor máximo de  $1,67\%$  (1 individuo) en noviembre y diciembre de 2022.

Al comparar los resultados del segundo semestre 2023 con los del segundo semestre de 2022, se observa una disminución de los individuos en categoría Seco, Regeneración y Senescente en un  $13,73\%$ ,  $0,56\%$  y

0,27% respectivamente, mientras que los individuos en etapa Adulto han aumentado en un 14,55%. No se registran variaciones en la etapa Juvenil (0 individuos).

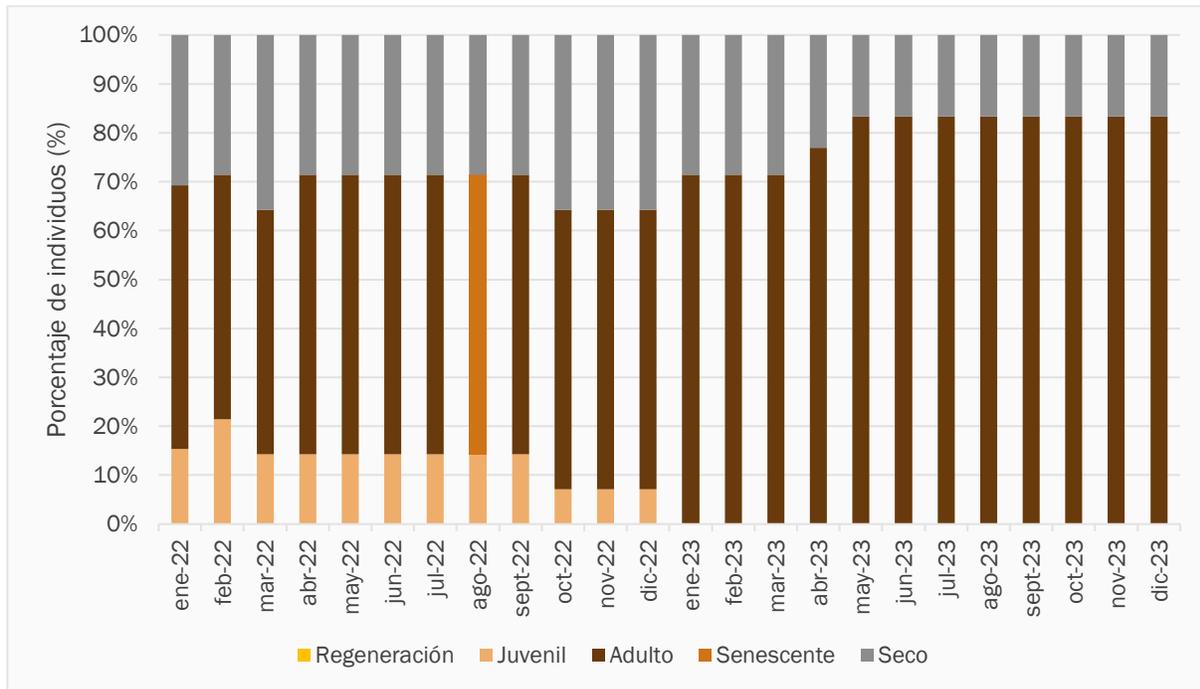
Figura 6-16. Variación histórica de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie A



Fuente: Elaboración propia

Respecto a la variación histórica en la etapa de crecimiento vegetativo de la serie B, la categoría Adulto obtuvo el mayor promedio con un valor de  $65,37\% \pm 18,93\%$ , con un valor máximo de  $83,33\%$  (10 individuos) reportado desde mayo hasta diciembre de 2023. La categoría Seco registra un promedio de  $25,66\% \pm 7,13\%$ , con un valor máximo de  $35,71\%$  (5 individuos) en los meses de marzo 2022 y entre octubre y diciembre 2022. La categoría Juvenil solo reporta individuos durante el año 2022, registrando un promedio de  $6,59\% \pm 7,33\%$ , con un valor máximo de  $21,43\%$  (3 individuos) en febrero 2022. La categoría Senescente solo reporta datos en agosto 2022, obteniendo un promedio de  $2,38\% \pm 11,66\%$  con un valor máximo de  $57,14\%$  en agosto de 2022. Al comparar los resultados del segundo semestre 2023 con los del segundo semestre de 2022, se observa una disminución de los individuos en categoría Seco, Juvenil y Senescente en un 15,48%, 10,71% y 9,52% respectivamente, mientras que los individuos en etapa Adulto han aumentado en un 35,71%. No se registran variaciones en la etapa Regeneración (0 individuos).

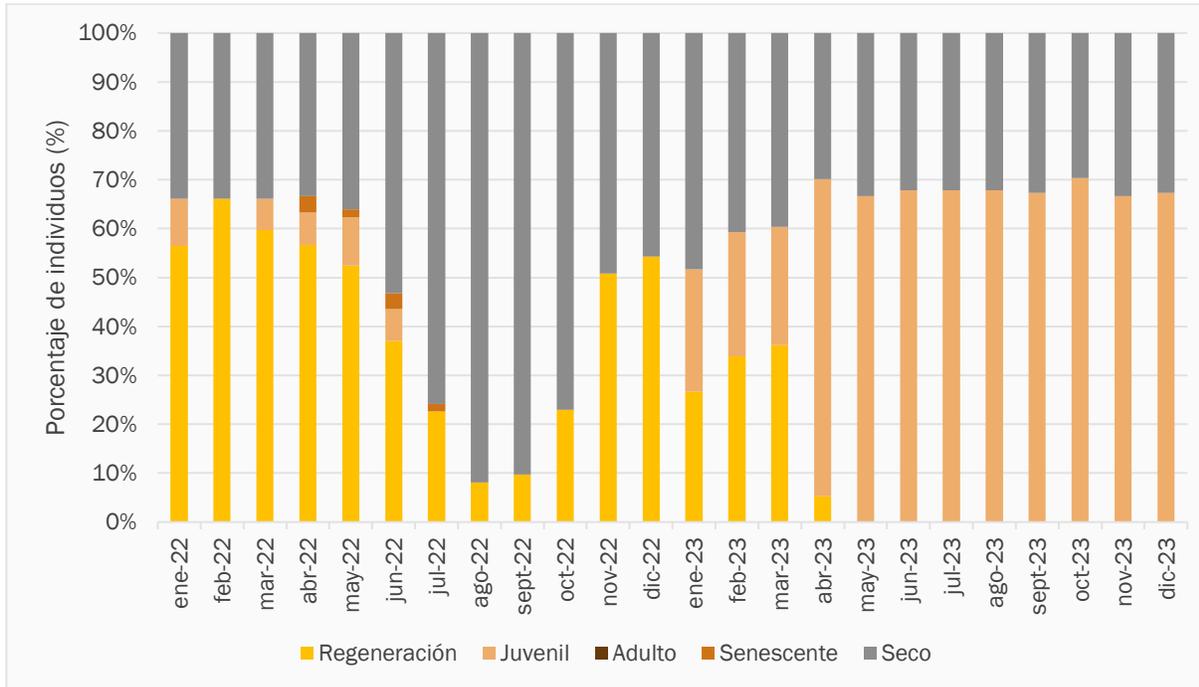
Figura 6-17. Variación histórica de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie B



Fuente: Elaboración propia

Respecto a la variación histórica en la etapa de crecimiento vegetativo de la serie C (ver Figura 6-18), la categoría Seco registra el mayor promedio con un valor de  $44,62\% \pm 19,22\%$  con un valor máximo de  $91,94\%$  (57 individuos) en agosto 2022. La categoría Juvenil registra un promedio histórico de  $30,02 \pm 30,55\%$  y el valor máximo registrado fue de  $70,37\%$  (38 individuos) en octubre de 2023. La categoría Regeneración registra un promedio histórico de  $24,95\% \pm 24,17\%$ , con un valor promedio histórico de  $66,13\%$  (41 individuos) en febrero de 2022. La categoría Senescente promedia un valor de  $0,41\% \pm 1,00\%$ , con un valor máximo de  $3,33\%$  (2 individuos) en febrero de 2022. La categoría Adulto no registra individuos. Al comparar los resultados del segundo semestre 2023 con los del segundo semestre de 2022, se observa una disminución de los individuos en categoría Seco, Regeneración y Senescente en un  $39,55\%$ ,  $28,06\%$  y  $0,27\%$  respectivamente, mientras que los individuos en etapa Juvenil han aumentado en un  $67,88\%$ . No se registran variaciones en la etapa Adulto (0 individuos).

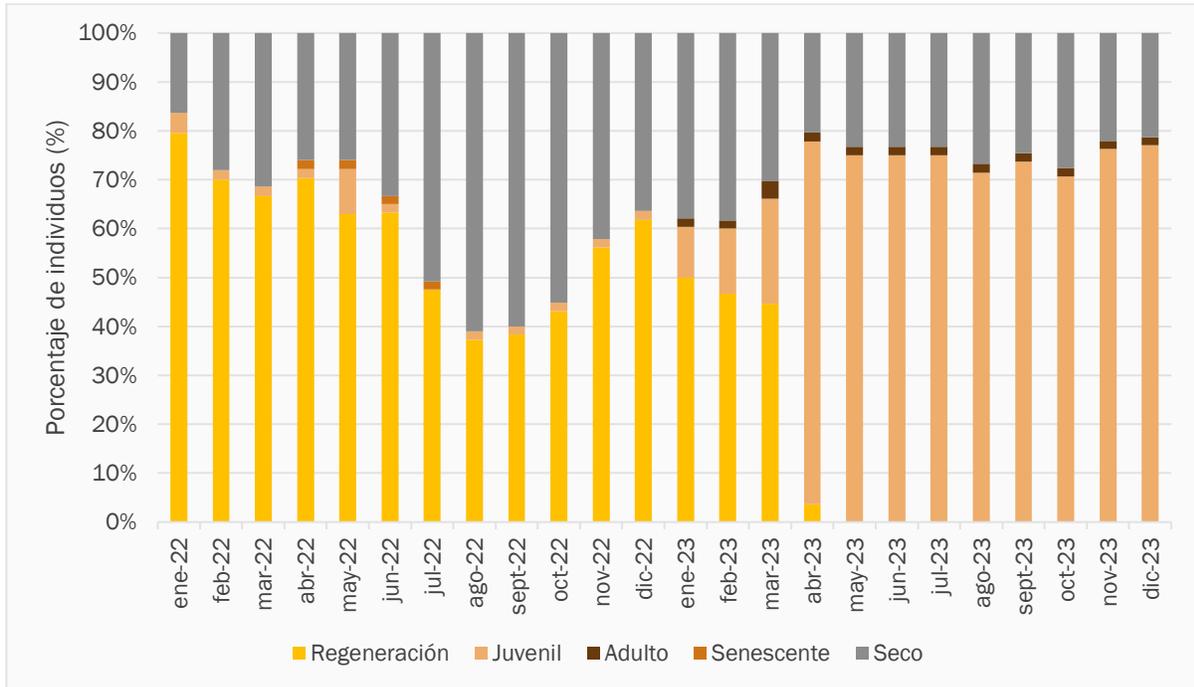
Figura 6-18. Variación histórica de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie C



Fuente: Elaboración propia

Respecto a la variación histórica en la etapa de crecimiento vegetativo de la serie D (ver Figura 6-19), la categoría Regeneración registra el mayor promedio con un valor de  $35,09\% \pm 29,26\%$  con un valor máximo de  $79,59\%$  (39 individuos) en enero 2022. La categoría Seco registra un promedio de  $32,72\% \pm 12,72\%$ , con un valor máximo de  $61,02\%$  (36 individuos) en agosto 2022. La categoría Juvenil registra un promedio de  $30,959\% \pm 34,60\%$ , con un valor máximo de  $77,05\%$  (47 individuos) en diciembre de 2023. La categoría Adulto solo reporta individuos desde enero 2023, registrando un promedio de  $0,95\% \pm 1,04\%$ , con un valor máximo de  $3,57\%$  (2 individuos) en marzo 2023. Al igual que la serie C, debido a la recategorización de individuos en etapa de regeneración a etapa juvenil que se realizó durante el primer semestre de 2023, el porcentaje de individuos en Regeneración disminuye considerablemente a partir del mes de abril 2023, mientras que el porcentaje de individuos en etapa juvenil aumenta. Al comparar los resultados del segundo semestre 2023 con los del segundo semestre de 2022, se observa una disminución de los individuos en categoría Regeneración, Seco y Senescente en un  $47,37\%$ ,  $26,66\%$  y  $0,27\%$  respectivamente, mientras que los individuos en etapa Juvenil y Adulto han aumentado en un  $72,58\%$  y  $1,73\%$ .

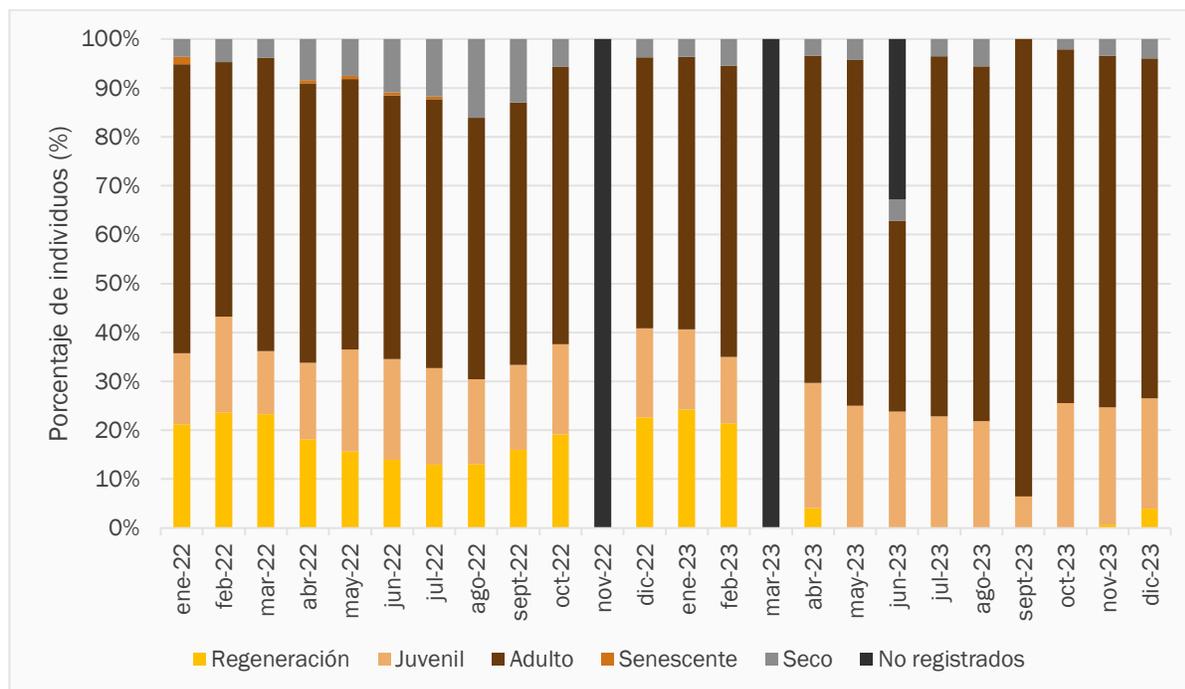
Figura 6-19. Variación histórica de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie D



Fuente: Elaboración propia

La variación en la etapa de crecimiento de la serie E se muestra en la Figura 6-20. La categoría Adulto presenta el mayor promedio con un valor de  $57,34\% \pm 20,15\%$ , con un valor máximo de  $93,51\%$  (72 individuos) en septiembre 2023. La categoría Juvenil obtuvo un promedio de  $18,09\% \pm 7,88\%$ , con un valor máximo de  $35,44\%$  (28 individuos) en junio 2023. La categoría Regeneración obtuvo un promedio de  $10,59\% \pm 9,74\%$ , con un valor máximo de  $24,24\%$  (40 individuos) en enero 2023. La categoría Seco registra un promedio de  $5,47\% \pm 4,08\%$ , con un valor máximo de  $16,15\%$  (26 individuos) en agosto 2022.

Figura 6-20. Variación histórica de la etapa de crecimiento en los individuos de algarrobo de la serie E



Fuente: Elaboración propia

### 6.1.5 Afectación antrópica y/o natural

Desde el comienzo de los reportes mensuales del Plan de Cumplimiento se han observado algunos signos que evidencian el daño animal en varios ejemplares de *Neltuma alba* en la quebrada de Camar. Los signos que se observan principalmente son 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 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.

Al analizar la afectación animal desde enero a diciembre de 2023, en la serie A se observa que el promedio de afectación animal para la serie A alcanza un valor de  $38,19\% \pm 16,97\%$ , mientras que el valor máximo de afectación fue reportado en el mes de mayo con un  $57,63\%$  (34 individuos). Respecto a la serie B, el promedio de afectación fue de  $70,62\% \pm 20,73\%$ , mientras que el valor máximo fue de  $83,33\%$  (10 individuos) y se registró en mayo de 2023. Respecto a la serie C, el promedio de afectación alcanzó un valor de  $23,84\% \pm 23,78\%$  con un valor máximo alcanzado de  $73,02\%$  (46 individuos) en abril de 2023. Respecto a la serie D, se reporta un promedio de afectación de  $27,74\% \pm 22,12\%$ , mientras que, el valor máximo reportado fue de

78,57% (44 individuos) en abril de 2023. Finalmente, en la serie E, el promedio anual registrado alcanza un valor de  $40,51\% \pm 20,22\%$ , con un valor máximo de afectación de 61,74% (92 individuos) y también se reportó en abril de 2023.

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 2023



A-21 (Coordenadas UTM 597.629 E - 7.409.909 N)

Diciembre, 2023



D-81 (Coordenadas UTM 598562E - 7409705N)

Diciembre, 2023

Fuente: Registro fotográfico terreno, 2023

Respecto a la afectación antrópica, en general, se reportan pocos casos de afectación, los cuales se concentran principalmente en la serie E. Respecto a la serie A, se registra un promedio anual de  $2,52\% \pm 3,01\%$ , presenta un valor máximo de afectación alcanzado de 8,0% (6 individuos) en enero de 2023. La serie B registra un promedio acumulado de  $3,63\% \pm 7,36\%$  con un valor máximo de 22,73% (5 individuos) en mayo de 2023. La serie C registra un promedio de 0,32% y el valor máximo se registró en noviembre de 2023 con un 1,92% (1 individuo). La serie D registra un promedio acumulado de  $0,36\% \pm 1,26\%$ , con un valor máximo de 4,35% (3 individuos) registrado en abril de 2023. Por último, la serie E es la que registra el mayor valor promedio con un valor de  $13,24\% \pm 14,69\%$ , con un valor máximo de 53,67% (95 individuos) registrado en abril de 2023. Cabe destacar que la serie E registra los valores más altos de afectación debido principalmente a la ubicación de los individuos dentro del poblado de Camar, los que suelen estar más cercanos a caminos y ser susceptibles a sufrir intervenciones no programadas lo cual es llevado a cabo por los propios comuneros (ver Fotografía 6-2).

Fotografía 6-2. Afectación antrópica – Segundo semestre 2023



E-045 (Coordenadas UTM 605.971 E – 7.411.096 N)

E-149 (Coordenadas UTM 605.955 E – 7.411.072 N)

Diciembre, 2023

Diciembre, 2023

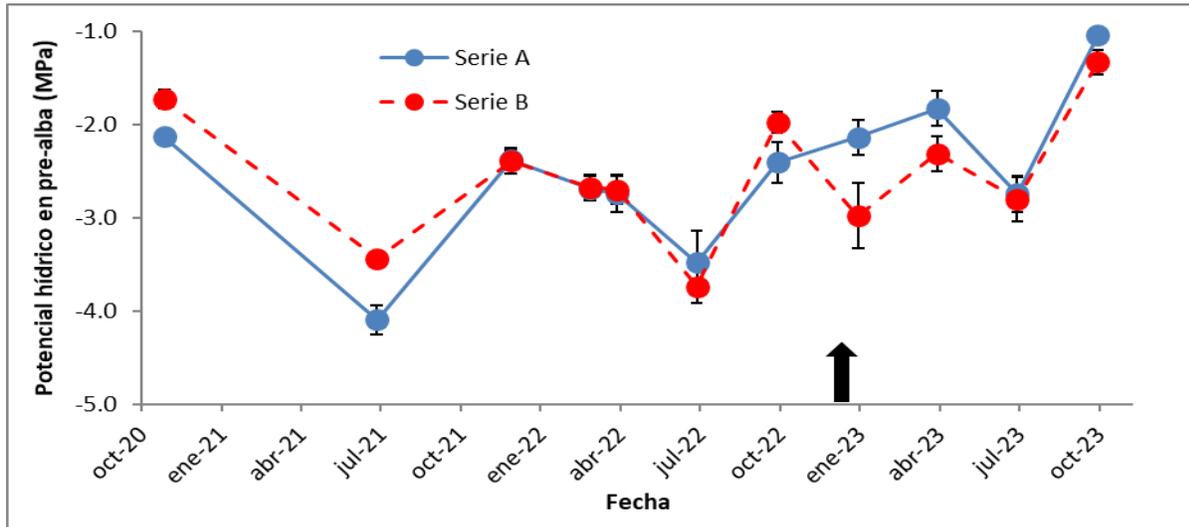
*Fuente: Registro fotográfico terreno, diciembre 2023*

No se detectaron signos de plagas o patógenos asociados a las especies presentes en las formaciones vegetacionales.

### 6.1.6 Fisiología de algarrobos

En la Figura 6-21 se observa la evolución en el tiempo (desde octubre de 2020 a diciembre de 2023) del potencial hídrico en pre-alba en los árboles de la serie A y B. En los meses de julio (2021 y 2022) se observan los valores más bajos de potencial (inferiores a -3,0 MPa), tanto en la serie A como en la serie B. Por otro lado, antes de la aplicación de riego (diciembre 2022) la serie B tuvo valores superiores o similares a los de la serie A, lo que se da por el mejor estado hídrico de los árboles B11, B17, B20 y B21. Estos árboles se encuentran distribuidos cercanos a la ruta CH-23, donde los árboles B20 y B21 reciben diariamente agua liberada desde el poblado de Camar, lo que ha sido observado desde el inicio de las mediciones en 2020. Pese a ello, al iniciar el riego, la serie A alcanza valores superiores a los de la serie B en enero, abril y octubre de 2023. En la campaña de octubre 2023, se alcanzaron los valores más altos de todo el seguimiento, tanto en la serie A como en la serie B.

Figura 6-21. Variación histórica del potencial hídrico en pre-alba para árboles de las series A y B \*

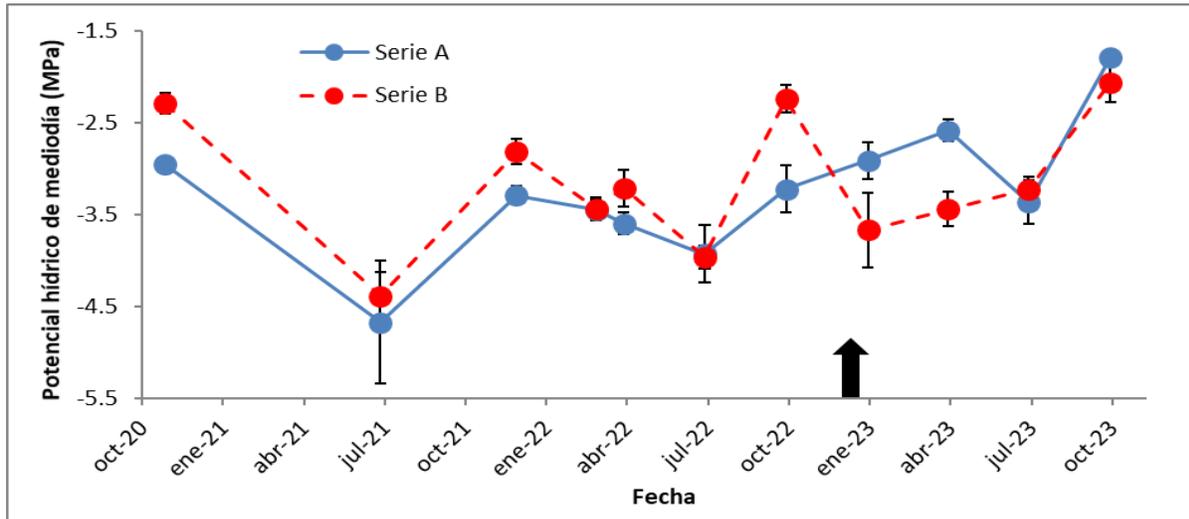


\*Las barras verticales representan el error estándar de la media. La flecha representa el inicio de la aplicación de riego en los árboles de la serie A.

Fuente: Informe de estado hídrico en algarrobo de la Quebrada de Camar, Anexo 11

La Figura 6-22 se observa la evolución en el tiempo del potencial hídrico de mediodía en los árboles de la serie A y B. Al igual que en el potencial hídrico en pre-alba, se aprecia que en los meses de julio (2021 y 2022) se presentaron valores más bajos de potencial de cada año (en 2021 alcanzan valores inferiores a los -4,0 MPa), tanto para la serie A como para la serie B. Por otro lado, antes de la aplicación de riego la serie B alcanzó una media superior a la de la serie A, mientras que, en las campañas de enero y abril de 2023, con la aplicación del riego en la serie A, esta alcanza valores superiores a los de la serie B. En la campaña de octubre de 2023, la serie A alcanza el valor de potencial hídrico de mediodía más alto de todo el seguimiento (-1,78 MPa).

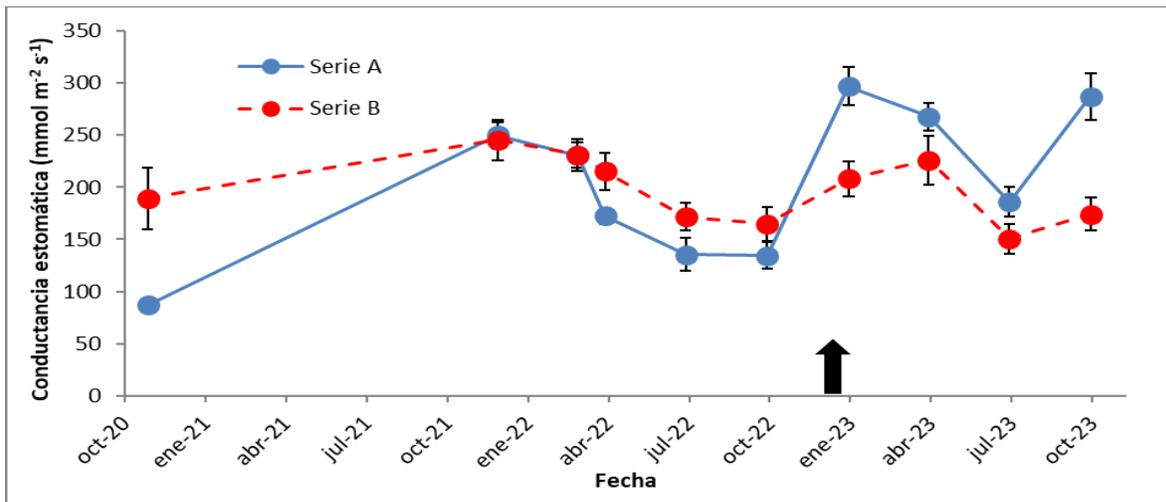
Figura 6-22. Variación histórica del potencial hídrico de mediodía para árboles de las series A y B



Fuente: Informe de estado hídrico en algarrobo de la Quebrada de Camar, Anexo 11

Al analizar la variación histórica en la conductancia estomática en los árboles de la serie A y B (Figura 6-23), se aprecia que antes de la aplicación de riego, la serie B alcanzó valores superiores o similares a los de la serie A (hasta 2022), mientras que, en las últimas cuatro campañas, con la aplicación del riego en la serie A, esta alcanza valores superiores a los de la serie B. En esta campaña de octubre se observaron valores más altos de conductancia estomática respecto de la campaña realizada en invierno de este año.

Figura 6-23. 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 11

En general, al analizar la dinámica temporal de las variables medidas, se observa un patrón similar en el potencial hídrico en pre-alba y mediodía, donde los valores obtenidos en los meses de julio son los más bajos de cada año, tanto para la serie A como para la serie B, salvo en julio 2023, donde el valor de la serie B fue

levemente más bajo en enero que en julio. Este cambio temporal de potenciales coincide con lo evaluado en *Strombocarpa tamarugo*, donde se observa un patrón de menor potencial hídrico de pre-alba en la época de invierno, y un mayor valor en la época estival (SAP, 2021). Por otro lado, se observa un efecto de la aplicación del riego, ya que previo a esta aplicación, los valores de potencial hídrico y conductancia estomática de la serie B eran superiores o similares a los de la serie A. Posteriormente, iniciado el riego en los árboles de la serie A, estos alcanzaron valores superiores a la serie B en las tres variables medidas.

Con respecto a los algarrobos ubicados aguas arriba y aguas debajo de la tubería que atraviesa la quebrada, tampoco se observó diferencias entre estos grupos en la campaña de Julio, encontrando una media de  $\Psi_{pa}$ ,  $\Psi_{md}$  y  $g_s$  de: -2,75 MPa, -3,34 MPa y 178,67 mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>, respectivamente. Esto, posiblemente debido al receso invernal de estos árboles (MMA, 2012a; MMA, 2012b), los cuales en esta época del año presentan una disminución de la cobertura, mayor senescencia de hojas y disminución de la producción de ramillas nuevas. Por otra parte, en octubre, sí se observaron diferencias, con los valores más bajos en los árboles ubicados aguas arriba (-1,2 MPa y 209,89 mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>), lo que se podría explicar debido a la cantidad de árboles sin riego que hay aguas arriba de la tubería (48%), mientras que aguas abajo solo dos árboles no tienen sistema de riego (18%).

### 6.1.7 Biomasa de algarrobos

Los resultados del estudio de estimación de biomasa en individuos de algarrobos en el segundo semestre de 2023 presentan los mismos patrones a los obtenidos el primer semestre. Respecto a la biomasa aérea, las mediciones dan cuenta que se trata en su mayoría de árboles con más de un fuste (plurifustales) y varias ramas principales. En la campaña de julio de 2023, una gran proporción de los individuos censados (69,30% del total) presentó algún nivel de vitalidad en sus fustes y sólo el 30,70% de estos (51 individuos) se registró seco. En la campaña de octubre de 2023, el 69,4% de los individuos censados presenta algún nivel de vitalidad en sus fustes y sólo un 30,60% de estos (56 individuos) se registró seco.

Respecto a las clases diamétricas, se mantiene el mismo patrón del primer semestre, con la mayor parte de los individuos en clases pequeñas y una menor porción en clases grandes. En julio de 2023, el 80,60% de los algarrobos se concentran en las clases diamétricas de menor tamaño (< 7,5 cm), presentando alturas medias que no superan los 50 cm. En contraste, los individuos de mayor tamaño (> 20, cm) sólo representa el 9,1% y pueden alcanzar hasta los 6,6 m de altura. Por su parte, en la campaña de octubre de 2023, el 80,30% de los algarrobos se presentó clases diamétricas de menor tamaño (< 5 cm) con alturas medias que no superan los 50 cm, mientras que, los individuos de mayor tamaño (> 20, cm) sólo representan el 9,30% y pueden alcanzar hasta los 7 m de altura. Los resultados de las mediciones diamétricas en el segundo semestre indican que la estructura de la población se concentraría en individuos jóvenes o de poco desarrollo y con una alta capacidad de retoñación, estructura que se ha mantenido constante en el periodo analizado.

Los valores de biomasa aérea en ambas campañas (julio y octubre de 2023) se encuentran entre los rangos reportados por otros autores para *P. pallida* (Padrón y Navarro 2004); *P. juniflora* (Birhane *et al.*, 2017). Los valores de biomasa de los individuos de menor tamaño (<2,5 cm Dbe) se encuentran cercanos a lo reportado por Felker *et al.*, (1989) para *N. alba* y por Aronson *et al.*, (2002) para *N. alba* y *N. chilensis*. Sin embargo, los valores de ambos estudios provienen de plantaciones de estas especies. Es importante señalar, que los

valores de biomasa constituyen una aproximación a los valores reales de biomasa. Esto debido a que proviene de valores promedios de distintas funciones disponibles en la bibliografía estadísticamente seleccionadas, y no de un muestreo destructivo particular para la construcción de funciones locales de biomasa para la población en estudio. La distribución porcentual de la biomasa aérea leñosa de los individuos (30,2% corresponde al fuste, 60,2% a ramas en julio y 30,3% corresponde al fuste, 61,8% a ramas en octubre) se encuentran entre lo reportado para el género *Prosopis* (Aronson, et al., 2002; Padrón y Navarro 2004, Khan, et al., 2011).

Existe una tendencia al incremento en la media del diámetro basal equivalente y en área basal acumulada de la población (Vicos+Secos). Si se agrupan estadísticamente los resultados obtenidos para el diámetro basal equivalente, el primer periodo (Mediciones de abril de 2022 y enero de 2023) presentaría una media de 6,2 cm, en cambio el segundo periodo (Mediciones de abril, julio y octubre de 2023) presentaría una media de 7,5 cm, resultando en un incremento en la media del diámetro basal equivalente de 1,3 cm, equivalente a un 20,1%. El área basal para el primer periodo presentaría una media de 2,4271 m<sup>2</sup>, en cambio el segundo periodo presentaría una media de 2,9298 m<sup>2</sup>, resultando en un incremento en área basal de 0,5659 m<sup>2</sup>, equivalente a un 23,3% del área basal total.

Si bien las magnitudes registradas son superiores a lo reportado en la medición anterior (enero y abril 2023), es importante señalar que estas variables al ser propias de un modelamiento son altamente sensibles a errores instrumentales que pueden ser causados por perturbaciones naturales frecuente en estos ecosistemas, como por ejemplo el enterramiento o desenterramiento de los árboles por arrastre de arena, que hace variar muchas veces las alturas (no marcadas en el individuo) donde se realizan las mediciones de los diámetros basales principalmente.

La proporción de individuos con fruto reportada en la campaña de julio 2023 es baja (1,60% de la población) e inexistente en octubre. Esta drástica disminución en la cantidad de frutos (2,3 vainas por árbol en promedio), indicaría más bien que éstos corresponden a frutos que persisten en el árbol una vez terminado el peak de fructificación de la población. La literatura indica que *N. alba* florece entre los meses de noviembre y diciembre, fructificando en febrero (Rodríguez et al. 1983), si bien este periodo es variable según condiciones locales, los resultados obtenidos a la fecha indicarían una concentración de los frutos durante los primeros tres meses del año.

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

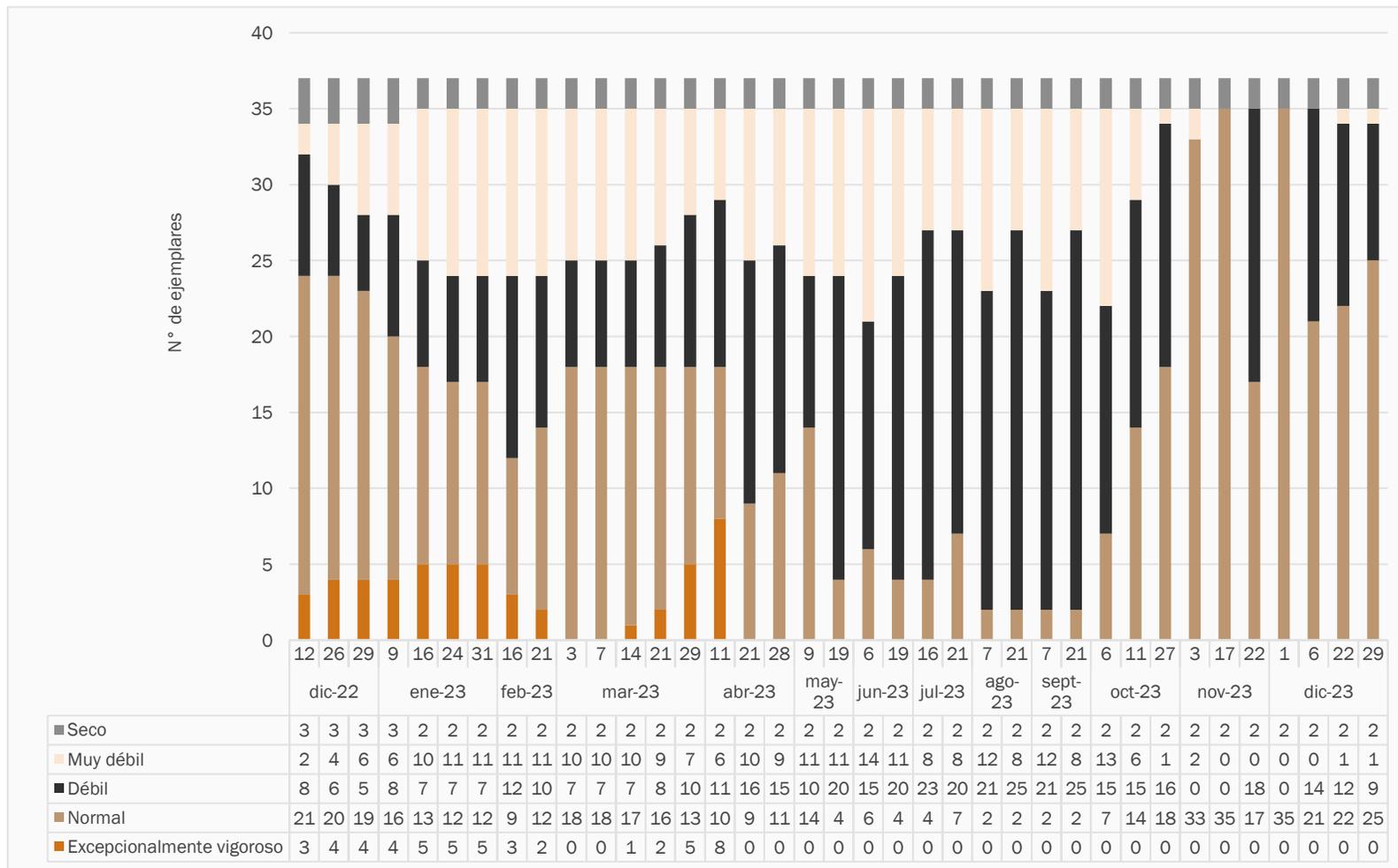
Se ha evaluado la vitalidad y porcentaje de copa viva de 37 ejemplares de algarrobo sometidos a riego a partir de 37 mediciones realizadas entre diciembre de 2022 y diciembre de 2023. Se presenta la evolución temporal de estos parámetros para dicho periodo. Cada uno de los 37 reportes de riego se exponen en el Anexo 8 del presente informe.

### 6.2.1 Vitalidad

Los ejemplares secos se han mantenido relativamente constantes durante las prospecciones realizadas entre 2022 y 2023. Se observa que durante las 3 campañas de diciembre 2022 y la primera del 2023 (9 de

enero), se registraron 3 individuos secos y a partir de la segunda campaña del 2023 (16 de enero), este número bajó a 2 ejemplares, los cuales se mantienen sin variaciones hasta los monitoreos de junio a diciembre de 2023. Los ejemplares en categoría Muy débil muestran un mínimo de 2 ejemplares (registrados en la campaña del 13 de diciembre 2022), mientras que el máximo alcanzó 14 individuos en la campaña del 06 de junio 2023. Los resultados indican un aumento de los ejemplares en categoría Muy débiles en el primer semestre de 2023, lo cual es concordante con la estacionalidad, ya que se observa un aumento hacia los meses de receso vegetativo (temporada invernal). A partir de octubre de 2023, se observa una disminución de estos individuos, que se mantiene bajo hasta diciembre de 2023. El efecto de la estacionalidad se vuelve más evidente al analizar los ejemplares en categoría Débil, donde el máximo se registró en la campaña del 21 de septiembre de 2023 con 25 individuos, para luego disminuir a 0 individuos el 3 de noviembre de 2023. Cabe destacar que en diciembre se registran algunos individuos en esta categoría. Por otra parte, los individuos en categoría Crecimiento normal muestran un comportamiento opuesto, donde los máximos se registran en las épocas más favorables, específicamente en la prospección del 17 de noviembre de 2023, donde se registraron 35 individuos en esta categoría. Cabe destacar que el mínimo se registró en las campañas de septiembre 2023 con solo 2 ejemplares. Por otra parte, los individuos en categoría Excepcionalmente vigoroso se presentan de forma más aislada, donde el máximo se registró en la campaña del 11 de abril con 8 ejemplares, mientras que el mínimo llega a 0 individuos y se mantiene sin registros durante todo el segundo semestre de 2023.

Figura 6-24. Evolución de la vitalidad de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego



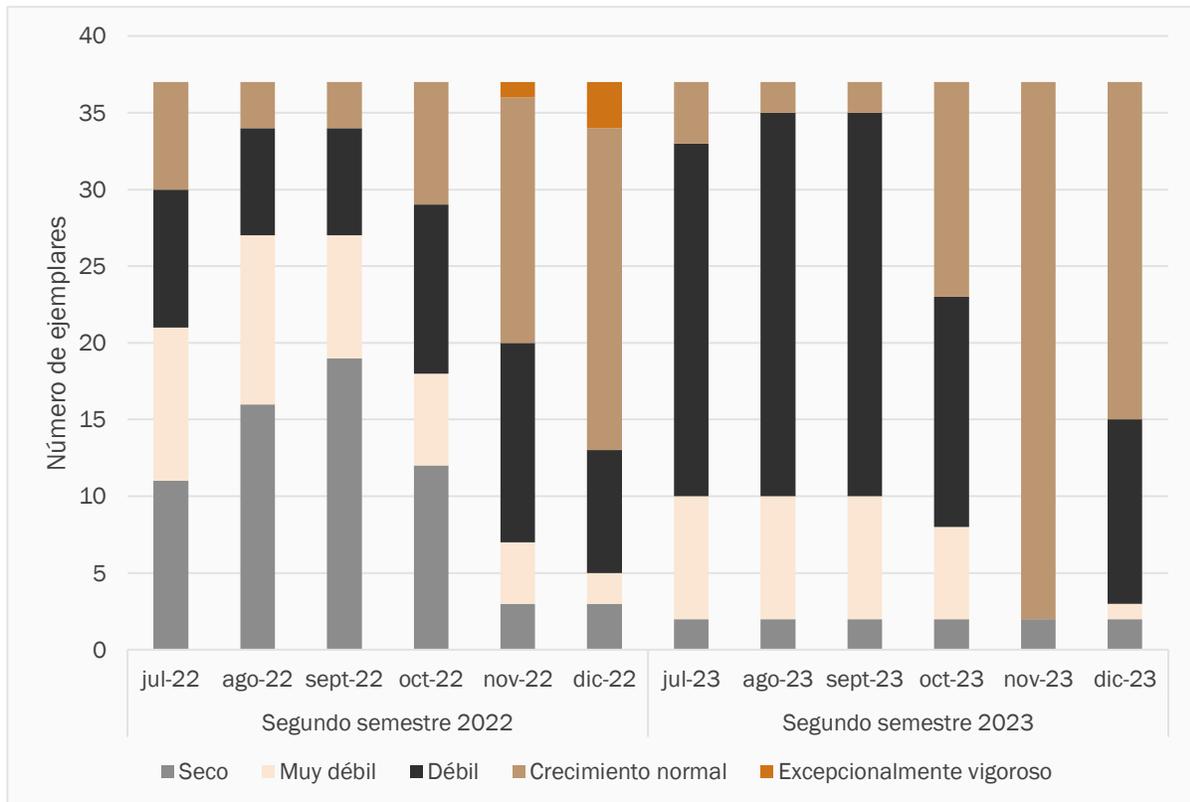
\* Los números en la tabla corresponden a la cantidad de ejemplares por categoría de vigor. Fuente: GMA, 2022 y 2023

Fuente: Elaboración propia

6.2.1.1 Evaluación de los árboles bajo sistema de riego respecto al segundo semestre del año 2022

Para evaluar la vitalidad de los ejemplares bajo sistema de riego, se ha comparado este parámetro con los datos colectados durante el segundo semestre de 2022 (Figura 6-25). En general, se observa que en el segundo semestre del 2022 (situación sin riego hasta noviembre), la cantidad de ejemplares en estado Seco es variable mes a mes, observándose un aumento de los ejemplares secos particularmente hacia la época de receso vegetativo de las plantas que se extiende hasta septiembre de 2022, mientras que en el segundo semestre del 2023 (situación con riego), los ejemplares secos se mantienen en 2 individuos durante todo el período. Ocurre una situación similar con la cantidad de ejemplares en estado Muy débil, donde la situación del segundo semestre de 2022 muestra una mayor variabilidad mes a mes, mientras que la situación del segundo semestre 2023 muestra que estos ejemplares no varían desde julio a septiembre, y disminuyen a partir de octubre 2023. En las categorías de vigor Débil, Crecimiento normal y Excepcionalmente vigoroso, se observa que, en el segundo semestre del 2022, la cantidad de ejemplares en estas categorías de vigor es variable mes a mes. Si bien durante los primeros meses (julio a septiembre) de 2023 predominan los individuos en categoría Débil, es una situación esperable asociada a la temporada invernal. A medida que avanza la temporada de primavera, aumentan los individuos con crecimiento normal y excepcionalmente vigoroso hacia diciembre de 2023.

Figura 6-25. Evolución de la vitalidad de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego

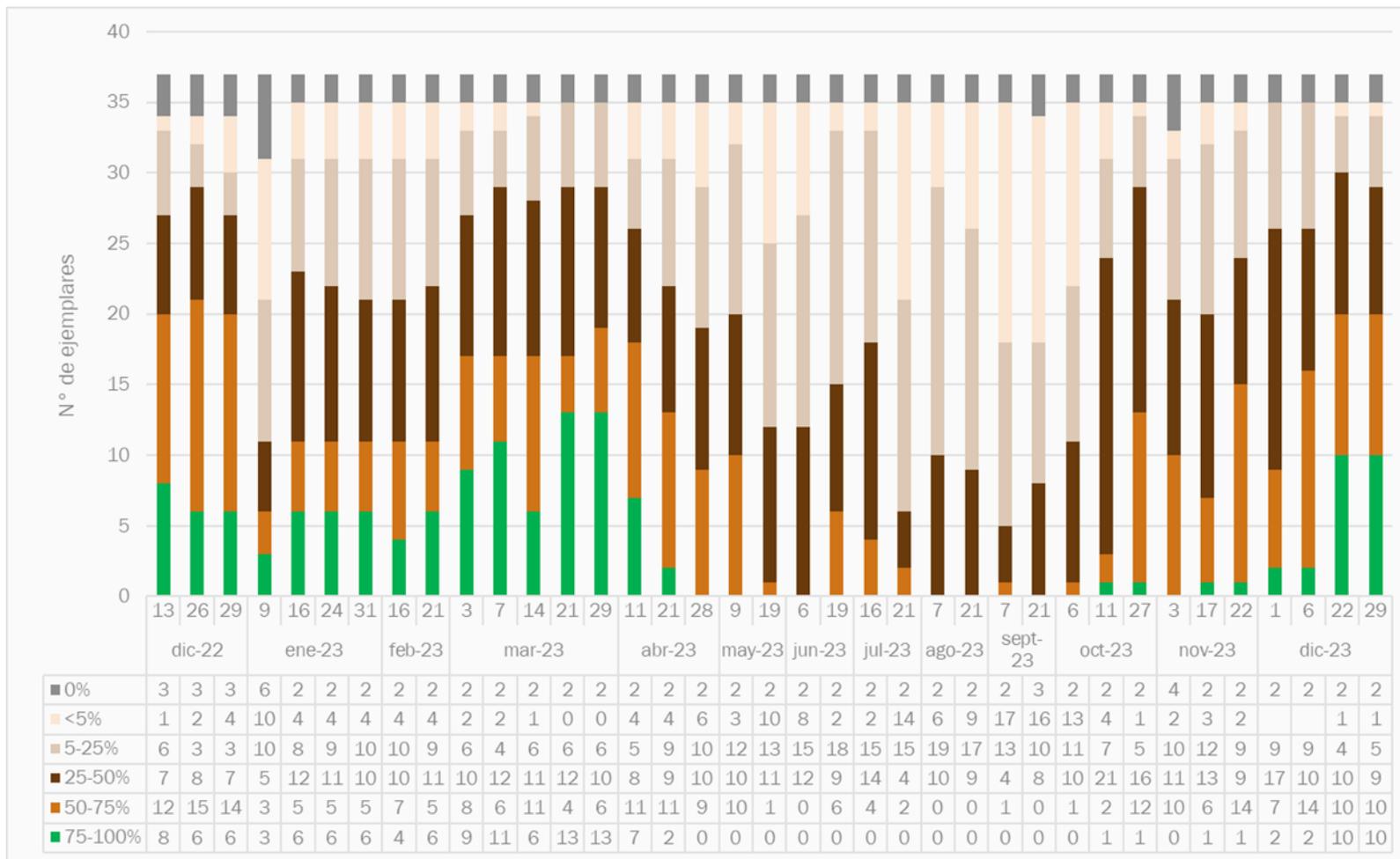


Fuente: Elaboración propia

## 6.2.2 Porcentaje de copa viva

Tal como se mencionó en la sección anterior, los ejemplares secos o con 0% de copa viva se han mantenido relativamente constantes durante las prospecciones realizadas entre 2022 y 2023. Se observa que durante las 3 campañas de diciembre 2022 y la primera del 2023 (9 de enero), se registraron 3 individuos secos y a partir de la segunda campaña del 2023 (16 de enero), este número bajó a 2 ejemplares, los cuales se mantienen hasta los monitoreos de septiembre de 2023, exceptuando la campaña del 21 de septiembre donde se registraron 3 ejemplares. Sin embargo, en general se observa muy poca variación en la categoría Seco durante el período. Los ejemplares con copa <5%, muestran un mínimo de 0 ejemplares (registrados en las campañas del 6 de diciembre de 2023), mientras que el máximo alcanzó 17 individuos en la campaña del 7 de septiembre de 2023. Los resultados indican una disminución de los ejemplares con <5% de copa viva en el periodo del segundo semestre de 2023, a diferencia del primer semestre donde se observó un aumento hacia los meses de receso vegetativo. En el caso de los individuos en rango 5-25% y 25-50%, se observan valores máximos de 19 y 21 ejemplares en agosto y octubre de 2023 respectivamente, sin observar una tendencia clara, ya que los valores altos se extienden hasta diciembre de 2023. Distinto es el caso de las categorías del rango 50-75%, donde se observa un aumento en el número de ejemplares a partir de octubre de 2023, para llegar a un máximo anual (2023) de 14 individuos en la campaña del 16 diciembre de 2023. Sin embargo, el valor máximo se registró en diciembre de 2022 con 15 individuos. En el caso de la categoría 75-100%, se observa una alta variación entre monitoreos y una leve tendencia a la baja; el valor mínimo se registró en la campaña del 6 de junio donde no se registraron individuos con esta categoría, mientras que el valor máximo se registró en la campaña del 26 de diciembre 2022 con 15 individuos. Respecto a los ejemplares con copa viva de 75-100% se aprecia que los máximos se registran en las épocas favorables (13 ejemplares registrados en las campañas del 21 y 29 de marzo de 2023), mientras que los mínimos se registraron en la época invernal (0 ejemplares con esta categoría a partir del monitoreo del 28 de abril y se extiende hasta el 6 de octubre). El número de individuos en esta categoría aumentó lentamente durante el segundo semestre, hasta llegar a 10 individuos en diciembre de 2023.

Figura 6-26. Evolución del porcentaje de copa viva de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego



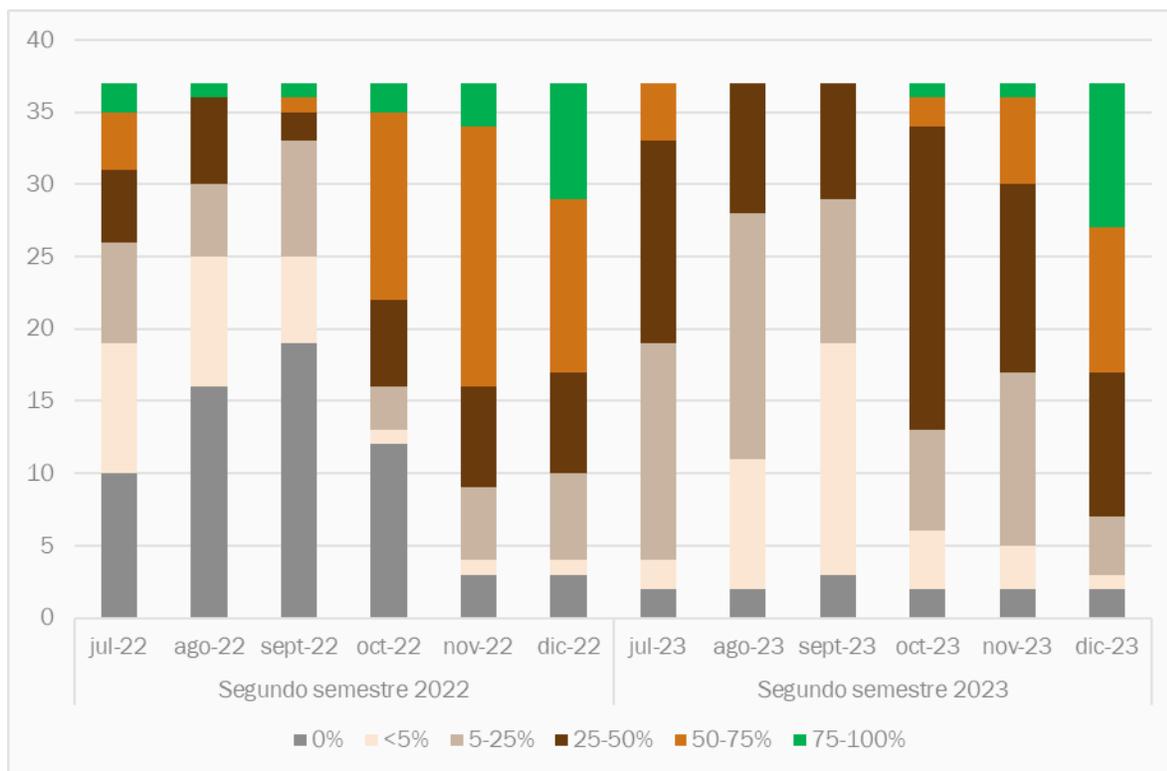
\* Los números en la tabla corresponden a la cantidad de ejemplares por categoría de copa viva. Fuente: GMA, 2022 y 2023

Fuente: Elaboración propia

### 6.2.2.1 Evaluación de los árboles bajo sistema de riego respecto al segundo semestre del año 2022

Para evaluar el porcentaje de copa viva de los ejemplares bajo sistema de riego, se ha comparado este parámetro con los datos colectados durante el segundo semestre del 2022 (Figura 6-25). En general se observa que el follaje de los individuos se muestra sensible a las condiciones ambientales propias de la estacionalidad, dado que, en los meses correspondientes al periodo de receso vegetativo, la copa muestra una respuesta inmediata, al disminuir su volumen, lo que se traduce en un aumento de los individuos sin copa y con follaje <5%, y una disminución de los individuos con mayor proporción de copa viva. En el caso de los individuos con copa 0% en el segundo semestre de 2022, el valor máximo de individuos se registró en septiembre con 19 individuos, cifra que se mantuvo alta hasta octubre de 2022. En el caso del segundo semestre de 2023, el número de individuos con copa 0% se mantuvo alrededor de los 2 individuos y sin mayores variaciones durante todo el período, lo que podría estar relacionado directamente con los efectos del riego. Por otra parte, si bien los individuos con copa viva <5% se observa mayormente durante la época de receso vegetativo en ambos semestres, en el segundo semestre de 2023 se observan 7 individuos menos que en julio de 2022. A pesar de esto, el número de individuos con copa viva <5% sigue con valores altos hasta septiembre de 2023, para luego disminuir en los meses de octubre a diciembre. El rango de copa viva 5-25% en general muestra valores más altos en el segundo semestre de 2023 que en el segundo semestre de 2022, principalmente en los meses de julio y agosto de 2023. El rango de copa viva 25-50% presenta una situación similar a la categoría anterior, aumentando sus ejemplares respecto al semestre 2022 principalmente en los meses de receso vegetativo, situación que se extiende hasta octubre. En el caso del rango de copa 50-75%, no se observan diferencias en julio y agosto de ambos periodos. Sin embargo, de septiembre a octubre 2023, se registran valores más bajos que los observados en los mismos meses durante 2022. Una situación similar ocurre con la categoría 75-100%, cuyos valores en el segundo semestre de 2023 disminuyeron respecto a 2022, exceptuando el mes de diciembre, donde se registran 2 individuos más que en diciembre de 2022.

Figura 6-27. Evolución del porcentaje de copa viva de los ejemplares de algarrobo bajo sistema de riego



Fuente: Elaboración propia

### 6.3 Caracterización de la flora y vegetación

#### 6.3.1 Vegetación

##### 6.3.1.1 Superficie

La superficie de la Quebrada de Camar presenta variaciones en el tiempo. Tal como se observa en la Figura 6-28, la variación en el tiempo (abril 2021 a octubre 2023) del matorral de *Tessaria absinthioides* reporta un promedio de 243,68 ha  $\pm$  9,07 ha con un valor máximo de 257,84 ha reportado en abril 2023. A su vez, este matorral representa en promedio un 58,98%  $\pm$  1,42% de la superficie total cubierta de matorrales de la Quebrada de Camar.

El matorral de *Tiquilla atacamensis* registra un promedio de 113,69 ha  $\pm$  2,92 ha, y el valor máximo registrado es de 117,7 ha en los meses de abril 2021 y enero 2022. Este matorral representa en promedio un 27,54%  $\pm$  1,22% de la superficie total de matorrales.

El matorral de *Atriplex atacamensis* - *Atriplex imbricata* registra un promedio de 24,59 ha  $\pm$  7,78 ha con un valor máximo de 43,39 ha reportado en octubre 2023. Este matorral representa en promedio un 5,95%  $\pm$  1,89% de la superficie total cubierta de matorrales de la Quebrada.

El matorral de *Aloysia deserticola* registra un promedio de 31,17 ha  $\pm$  9,24 ha, y registra un valor máximo de superficie de 41,40 ha reportado en octubre 2022 y enero 2023. Este matorral representa en promedio un 7,52%  $\pm$  2,18% de la superficie total cubierta por matorrales.

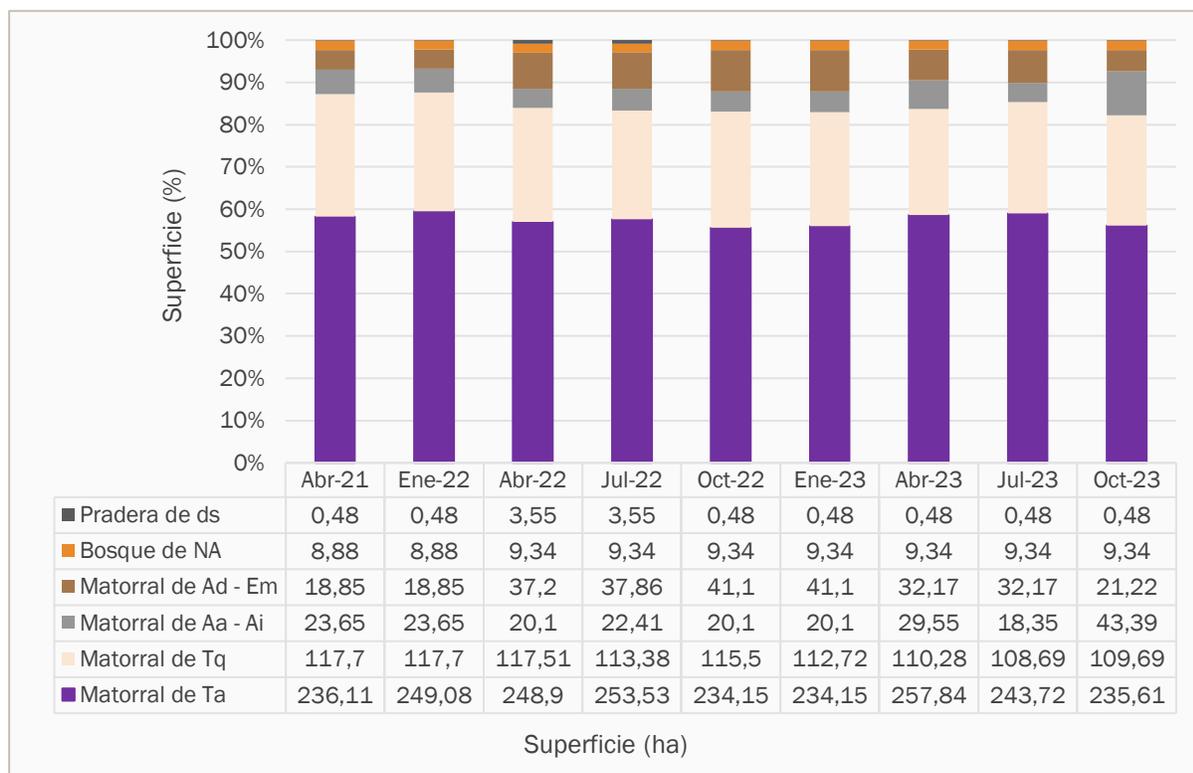
Las superficies de Bosque de *Neltuma alba* y pradera de *Distichlis spicata* registran un promedio de 9,24 ha  $\pm$  0,20 ha y 1,16 ha  $\pm$  1,35 ha respectivamente. Estas superficies cubiertas de vegetación no presentan mayores variaciones en el tiempo.

**Tabla 6-1. Variación histórica de superficie de matorrales en la quebrada**

Matorral	Superficie (ha)									
	Abr-21	Ene-22	Abr-22	Jul-22	Oct-22	Ene-23	Abr-23	Jul-23	Oct-23	
Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	236,11	249,08	248,9	253,53	234,15	234,15	257,84	243,72	235,61	
Matorral de <i>Tiquilia atacamensis</i>	117,7	117,7	117,51	113,38	115,50	112,72	110,28	108,69	109,69	
Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i> - <i>Atriplex imbricata</i>	23,65	23,65	20,1	22,41	20,10	20,10	29,55	18,35	43,39	
Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> - <i>Ephedra multiflora</i>	18,85	18,85	37,2	37,86	41,10	41,10	32,17	32,17	21,22	
<b>Total superficie Matorrales</b>	<b>396,31</b>	<b>409,28</b>	<b>423,71</b>	<b>427,18</b>	<b>410,85</b>	<b>408,07</b>	<b>429,84</b>	<b>402,93</b>	<b>409,91</b>	

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-28. Evolución de la superficie de las formaciones vegetacionales presentes en la quebrada de Camar



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

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

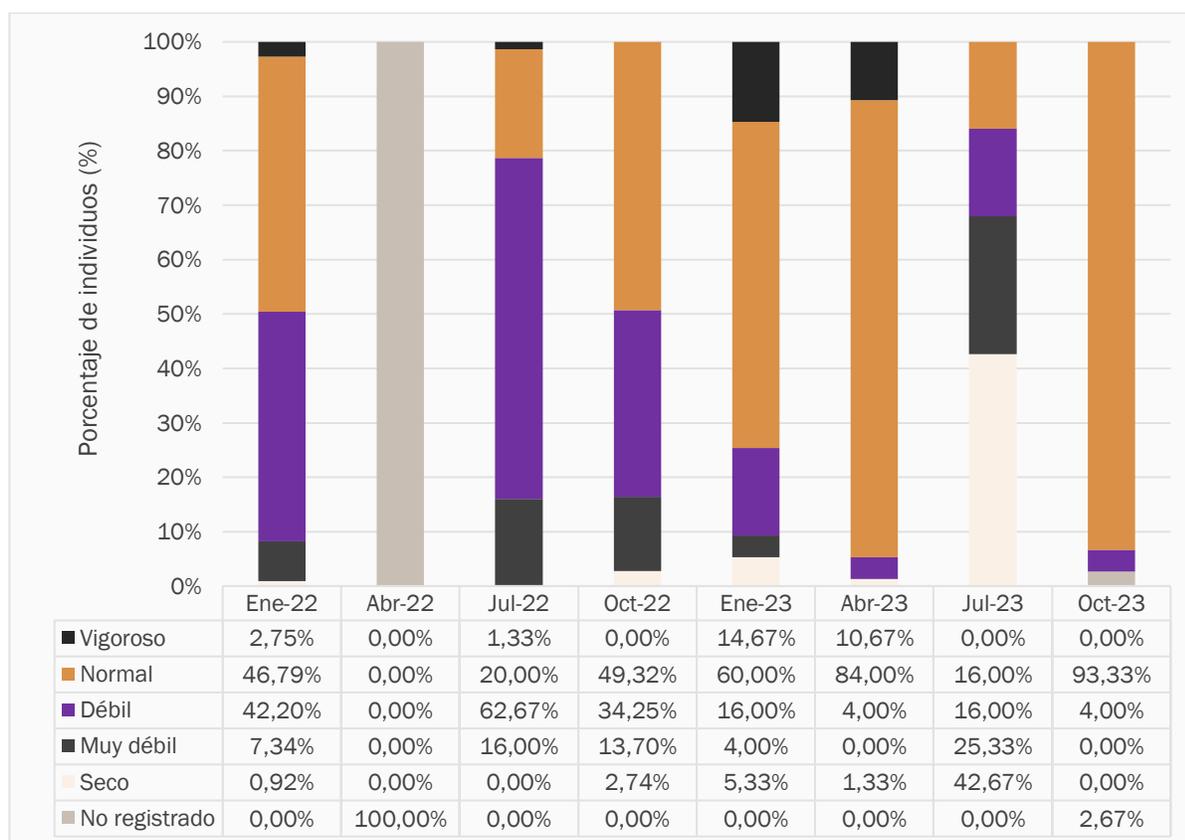
Fuente: Elaboración propia

### 6.3.1.2 Estado de vitalidad y sanitario

Tal como se muestra en la Figura 6-29, el estado vital de las 75 unidades de vegetación ha presentado variaciones en el tiempo. El porcentaje de polígonos en categoría normal registra un promedio de 52,78% ± 23,16% con un valor máximo de 93,3% (70 unidades vegetacionales) en octubre 2023. La categoría Débil registra un promedio de 31,82% ± 22,86%, mientras que el valor máximo fue de 62,67% (47 unidades) en julio 2022. La categoría Muy débil registra un promedio de 9,48% ± 6,65% y un valor máximo de 25,33% (19 unidades) registradas en julio 2023. La categoría Excepcionalmente vigorosa obtuvo un promedio de 4,20% ± 6,43%, con un valor máximo de 14,67% (11 unidades) registradas en enero 2023. Respecto al estado fitosanitario de los polígonos visitados, además de lo registrado respecto a la afectación animal y antrópica (ver acápite 5.3.5), no registran signos de otros tipos de daños.

Al comparar el período analizado (julio y octubre de 2023), se observa un aumento en el número de polígonos en categoría Normal en octubre de 2023 con un diferencial positivo de 77,33%, lo cual podría relacionarse al término de la época de receso vegetativo (periodo invernal) y al comienzo de la primavera, donde el desarrollo vegetativa tiende a aumentar. Mientras que se observa una disminución en el número de polígonos en estado vital Seco con un diferencial de 42,67%. Los polígonos en estado Muy débil y Débil también disminuyeron en octubre de 2023 con un diferencial de 25,33% y 12,00%, respectivamente.

Figura 6-29. Variación histórica de la vitalidad en la vegetación de la Quebrada de Camar

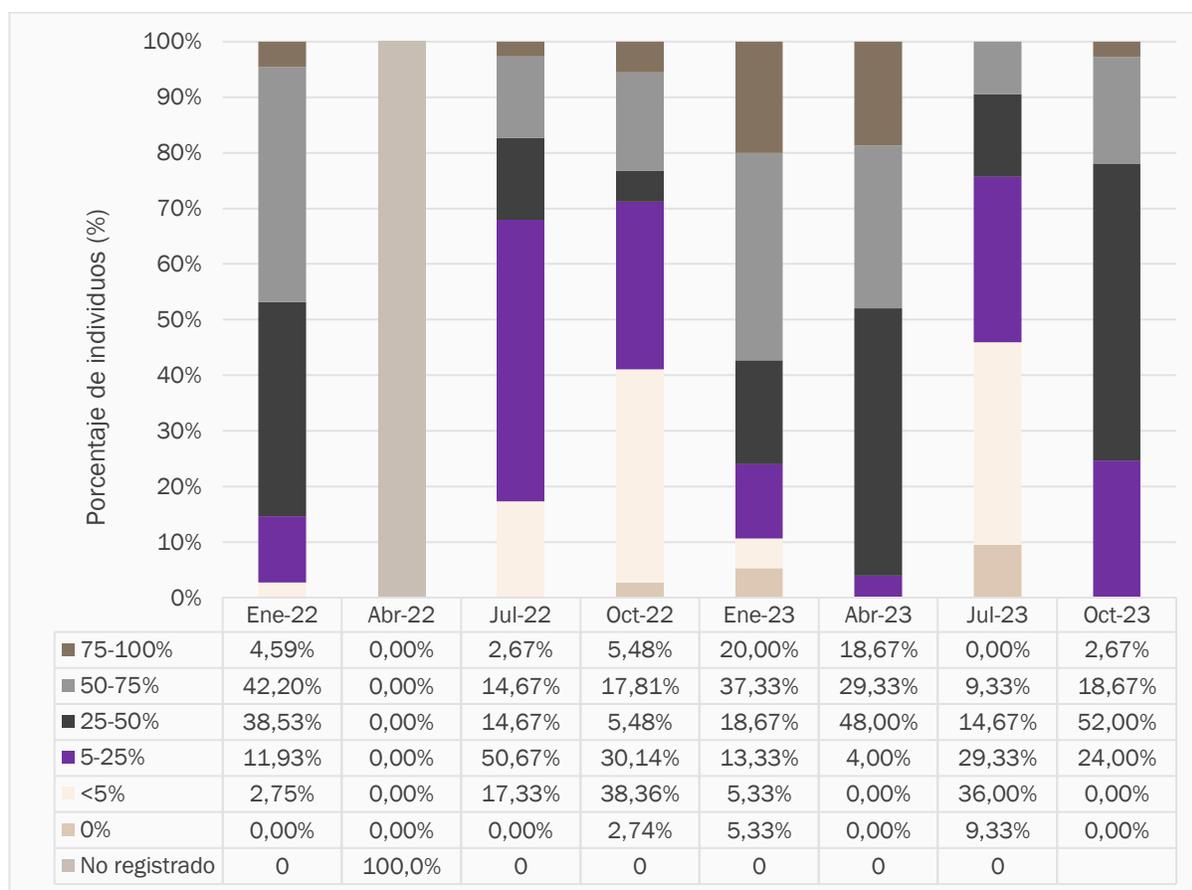


Fuente: Elaboración propia, 2023

### 6.3.1.3 Porcentaje copa viva

Tal como se muestra en la Figura 6-30 la categoría de copa viva entre 25-50% reporta el mayor promedio con un valor de 27,43% + 18,41% con un valor máximo de 52,00% (39 unidades) en octubre 2023. La categoría de copa entre 50-75% reporta un promedio de 24,19% + 12,29% con un valor máximo de 42,20% (46 unidades) reportadas en enero 2022. La categoría de copa entre 5-25% con un promedio de 23,34% + 15,46% y un valor máximo de 50,67% (38 unidades) reportado en julio 2022. La categoría de copa <5% reporta un promedio de 14,25% + 16,74% con un valor máximo de 38,36% (28 unidades) registrados en octubre 2022. La categoría 75-100% reporta un promedio de 7,72% + 8,13% con un valor máximo de 20,00% (15 unidades) registradas en enero 2023. Finalmente, la categoría 0% reporta un promedio de 2,49% + 3,65% con un valor máximo 9,33% (7 unidades) reportadas en julio 2023.

Figura 6-30. Variación histórica del porcentaje de copa viva en la vegetación de la Quebrada de Camar



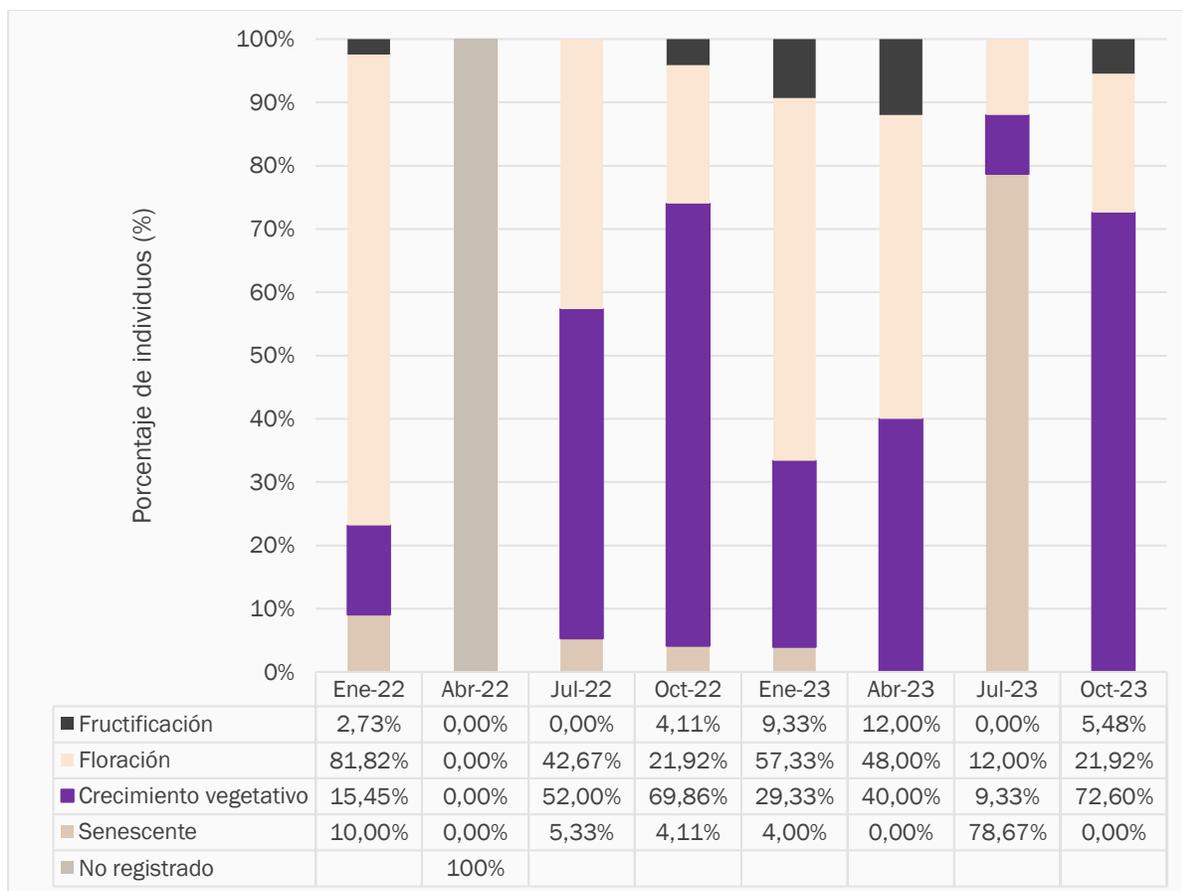
Fuente: Elaboración propia

### 6.3.1.4 Estado fenológico

Tal como se muestra en la Figura 6-31, el estado fenológico con mayor promedio reportado fue Crecimiento vegetativo con un valor de 41,23% ± 24,98% y obtuvo un valor máximo de 72,60% (53 unidades) en octubre 2023. La categoría Floración registró un promedio de 40,81% ± 24,34% con un valor máximo de 81,82% (90 unidades) en enero 2022. La categoría Senescente registra un promedio de 14,59% + 28,46% con un valor

máximo de 78,67% (59 unidades) en julio 2023. La categoría Fructificación registra un promedio de 4,81% + 4,54% con un valor máximo de 12,00% (9 unidades) registradas en abril 2023.

Figura 6-31. Variación histórica del estado fenológico en la vegetación de la Quebrada de Camar



Fuente: Elaboración propia

### 6.3.1.5 Afectación antrópica y/o natural

Los monitoreos trimestrales dan cuenta que desde el comienzo de los reportes trimestrales se han observado algunos signos que evidencian el daño antrópico y en menor medida la afectación natural por daño animal en las plantas o sitios de monitoreo de la vegetación de Camar. Los signos que se observan principalmente son la presencia de huellas vehiculares, obras, y basura, además de desgarrar de ramas por parte de burros silvestres (ramoneo). Cabe destacar que, no se ha evidenciado durante el primer semestre de 2023, la afectación por plagas en los polígonos analizados.

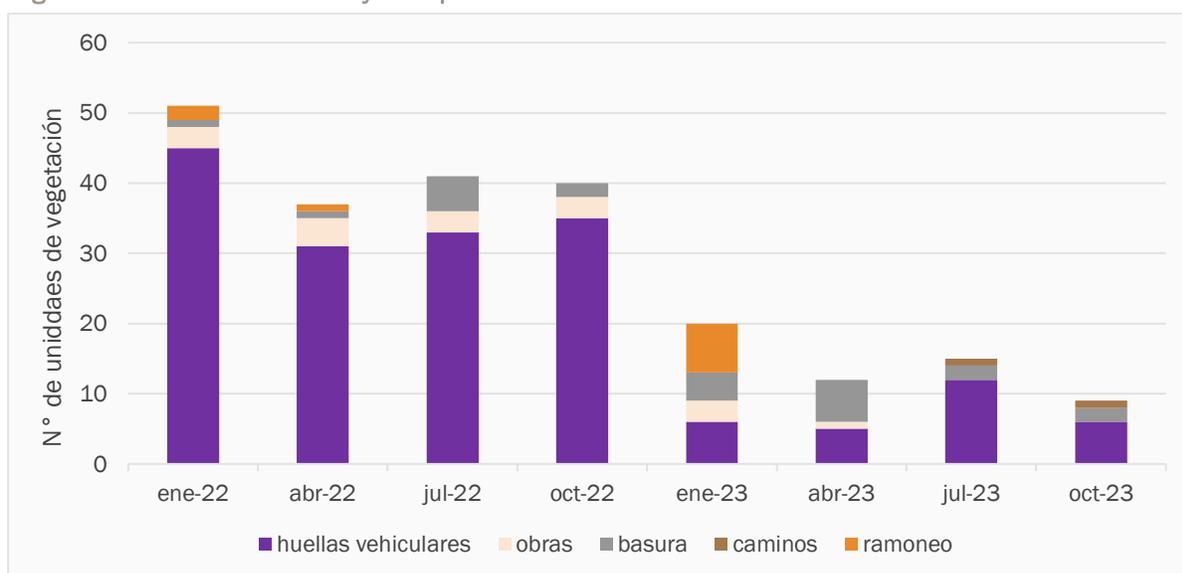
Al analizar la afectación animal y antrópica desde enero de 2022 a octubre 2023 se observa la presencia de huellas vehiculares corresponde a la principal afectación en las unidades de vegetación, estas corresponden a una perturbación de los sitios, ya que el tránsito vehicular por caminos no habilitados puede afectar a la flora y fauna del sector, así como también a los atributos del paisaje, en menor medida ha encontrado presencia de obras dentro de las unidades, las que están asociadas principalmente al mejoramiento de la ruta

B-371 y al camino entre pozos, en menor medida se ha encontrado presencia de basura en las unidades prospectadas.

La afectación animal (ramoneo) se ha encontrado en pocas oportunidades, dado que la vegetación de matorral (presencia de *Tessaria absinthioides*, *Atriplex atacamensis*, *Distichlis spicata* y otras plantas), se consideran de bajo interés la dieta para los burros silvestres, dado que se observa mayor presencia de este tipo de daño, en los árboles de Algarrobo que crecen en la quebrada.

Se observa una disminución de la presencia de huellas vehiculares en el sector en los monitoreos hasta abril del 2023, la cual vuelve a aumentar levemente en julio del mismo año, disminuyendo nuevamente en octubre de 2023, lo cual se atribuye a la implementación de medidas, como el uso de caminos autorizados. La presencia de basura no se muestra con baja en el tiempo, pero se mantiene entre 1 y 6 unidades de vegetación (Figura 6-32).

Figura 6-32. Afectación animal y antrópica



Fuente: Elaboración propia, 2023

## 6.3.2 Flora

### 6.3.2.1 Riqueza florística

Tal como se muestra en la Tabla 6-2, la riqueza florística en la quebrada de Camar presenta variaciones en el tiempo. La riqueza florística acumula 26 taxa hasta octubre 2023. Según Gutiérrez (2008), los períodos cortos e infrecuentes de intensas lluvias aumentan la humedad del suelo, lo que regula el patrón de productividad de la biota del desierto. Lo anterior podría explicar la presencia de las 6 nuevas taxa registradas en

abril 2023<sup>24</sup>, donde, además, la napa es profunda, por lo que eventos de precipitaciones son considerablemente favorables para el crecimiento y desarrollo de algunas especies.

---

<sup>24</sup> SQM en línea <https://www.sqmsenlinea.com/meteorology> y Red Agrometeorológica de INIA. Estación Camar, San Pedro de Atacama. <https://www.agrometereología.cl>

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

Nº	Nombre científico	Familia	Hábito de crecimiento	Origen	Enero 2022	Abril 2022	Julio 2022	Octubre 2022	Enero 2023	Abril 2023	Julio 2023	Octubre 2023
1	<i>Adesmia atacamensis</i>	Fabaceae	Arbusto	Endémico	(*)	(*)	X	X	(*)	(*)	-	-
2	<i>Adesmia rahmeri</i>	Fabaceae	Hierba anual	Nativo	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	-	-
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
5	<i>Ambrosia artemisioides</i>	Asteraceae	Arbusto	Nativo	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	-	-
6	<i>Atriplex atacamensis</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Endémico	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
8	<i>Cistanthe amarantoides</i> *	Montiaceae	Hierba perenne	Endémico	-	-	-	-	-	(*)	-	-
9	<i>Cistanthe celosioides</i>	Montiaceae	Hierba anual	Nativo	X	X	(*)	(*)	X	(*)	-	-
10	<i>Cistanthe salsoloides</i>	Montiaceae	Hierba anual	Nativo	(*)	(*)	X	X	-	X	X	-
11	<i>Cristaria dissecta</i> *	Malvaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	(*)	-	-
12	<i>Distichlis spicata</i>	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X
13	<i>Ephedra multiflora</i>	Ephedraceae	Arbusto	Nativo	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	-	-
16	<i>Hoffmannseggia doellii</i>	Fabaceae	Hierba perenne	Endémico	-	(*)	(*)	(*)	-	(*)	-	-
17	<i>Lupinus oreophilus</i>	Fabaceae	Hierba perenne	Endémico	-	(*)	(*)	(*)	-	(*)	-	-
18	<i>Neltuma alba</i>	Fabaceae	Árbol	Nativo	(*)	(*)	(*)	(*)	-	(*)	X	X
19	<i>Phragmites australis</i>	Poaceae	Hierba perenne	Introducido	(*)	(*)	(*)	(*)	-	(*)	-	-

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

N°	Nombre científico	Familia	Hábito de crecimiento	Origen	Enero 2022	Abril 2022	Julio 2022	Octubre 2022	Enero 2023	Abril 2023	Julio 2023	Octubre 2023
20	<i>Solanum chilense</i>	Solanaceae	Hierba perenne	Endémico	(*)	(*)	(*)	(*)	-	(*)	X	-
21	<i>Strombocarpa tamarugo</i>	Fabaceae	Árbol	Endémico	(*)	(*)	(*)	(*)	-	(*)	X	X
22	<i>Tarasa operculata</i>	Malvaceae	Arbusto	Nativo	(*)	(*)	(*)	(*)	-	X	-	-
23	<i>Tessaria absinthioides</i>	Asteraceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X
24	<i>Tiquilia atacamensis</i>	Boraginaceae	Arbusto	Endémico	X	X	X	X	X	X	X	X
25	<i>Tribulus terrestris</i>	Zygophyllaceae	Hierba anual	Introducido	-	-	-	-	-	X	-	-
26	<i>Urmenetea atacamensis</i>	Asteraceae	Hierba perenne	Nativo	(*)	(*)	(*)	(*)	-	(*)	-	-
Riqueza dentro de los puntos de muestreo					9	8	9	8	8	11	11	9
Riqueza fuera de los puntos de muestreo					10	12	11	12	12	15	-	-
Riqueza total					19	20	20	20	20	26	11	9

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

Fuente: Elaboración propia, 2023

Según lo reportado en el informe N° 16 del PSA Biótico del Proyecto Cambios y Mejoras en la Operación Minera del Salar de Atacama (2022), los matorrales de *Tessaria absinthioides* y de *Atriplex atacamensis* – *Atriplex imbricata* poseen una amplia distribución. Tal como señalan Rodríguez *et al.*, (2018), estas especies corresponden a arbustos nativos de amplia distribución (encontrándose entre las regiones de Arica y Parinacota y Biobío), en un rango altitudinal que va desde los 0 hasta los 3.000 msnm dentro del Borde Este del Salar de Atacama, cubriendo superficies de 7.359,95 ha y 1.780,87 ha respectivamente. *Tessaria absinthioides* (brea), corresponde a un arbusto nativo de amplia distribución (encontrándose entre las regiones de Arica y Parinacota hasta Biobío), en un rango altitudinal que va desde los 0 hasta los 3.000 msnm. En la quebrada de Camar, el tipo vegetacional Matorral de brea ocupa una superficie de 235,61 ha.

La presencia de *Atriplex atacamensis* (cachiyuyo) y *Atriplex imbricata* (ojalar), ocupa 43,39 ha (octubre 2023) y representa un 0,12% del porcentaje total de transectos hasta octubre 2023. El 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 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). Ambas especies han sido descritas en el Borde Este del Salar de Atacama desde comienzos del monitoreo del PSA del proyecto Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama (año 2006) y conforman el tipo vegetacional matorral cachiyuyo – ojalar, el cual posee una superficie de 1.780,87 ha (según el informe N° 16 del PSAB).

Por su parte, considerando el área de estudio del PSA Biótico y los resultados expuestos en el informe N° 16, *Tiquilia atacamensis* (káuchal), es de las especies menos abundante en el Salar de Atacama y conforma al tipo vegetacional Matorral de káuchal que en el total del Borde Este ocupa una superficie de 858,53 ha. En el área de la quebrada de Camar este tipo vegetacional ocupa 109,69 ha (octubre 2023), siendo la segunda más abundante lo que representa un 2,71% de superficie total. El 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 registrarse en el año 2017 en los informes del PSA del Proyecto Cambios y Mejoras en la Operación Minera del Salar de Atacama, cuya presencia podría estar ligada a las lluvias del invierno altiplánico, dado que crece en sectores aluviales, en el área de transición entre la franja de vegetación y el área desprovista de vegetación (Faúndez, 2015).

En menor medida se presenta *Aloysia deserticola* (rica – rica), otra especie presente en el área. Esta especie 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). Según lo descrito en el PSAB del Proyecto Cambios y Mejoras, en el Borde Este es posible visualizar este arbusto junto a *Ephedra multiflora* (pingo pingo), formando el Matorral de rica rica – pingo pingo, el cual posee una superficie de 436,42 ha (según el informe N° 16 del PSAB). Mientras que, en la quebrada de Camar ocupa 21,22 ha hasta octubre 2023.

También se registró la especie *Cistanthe celosioides* (lukupa), la que corresponde a una 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 para la acción 24 del Plan de Cumplimiento. Según Gutiérrez (2008), los períodos cortos e infrecuentes de intensas lluvias aumentan la humedad del suelo, lo que regula el patrón de productividad de la biota del desierto. Lo anterior se condice con lo reportado en el período de abril 2023. Por su parte, Holmgren *et al.*, (2011), reportan que la fertilidad del suelo puede ser extremadamente alta posterior a eventos de precipitaciones abundantes, pudiendo sustentar una comunidad biótica rica, pero de corta duración.

Otra especie abundante en el área es *Distichlis spicata* (grama salada), 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 esta especie conforma al tipo vegetacional pradera de Grama salada que ocupa una superficie de 2.236,96 ha (según el informe N° 16 del PSAB). En el área de la quebrada de Camar este tipo vegetacional ocupa una porción menor (0,48 ha), ya que 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.

En cuanto a lo reportado, la superficie total de la vegetación en el monitoreo de octubre 2023 registró un aumento del 6,98% (412,75 ha reportado en julio 2023 vs 419,73 ha en octubre 2023). Al comparar el monitoreo de octubre 2023 con de octubre 2022 (410,85 ha), se observa un leve aumento (8,88%) de la superficie total de vegetación.

### 6.3.2.2 Abundancia

En la Tabla 6-3 se presenta la variación histórica (enero 2022 hasta octubre 2023) en la cobertura que tienen las especies respecto al porcentaje del total de puntos de muestreo. La especie más frecuente es *Tessaria absinthioides*, con un promedio de 9,36% de cobertura y un valor máximo de cobertura de 12,80% del total de puntos de muestreo reportado en octubre 2023. En menor medida *Tiquilia atacamensis* registra un promedio de cobertura de 1,66%, con un valor máximo de cobertura de 3,22% reportado en enero 2022. La especie *Atriplex atacamensis* registra un promedio de 1,68% y un valor máximo de cobertura de 2,97% reportado en octubre 2023.

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

N°	Especie	Ene-22	Abr-22	Jul-22	Oct-22	Ene-23	Abr-23	Jul-23	Oct-23
		% del total de puntos de muestreo							
1	<i>Adesmia sp.</i>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	<i>Aloysia deserticola</i>	0,74%	0,72%	0,90%	0,38%	1,05%	0,54%	0,63%	0,91%
3	<i>Atriplex atacamensis</i>	1,37%	1,44%	1,73%	0,78%	1,41%	1,97%	1,73%	2,97%
4	<i>Atriplex imbricata</i>	0,15%	0,12%	0,09%	0,03%	0,21%	0,11%	0,02%	0,03%
5	<i>Cistanthe salsoloides</i>	0,15%	0,06%	0,01%	0,02%	0,08%	0,02%	0,08%	0,00%
6	<i>Distichlis spicata</i>	0,3%	0,6%	0,41%	0,22%	0,58%	0,86%	0,54%	0,70%
7	<i>Ephedra multiflora</i>	0,27%	0,05%	0,06%	0,00%	0,22%	0,11%	0,00%	0,07%
8	<i>Exodeconus integrifolius</i>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,04%	0,00%	0,00%
9	<i>Phragmites australis</i>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
10	<i>Solanum chilense</i>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,03%	0,00%
11	<i>Tarasa operculata</i>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%
12	<i>Tessaria absinthioides</i>	8,00%	10,99%	7,22%	7,15%	9,83%	10,45%	8,41%	12,80%
13	<i>Tiquilia atacamensis</i>	3,22%	2,01%	1,34%	0,92%	1,63%	1,23%	1,45%	1,50%
14	<i>Tribulus terrestris</i>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%

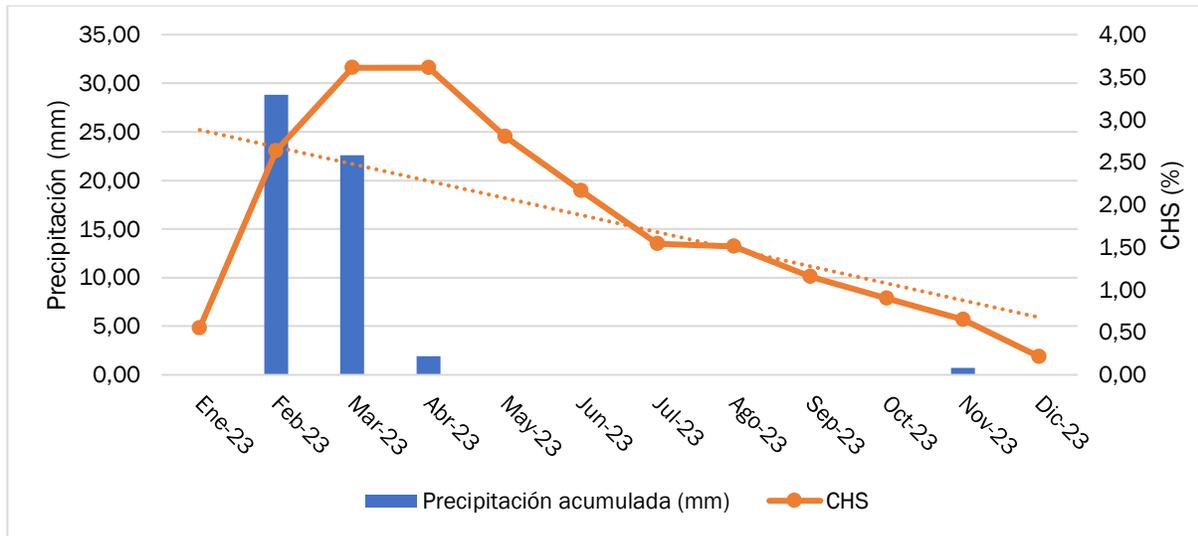
Fuente: Elaboración propia

## 6.4 Parámetros del suelo

### 6.4.1 Monitoreo mensual de CHS

Tal como se observó en la sección de resultados, el contenido de humedad del suelo en el sector de la quebrada de Camar, tiene un marcado comportamiento estacional, el cual se ve influenciado por la ocurrencia de lluvias (Figura 6-33).

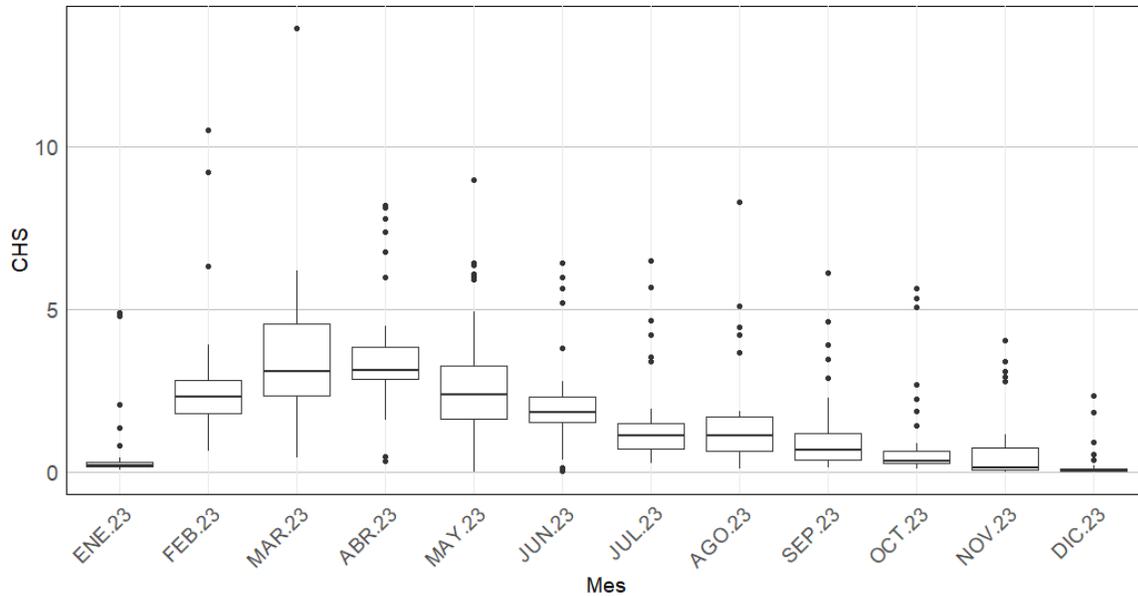
Figura 6-33. Contenido de humedad del suelo promedio mensual vs precipitaciones acumuladas.



Fuente: Elaboración propia

Los meses de marzo y abril reportan el mayor promedio de CHS con 3,61% de CHS en ambos casos. Además, se reportan varios valores máximos en marzo (Figura 6-34), los cuales se deben a los eventos de precipitaciones ocurridos principalmente durante febrero y marzo. El CHS disminuyó conforme avanza el año, a partir de abril 2023.

Figura 6-34. Contenido de humedad del suelo registrado en la quebrada de Camar – primer y segundo semestre 2023



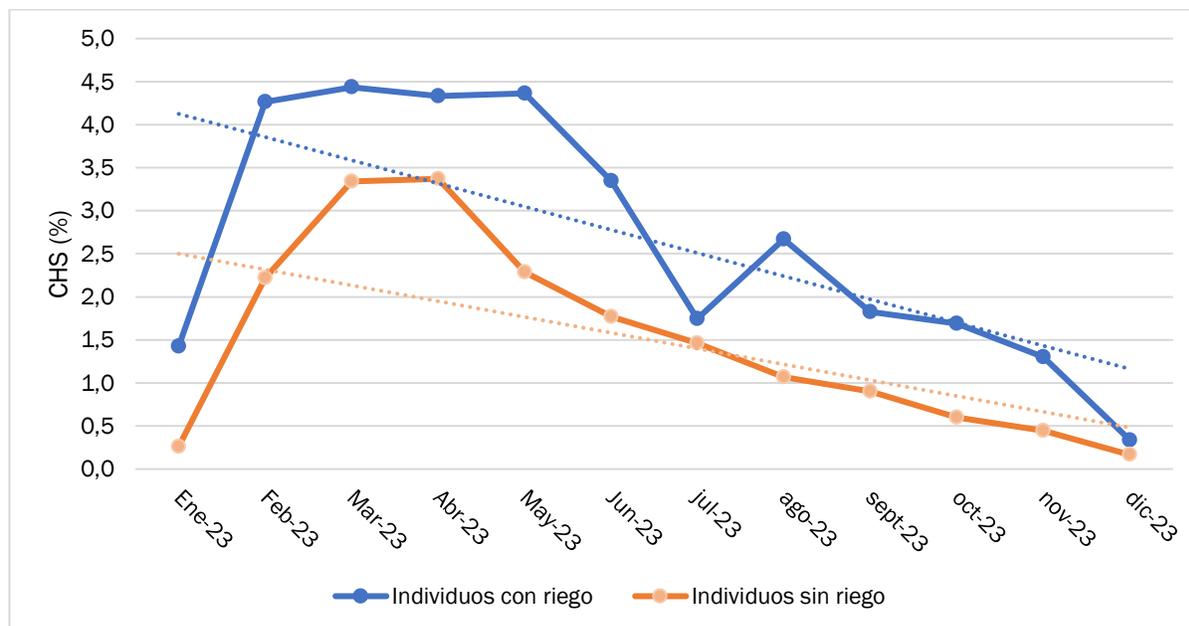
Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, se aprecia que hacia los meses de mayo y junio (donde no hubo eventos de precipitaciones), el contenido de humedad del suelo disminuye respecto a marzo y abril. Sin embargo, se siguen reportando valores altos y un promedio que no desciende de 2% de CHS. Lo anterior se debe a la influencia en el promedio que tienen los 10 puntos con sistema de riego (Figura 6-35), los cuales hasta junio 2023 reportan valores máximos de 6,42% (punto A17) y 5,98% (C15). Luego, en el segundo semestre, todos los meses reportaron valores por debajo del 2%, teniendo su máximo en julio (1,54%) y su mínimo en diciembre (0,21%)

La Figura 6-35 muestra si bien ambos grupos aumentaron su promedio en febrero de 2023 debido a las precipitaciones<sup>25</sup>, el promedio de los individuos con sistema de riego (ver Figura 6-35) varía en menor medida que el promedio de los individuos sin sistema de riego, el cual presenta un período más breve de aumento.

<sup>25</sup> SQM en línea <https://www.sqmsenlinea.com/meteorology> y Red Agrometeorológica de INIA. Estación Camar, San Pedro de Atacama. <https://www.agrometeorología.cl>

Figura 6-35. Variación mensual del contenido de humedad del suelo en individuos de *Neltuma alba* con y sin sistema de riego



Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que, como se ha mencionado en informes anteriores (CRICYT, 2018; PSAB año 2021 y PSAB, año 2022), el principal aporte hídrico en el área aluvial de la quebrada de Camar proviene de las esporádicas lluvias estivales altoandinas, las que infiltran por los horizontes superficiales arenosos del suelo, hasta el horizonte arcilloso.

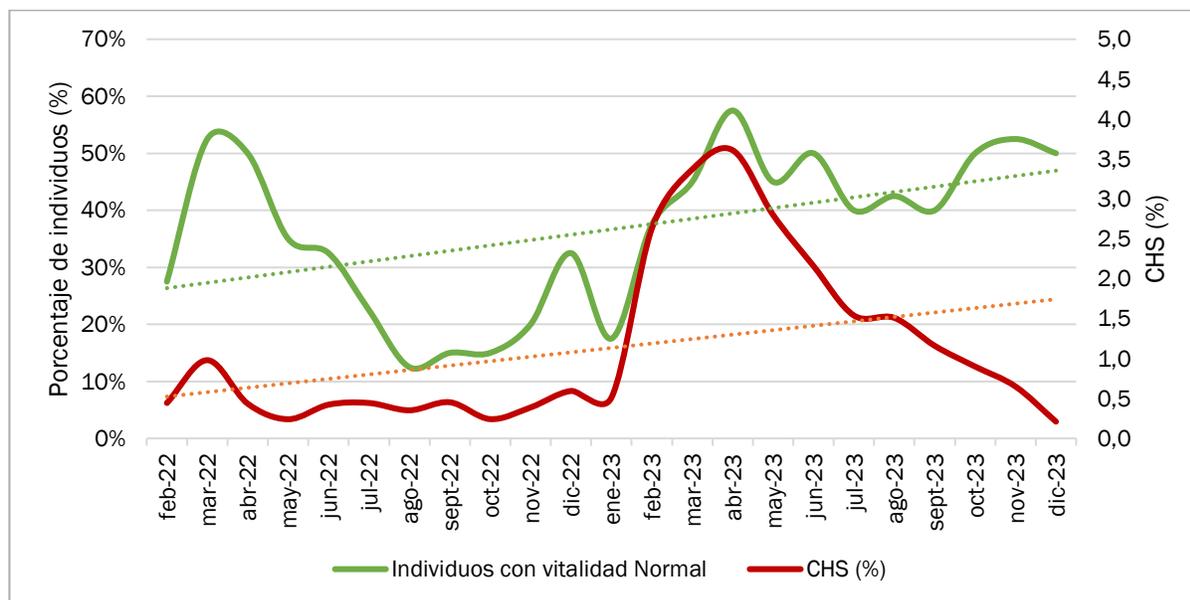
El caso de los ejemplares de algarrobo de la quebrada de Camar, estos aprovecharían el agua subsuperficial almacenada en el horizonte arcilloso del suelo, independizándose de los aportes directos de las precipitaciones y de la napa freática, ya que esta última en el sector de Camar se ubica a más de 50 m. Dicha afirmación se basa en el estudio isotópico de fuentes de agua y agua xilemática de algarrobo realizado por el CRICYT (2018), al verificar que los algarrobos de Camar estarían consumiendo principalmente agua de horizontes superficiales del suelo, considerando que el agua xilemática de los ejemplares medidos presenta firmas isotópicas distintas a la del agua subterránea y al agua superficial. En este sentido, se estima que eventos de lluvias favorecen las reservas de agua aprovechable para las plantas, y en consecuencia la vitalidad de la población de algarrobos.

En relación con los individuos con vitalidad normal, la Figura 6-36 muestra el CHS y la proporción de individuos con vigor normal en el período febrero 2022 a diciembre de 2023. Se observa que los individuos con crecimiento normal disminuyen en la época de receso vegetativo de las plantas (invierno), para luego incrementar hacia la primavera y el verano. Por su parte, el CHS muestra un alza de febrero a marzo de 2022, que podría estar relacionada con las lluvias estivales atribuibles al invierno altiplánico, para en los meses posteriores disminuir y mantenerse relativamente estable entre un 0-10% de humedad. A partir de diciembre de 2022 se observa un alza importante en esta variable, lo cual se atribuye a los efectos del riego (11 individuos) en el suelo, que aumenta considerablemente en febrero debido a las precipitaciones. Por otro lado, el

porcentaje de individuos con vigor normal se ha mantenido con valores altos. En abril 2023 el CHS alcanza su máximo valor histórico (3,61%) y también lo hace el porcentaje de individuos con vitalidad normal (57,5% del total). A partir de esa fecha, el CHS comienza a disminuir de manera contante hasta llegar a su mínimo registrado en diciembre. No sucede de la misma forma con los individuos de vigor normal, los cuales se mantuvieron sobre el 40% hasta finalizar el año. Lo anterior podría deberse a los individuos que poseen sistema de riego, sumado a que las precipitaciones ocurridas en el primer semestre permitieron a la mayoría de los Algarrobos mantener una condición normal de vigorosidad en la segunda mitad del año, ya que estos individuos están adaptados a estas condiciones de lluvias estacionales en la temporada estival.

Cabe destacar que el promedio de individuos con vigor normal registró un 36,63%<sup>26</sup> con una desviación estándar de 14,03%.

Figura 6-36. Contenido de humedad del suelo mensual versus proporción de individuos de *Neltuma alba* con vitalidad normal



Fuente: Elaboración propia

### Monitoreo trimestral de CHS, pH y CE

Los resultados con respecto a la caracterización del suelo de la quebrada de Camar, indican que estos corresponden a sustratos de pH, conductividad eléctrica y contenido de humedad que presentan variaciones de acuerdo con la cercanía al Salar de Atacama. De esta manera, en los puntos ubicados en el borde este del salar predominan los suelos fuerte y moderadamente salinos, mientras que en las zonas media y alta del cono aluvial predominan suelos no salinos y muy ligeramente salinos, con baja conductividad eléctrica.

<sup>26</sup> Para realizar análisis se considera el estado vital solo de los 40 individuos correspondientes a los 40 puntos donde se mide CHS.

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 han detectado valores elevados de pH, con valores que han variado entre 8,5 a 8,9 aumentando con la profundidad 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.

A nivel general, el contenido de humedad en la quebrada de Camar es mayor en los puntos de monitoreo ubicados en el borde este del Salar de Atacama (TF-3-02, CHPCE-03, CHPCE-018, CHPCE-1), donde más del 70% de los puntos reportó porcentajes de humedad mayores a 4% y disminuye fuertemente en aquellos puntos ubicados en el cono aluvial de la quebrada de Camar (CHPCE-14, B-04, B-021), donde la mayoría de los valores se concentra entre 1-3%. Al igual que en el primer semestre, los puntos con mayor CHS en el segundo semestre también corresponden al sector del borde este, en orden ascendente, estos fueron: TF-3-02, CHPCE-09 y CHPCE-05, este último registro en julio 2023 el mayor valor registrado dentro de toda la serie (15,6%).

En general, al comparar los resultados en el CHS de abril y enero 2023, se observa un aumento en el 97,67% de los puntos, mientras que, en el segundo semestre, al comparar julio y octubre, se observa una disminución en el 93,02% de los puntos, lo que evidencia una disminución en la variable a medida que el año llega a su fin. Durante el primer semestre, el promedio de contenido de humedad de suelo en los puntos del Borde Este del salar pasó de 1,52% (enero de 2023) a 6,57% (abril de 2023), es decir, hubo un incremento del 5,05%. Por otra parte, el promedio de contenido de humedad de suelo en los puntos del cono aluvial pasó de 0,18% (enero de 2023) a 2,53% (abril de 2023), es decir, incrementó en un 2,34% su promedio. Por otro lado, durante el segundo semestre, el promedio de contenido de humedad de suelo en los puntos del Borde Este del salar pasó de 6,06% (julio de 2023) a 3,27% (octubre de 2023), es decir, hubo una disminución del 2,81%. Por otra parte, el promedio de contenido de humedad de suelo en los puntos del cono aluvial pasó de 1,69% (julio de 2023) a 0,59% (octubre de 2023), es decir, incrementó en un 1,10% su promedio. Esta considerable diferencia en los promedios del primer semestre se relaciona directamente con los eventos de precipitaciones acontecidos durante febrero y marzo de 2023, los cuales registraron una precipitación acumulada de 28,8 y 22,6 mm respectivamente<sup>27</sup>. A medida que avanza el año y no hay precipitaciones, es de esperar que el suelo pierda humedad, lo que se ve reflejado en las mediciones del segundo semestre.

Tal como se observa en la Figura 6-37, al comparar el contenido de humedad del suelo entre lo reportado en enero y abril 2023, se observa que enero fue el trimestre con valores más bajos, obteniendo un promedio inferior al reportado en abril. Esto podría estar relacionado con la baja disponibilidad hídrica debido a la ausencia de precipitaciones que hubo en los meses de primavera y verano. Sucede de la misma manera con los reportes de julio y octubre, donde la ausencia de precipitaciones entre estos meses genera que los valores de CHS sean inferiores en octubre que en julio. Se puede inferir entonces, que las precipitaciones ocurridas

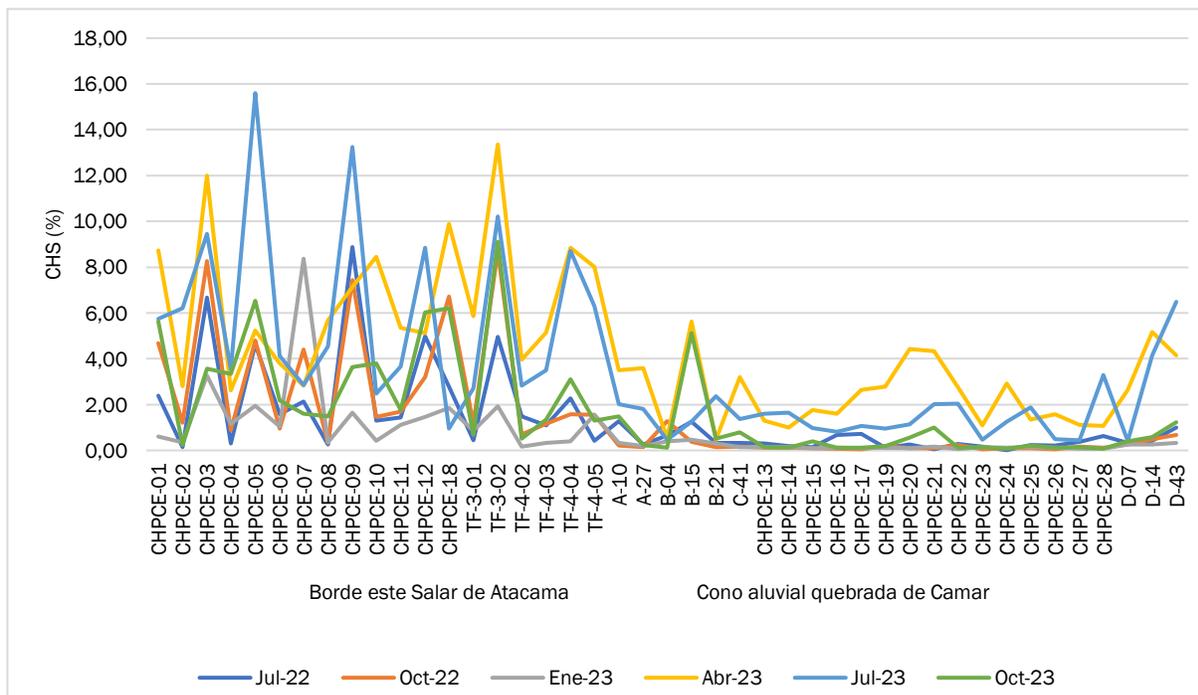
---

<sup>27</sup> SQM en línea <https://www.sqmsenlinea.com/meteorology> y Red Agrometeorológica de INIA. Estación Camar, San Pedro de Atacama. <https://www.agrometeorología.cl>

durante la época estival, generar un aumento en el CHS en los meses siguientes, el cual va disminuyendo a medida que avanza el año por la falta de precipitaciones.

Por otra parte, al comparar los resultados del monitoreo actual con los monitoreos del año 2022 (julio y octubre), se evidencia que actualmente los valores del CHS son mayores tanto en el borde este como en el cono aluvial de la quebrada, para ambos meses. Esto se puede relacionar a la magnitud de las precipitaciones observada en ambos años, ya que en 2022 la estación Camar del INIA registró 22 mm de agua caída, mientras que en 2023 la misma estación registró 53,3 mm.

Figura 6-37. Variación histórica en el contenido de humedad del suelo (%) en los puntos de monitoreo



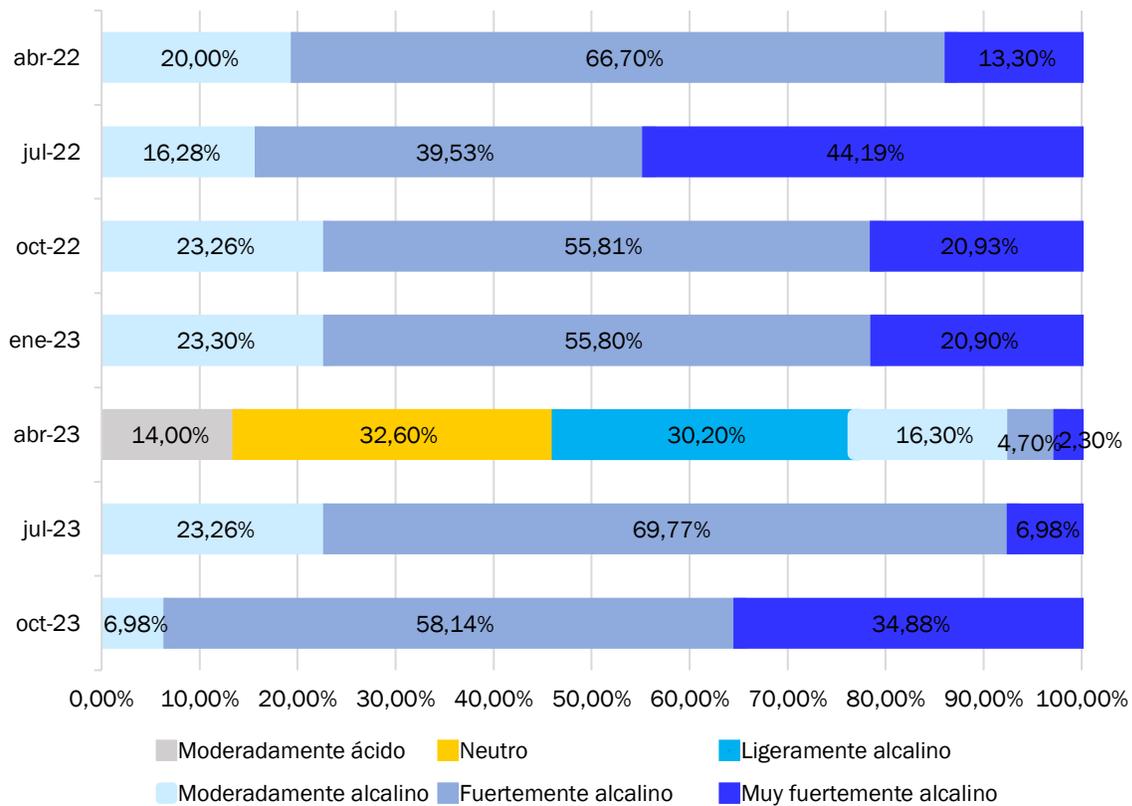
Fuente: Elaboración propia

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 del área de estudio 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.

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.

En la Figura 6-38 se presentan los resultados históricos de las mediciones de pH en la quebrada Camar. Al respecto, no se identifican patrones temporales claros, en general, dominan las categorías muy fuertemente y fuertemente alcalino, y en menor medida moderadamente alcalino. Llama la atención el caso de abril 2023, en donde el pH fue mucho 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 suelos. 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 (Suarez *et al.*, 2001).

Figura 6-38. Variación en el pH de los puntos de monitoreo de suelo en la quebrada de Camar



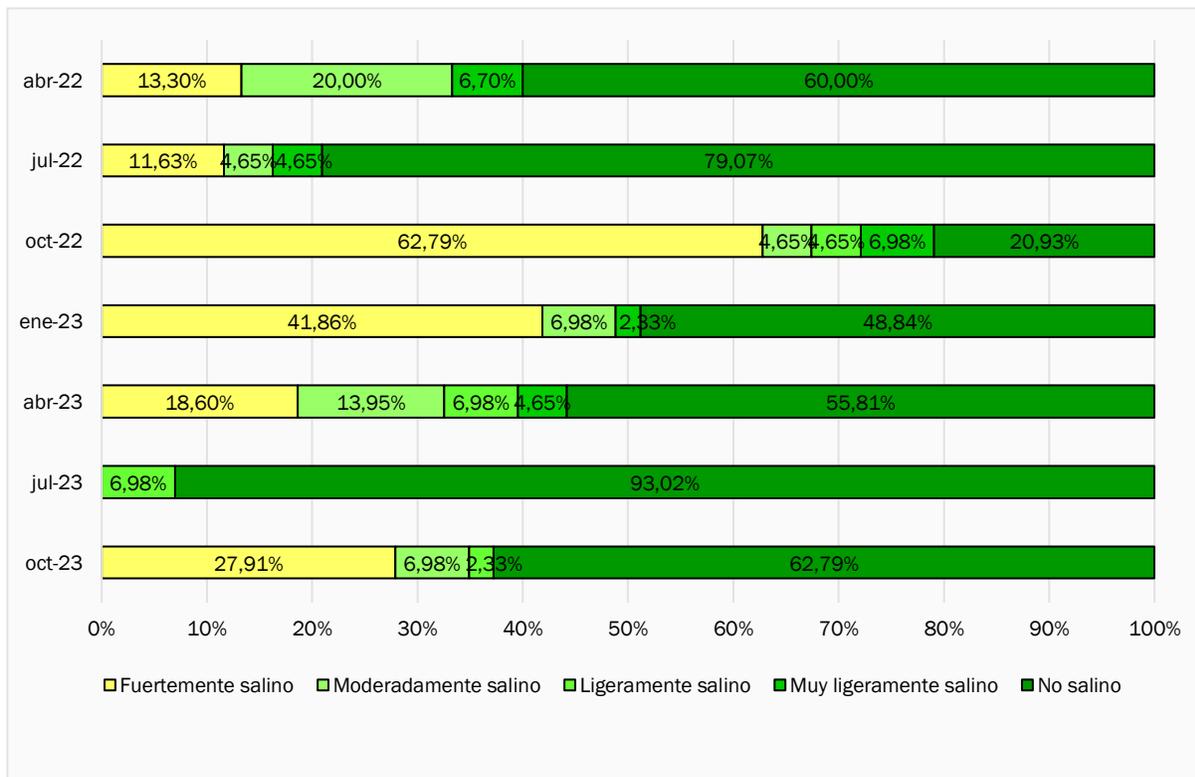
Fuente: elaboración propia

En la Figura 6-39 se observa una variación en la proporción de puntos de monitoreo de conductividad eléctrica y grado de salinidad. Al respecto, entre abril y enero 2023 se observa una disminución de 23,26% en los puntos que se categorizaron como fuertemente salinos, los que corresponden en su totalidad a puntos ubicados en la zona correspondiente al borde este del Salar de Atacama. Por otra parte, se observa un aumento en el porcentaje de puntos con baja conductividad eléctrica, es decir, los categorizados

moderadamente salinos, ligeramente salinos, muy ligeramente salinos y no salinos con un diferencial de 6,97%, 6,98% 2,32% y 6,97% respectivamente. Al comparar los resultados de abril 2023 con los reportados en abril 2022, se observa que el 66,67% de los puntos del borde este correspondían a la categoría fuerte y moderadamente salino, mientras que, en el cono aluvial, el 88,89% de los puntos correspondió a la categoría no salino. En el reporte de abril 2023, el 73,68% de los puntos del borde este presenta categoría fuerte y moderadamente salina, mientras que, en los puntos del cono aluvial el 95,83% corresponde a la categoría no salino. Por otro lado, los resultados del segundo semestre presentan un aumento del 27,91% en la categoría fuertemente salino y de 6,68% moderadamente salino, junto con una disminución del 4,65% del porcentaje de puntos en la categoría ligeramente salino y de 30,23% en la categoría no salino. Este aumento de puntos clasificados en las categorías de alta salinidad y reducción en las de baja en el segundo semestre, se refleja en el promedio de los valores de conductividad eléctrica, donde julio 2023 promedió 0,21 y octubre 4,73, lo que indica un aumento general en la salinidad de la muestra.

Los resultados de salinidad guardan estrecha relación con los de CHS, y demuestran 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, lo que indica 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 6-39. Variación en la salinidad de los puntos de monitoreo de suelo en la quebrada de Camar



Fuente: elaboración propia

## 7 Conclusiones

### 7.1 Monitoreo de los ejemplares de *Neltuma alba* (algarrobos)

A lo largo del monitoreo realizado durante el segundo semestre de 2023, la población de algarrobos que se desarrolla en la quebrada de Camar ha presentado cambios que responden a características propias de la fenología de la especie y como respuesta a las variaciones de las condiciones ambientales en las que se desarrollan.

Respecto al parámetro “vitalidad”, se identificó que los individuos en categoría de crecimiento normal aumentaron considerablemente durante los meses de octubre y noviembre del presente año; a diferencia de lo reportado en el segundo semestre de 2022. En consecuencia, los ejemplares catalogados como débiles o muy débiles se registraron con una baja variación respecto al año anterior. Por otra parte, la evaluación del parámetro “porcentaje de copa viva” muestra que los individuos de algarrobo poseen un marcado comportamiento estacional, donde la porción de copa viva disminuye en el período de receso vegetativo y aumenta hacia primavera, lo que se aprecia tanto en el segundo semestre 2022 como en el 2023, siendo el primero donde se observa una estacionalidad más marcada, con mayor variación en las categorías de copa viva inferiores (menores al 50%) durante el periodo recesivo y menor en las categorías de copa viva mayor al 50% durante el período de primavera verano. Respecto al parámetro “fenología” se observa floración en los meses de octubre y noviembre, con una mayor proporción de árboles con flores en el mes de noviembre. Mientras que la presencia de frutos se observa a partir del mes de octubre, y hasta diciembre, mes donde se aprecia la mayor proporción de árboles con fructificación. Cabe destacar que en las series C y D no se observan individuos con flores o frutos, esto debido a que corresponden a árboles de bajo desarrollo de altura y diámetro y fuertemente ramoneados por burros silvestres.

Respecto a la afectación natural por daño animal, a diferencia del primer semestre de 2023, se observa una disminución de individuos por afectación por ramoneo en todas las series. Lo anterior se debe a los altos valores de ramoneo que se registraron principalmente durante abril y mayo de 2023. Respecto al estado fitosanitario de los individuos, durante noviembre y diciembre de 2023 se constató daño por presencia de plagas en 76 individuos de la serie E. De acuerdo con los informes de avance del Programa de control fitosanitario de la población de artrópodos asociados a algarrobos ubicados en la quebrada de Camar, elaborado por el INIA durante el segundo semestre del 2023. En el sector predominan los grupos taxonómicos Hermiptera y Diptera, ambos con rasgos funcionales de herbívoros y depredadores. En menor medida se identificaron ejemplares de Bruchidae causando daños a semillas y, Pentatomidae y Curculionidae causando daño en hojas.

Respecto a afectación antrópica, también se registra una disminución de registros en todas las series respecto al primer semestre de 2023. En el caso de la serie A y B, la afectación disminuyó en un 0,81% y 5,18% respectivamente. En el caso de las series C y D no se registran datos de afectación antrópica. La serie E – ubicada al este de la ruta CH-23 y dentro del pueblo de Camar, registra la mayor cantidad de observaciones debido principalmente a cortes de ramas, huellas vehiculares, y basura.

Los ejemplares que cuentan con sistema de riego muestran signos concordantes con la estacionalidad, en términos de su vitalidad y porcentaje de copa viva. Se observa un número de ejemplares Seco y con copa viva 0% que se mantiene sin mayores variaciones durante todo el semestre. La disminución de ejemplares Secos y con copa viva 0% estaría relacionada principalmente con la implementación del sistema de riego, debido a que se registró sin mayores variaciones no solo durante el segundo semestre, sino que, a lo largo de todo el período anual de 2023, lo cual no ocurre al analizar todo el período anual de 2022.

Si bien se constatan cambios a partir de la implementación del riego en los 37 individuos de algarrobo, se requiere contar con más registros semestrales para definir estadísticamente si existen cambios significativos en la vitalidad y copa viva de los individuos en el largo plazo.

Respecto al estado de los elementos asociados al sistema de riego, se constata que el principal desperfecto en sus mecanismos corresponde a roturas puntuales en las líneas de abastecimiento de agua y piquetes en las cañerías, situación que se observó principalmente durante el primer semestre de 2023. En menor medida, se han encontrado pérdida de presión y fugas. La detección de estas averías ha sido de ayuda para una pronta reparación de estos componentes.

### 7.1.1 Fisiología de algarrobos

Considerando los resultados de potencial hídrico y conductancia estomática registrados en julio y octubre de 2023, se evidencia que:

- En julio, no se encontraron diferencias significativas en el potencial hídrico ni la conductancia estomática al comparar los algarrobos de la serie A con los algarrobos de las series B-C. En octubre, los algarrobos de la serie A muestran un potencial hídrico pre-alba levemente mejor que los algarrobos de las series B-C, además de una conductancia estomática mayor.
- En octubre, los algarrobos ubicados aguas arriba de la tubería presentaron valores más bajos de estado hídrico y de conductancia estomática que los algarrobos ubicados aguas abajo, la diferencia se podría explicar debido a la cantidad de árboles sin riego que hay aguas arriba de la tubería, mientras que aguas abajo solo dos árboles no tienen sistema de riego. En julio no se presentaron diferencias para esta variable.
- Los algarrobos regados muestran un mejor estado hídrico que los no regados.

En relación con las mediciones anteriores, se evidencia que:

- Los valores de potencial de la campaña de julio 2023 son más bajos que los registrados en los meses de octubre, lo que es una respuesta a la variación estacional, en el que se observan los valores más negativos en invierno.
- La aplicación del riego en los árboles de la serie A sigue teniendo efectos positivos en estas variables, donde alcanzan valores superiores a los de la serie B en todas las mediciones desde enero de 2023.

## 7.1.2 Biomasa de algarrobos

La estructura de la población estaría constituida mayoritariamente por individuos vivos (sólo un 30,70% se registró seco en julio de 2023 v/s un 30,60% en octubre de 2023), jóvenes o de poco desarrollo, la mayor parte de los individuos en las clases diamétricas de menor tamaño (< 7,5 cm) (80,60% en julio y 80,30% en octubre), con alturas medias que no superan los 50 cm y sólo un 9,10% de los individuos de mayor tamaño (> 20, cm) que pueden alcanzar hasta los 6,6 m de altura en julio, mientras que en octubre, los individuos de mayor tamaño representan el 9,30% y llegan hasta los 7m de altura. Además, la población presentaría una alta capacidad de retoñación, tratándose en su mayoría de individuos de hábito arbóreo-arbustivo, con más de un fuste (plurifustales) y varias ramas principales, estructura que se ha mantenido constante en el período analizado.

La biomasa aérea total de la población julio de 2023 alcanzó 5.205,4 kg, mientras que en octubre de 2023 la biomasa aérea total aumentó a 5.588,0 kg. Los individuos vivos concentraron la mayor proporción (92,6% en julio de 2023 y 91,6% en octubre de 2023), acumulándose, en un bajo número de individuos, (cinco árboles) de grandes dimensiones (>47 cm de diámetro), los cuales representan el más del 60% de la biomasa aérea total de la población en el segundo semestre. Con respecto a las componentes, en julio la biomasa aérea se acumula en forma decreciente en las ramas (60,2%), el fuste (32,2%) y las hojas (7,6%). En octubre, biomasa aérea total de los individuos se distribuye porcentualmente de la siguiente forma: un 30,3% corresponde al fuste, 61,8% a ramas, 7,9% a hojas.

## 7.2 Caracterización de la flora y vegetación

### 7.2.1 Vegetación

La quebrada de Camar posee una superficie total de 4.044,04 ha, correspondiente al cono aluvial que se extiende entre el pueblo de Camar y la ruta B-355, aproximadamente. Se identifican a la fecha de julio 2023 412,75 ha (10,21%) ocupadas por vegetación y 3.631,29 ha (89,71%) corresponden a otras superficies (zonas de vegetación escasa, zonas agrícolas, red vial y zonas pobladas, entre otras), en octubre, la superficie con registrada con vegetación fue un poco mayor, 419,73 ha (10,38%) ocupadas por vegetación y 3.624,32 ha (89,62%) corresponden a otras superficies. La formación vegetal que más varió su cobertura fue el matorral de Matorral de *Atriplex atacamensis* - *Atriplex imbricata*, con un aumento del 0,62%, equivalente a 25,04 ha, seguido por el matorral de *Aloysia deserticola* - *Ephedra multiflora*, que presentó una disminución del 0,28% (10,95 ha) y por último el matorral de *Tessaria absinthioides*, con una disminución del 0,20% (8,11 ha). El Matorral de *Tiquilia atacamensis* se mantuvo prácticamente sin variaciones. En general, los matorrales tuvieron un aumento del 0,18% en su superficie (equivalente a 6,98 ha), mientras que las formaciones de Pradera de *Distichlis spicata* y, Bosque de *Neltuma alba* (algarrobo) no presentaron variaciones en su superficie.

Respecto al estado de vitalidad de las 75 unidades de vegetación, esta ha presentado variaciones en el tiempo. Al comparar el período analizado (julio y octubre de 2023), se observa un aumento en el número de polígonos en categoría Normal pasando de un 16,00% a un 93,33% del total de polígonos, mientras que se observa una disminución en el número de polígonos en estado vital Débil con un diferencial de pasando de

un 25,33% en julio a un 4,00% en octubre. Las categorías vigoroso, muy débil y seco no se registraron en los monitoreos de octubre 2023. Debido a este aumento de la categoría normal y la disminución de la categoría débil se concluye que existe una mejora en la vitalidad de la vegetación en el segundo semestre del 2023.

En cuanto al porcentaje de copa viva, en el segundo semestre de 2023, se evidenció un aumento de las categorías superiores el 25%, pasando de 8 registros en julio 2023 a 18 en octubre 2023. Contrariamente, se registró una disminución de las categorías inferiores al 25% de copa viva, pasando de 67 registros en julio a 57 registros en octubre. Este aumento en las categorías de mayor porcentaje y disminución en las de menor, indica una mejora en porcentaje de copa verde. En relación con el estado fenológico de la vegetación en el segundo semestre del 2023, en julio, la categoría más representada corresponde a “senescente”, con un 78,67% de los registros, mientras que, en octubre, la categoría más representada corresponde a “crecimiento vegetativo” con 72,60% de los registros. El alto número de registros senescentes en julio puede tener relación con el bajo porcentaje de copa viva registrado en dicho período, de la misma manera que el alto porcentaje de los registros con crecimiento vegetativo se condice con el alto porcentaje de copa verde en el monitoreo de octubre.

Respecto a la afectación antrópica y/o natural sobre la vegetación dentro de la quebrada de Camar, de las 75 unidades vegetacionales (polígonos), se registró un mayor porcentaje de polígonos intervenidos en julio que en octubre. Según los resultados, tanto en julio como en octubre, el daño antrópico más representado corresponde a las huellas vehiculares, seguido por las obras, luego los caminos y por último la basura. No se registraron observaciones con respecto a la afectación natural por daño animal.

## 7.2.2 Flora

De acuerdo con la flora vascular presente en la quebrada de Cama, se registran 26 taxa agrupados en 13 familias distintas hasta octubre 2023.

Respecto a las coberturas, las especies más abundantes en el área son *Tessaria absinthioides*, registrando 8,41% en julio y 12,80% en octubre, valores cercanos al 10,99% reportado en primer semestre 2022. En menor medida la especie *Atriplex atacamensis* (1,73% en julio y 2,97% en octubre, versus 1,44% en primer semestre 2022), *Tiquilia atacamensis* (1,45% en julio y 1,50% en octubre, versus el 2,01% de recubrimiento en primer semestre 2022) y la especie *Aloysia deserticola* (0,64% en julio y 0,91% en octubre, versus 0,72% en primer semestre 2022). En general, los valores de abundancia del segundo semestre son mayores a los registros del primer semestre.

## 7.3 Parámetros del suelo

### 7.3.1 Monitoreo mensual de CHS

El contenido de humedad del suelo en el sector de la quebrada de Camar, posee un marcado comportamiento estacional, el cual se ve influenciado por la ocurrencia de lluvias. Los meses de marzo y abril reportan el mayor promedio de CHS con 3,61% de CHS en ambos meses. Además, se reportan varios valores máximos en marzo, los cuales se deben a los eventos de precipitaciones ocurridos principalmente durante febrero y

marzo. Una vez que terminadas las precipitaciones, el CHS promedio comienza a disminuir manera continua a partir de abril, llegando a su mínimo en diciembre con 0,21%. Sin embargo, se siguen reportando valores altos hasta junio, y un promedio que no desciende de 2,00% de CHS.

A diferencia de lo reportado en primer semestre 2023, el segundo semestre reporta un promedio de 0,99% + 0,52%, mientras que el primer semestre 2023, reportó un promedio de 2,25% + 1,14%. Lo anterior se podría deber principalmente al aporte de CHS que generan las lluvias estacionales, observándose un comportamiento cíclico en los niveles de CHS, con máximos que coinciden con la época de lluvias y mínimos en las estaciones secas.

De acuerdo con estudios previos sobre la población de algarrobos presente en la quebrada de Camar<sup>28</sup>, los árboles aprovecharían el agua subsuperficial almacenada en el horizonte arcilloso del suelo, independizándose de los aportes directos de las precipitaciones y de la napa freática, ya que esta última en el sector de Camar se ubica a más de 50 m. En consecuencia, se estima que eventos de lluvias favorecerían las reservas de agua aprovechable para las plantas, sumado a la implementación de sistema de riego en algunos individuos monitoreados, lo que mantiene un promedio de CHS más alto que el reportado en el 2022 durante todo el 2023. El promedio de individuos con vigor normal registró un 36,63% con una desviación estándar de 14,03%.

### 7.3.2 Monitoreo trimestral de CHS, pH y CE

Los resultados indican que dentro de la quebrada de Camar predominan los suelos alcalinos (de pH elevado), con contenidos de humedad y salinidad que varían de acuerdo con la distancia a la que se encuentran del Salar de Atacama. En general, al comparar los resultados de abril y enero 2023, se observa un aumento en el CHS en casi la totalidad de los puntos. El promedio de contenido de humedad de suelo aumentó tanto en los puntos del Borde Este del salar como en los puntos del cono aluvial. Contrariamente, en los monitoreos de julio y octubre se observa una disminución del CHS, tanto en los puntos pertenecientes al cono aluvial como al Borde Este. Esta situación se relaciona directamente con los eventos de precipitaciones acontecidos durante febrero y marzo de 2023, los cuales registraron una precipitación acumulada de 28,8 y 22,6 mm respectivamente.

Además, se observó una variación en la conductividad eléctrica y el grado de salinidad entre julio y octubre 2023. Al respecto, se observa un aumento en los puntos que se categorizaron como fuertemente salinos, los que corresponden en su totalidad a puntos ubicados en la zona correspondiente al borde este del Salar de Atacama. Por otra parte, se observa una disminución en el porcentaje de puntos con baja conductividad eléctrica, es decir, ligeramente salinos y no salinos.

En cuanto al pH, no se identificaron patrones temporales marcados, y en general, las categorías más representadas son muy fuertemente alcalino y moderadamente alcalino. A excepción de abril 2023, en donde el pH fue mucho menor, presentando la mayoría de sus registros en las categorías neutro y ligeramente alcalino.

---

<sup>28</sup> CRICYT, 2018

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 suelos.

El comportamiento de estas variables (pH y salinidad) tiene estrecha relación con el contenido de humedad de suelo, el cual afecta la movilidad de iones y la disolución de sales, lo que a su vez influye en la salinidad del suelo. Además, la humedad del suelo puede modular la reacción ácido-base que determina el pH, ya que niveles altos de agua pueden diluir ácidos y bases presentes en el suelo.

Las propiedades químicas del suelo no estarían determinando la expresión ni desarrollo de la vegetación dentro de la quebrada, dado que la zona con mayor cobertura vegetal corresponde a aquella en donde predominan condiciones extremas de salinidad en el suelo, indicando que las formaciones que ahí se desarrollan poseen adaptaciones para su desarrollo en tales condiciones. No obstante, se han identificado especies que se desarrollan mayoritariamente en las zonas donde la salinidad del sustrato es baja o nula, como es el caso de la población de *Neltuma alba*.

## 8 Referencias

- Álvarez JA & PE Villagra (2009). *Prosopis flexuosa* DC. (Fabaceae, Mimosoideae). *Kurtziana* (Argentina) 35(1): 49-63.
- BIOTA. 2018. Informe técnico. Análisis taxonómico de muestras de ejemplares de *Neltuma alba*., sector quebrada de Camar, provincia de El Loa, región de Antofagasta.
- 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.
- Caro, L.A., Hernández, L.F. y Lauric, V. Fenología de *Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz creciente en la región semiárida pampeana. *Revista YVYRARETA* 8: 3-7
- Casanova, M., Seguel, O., Salazar, O y Luzio, W, 2013. The Soils of Chile. doi: 10.1007/978-94-007-5949-7.
- Cisneros, A.B.; Moglia, J.G. 2017. *Prosopis alba*, alternativa sustentable para zonas áridas y semiáridas. In: GIMÉNEZ, A.M.; MOGLIA, J.G. (Ed) Los Bosques actuales del Chaco semiárido argentino. Ecoanatomía y biodiversidad. Una mirada propositiva. Facultad de ciencias forestales. UNSE. Santiago del Estero: Argentina. p.231-248.
- Cordoba, A & Verga, A. Método de análisis fenológico de un rodal su aplicación en un enjambre híbrido de *Neltuma alba*. *Ciencia e investigación Forestal – Instituto Forestal/Chile*.91 pp.
- CRICYT, 2018. Tercer informe de avance sobre estudios e investigaciones que intentan explicar el estado actual de ejemplares de algarrobo, en una población ubicada en las proximidades del pozo CAMAR 2 de SQM, en el Salar de Atacama, Chile.
- Cruz G. 1997 “Production and characterization of the seed polysaccharide from Algarrobo”. *Food and Agriculture Organization*. 425–438 pp.
- DS13/2013 MMA. Aprueba y oficializa clasificación de especies según estado de conservación, noveno proceso.
- 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.
- Gutierrez, Jr (2008). El desierto florido de la región de atacama. Libro rojo de la flora nativa y de los Sitios Prioritarios para su conservación: Región de atacama, 15.
- Holmgren, C.A., J.R., Betancourt, K.A., Rylander, J. Roque, O. Toval, H. Zeballos, E. Linares y J. Quade. (2001). Holocene vegetation history from fossil rodent middens near Arequipa, Peru. *Quaternary Research* 56(2): 242-251.
- 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.

MARTICORENA, C. & M. QUEZADA. 1985. Catálogo de la flora vascular de Chile. *Gayana Botánica* 42: 1-157 pp.

Luzio W.; Casanova M. y Seguel O. 2010. Suelos de Chile. Luzio W. (Editor). Universidad de Chile. 346 p.

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

Parresol, B. R. 2011. Additivity of nonlinear biomass equations. *Canadian Journal of Forest Research*. 31:865-878. NRC Research Press Ottawa, Canada.

SQM, 2022. Informe semestral Quebrada de Camar, primer semestre 2022

SQM, 2022. Informe semestral Quebrada de Camar, segundo semestre 2022

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.

Suarez, D. L. (2001). Sodic soils. In *Encyclopedia of Soils in the Environment* (pp. 383-389)

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

Zuloaga, F.O., O. Morrone & M.J. Belgrano (eds.). 2008. Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay). *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 107, 3 volumes. 3486 pp. ISBN 978-1-930723-70-2.