

Reporte primer semestre 2022

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

Reporte primer semestre 2022

GEOB.SQMSL740.INF10. Programa de Seguimiento de Flora y Vegetación de la quebrada de Camar

Rev.	Id	Ejecutor	Revisor	Aprueba	Descripción
B	Nombre	IJ-CI			Programa de Seguimiento de Flora y Vegetación de la quebrada de Camar Rev. (B)
	Fecha	05.09.2022			
C	Nombre	IJ-XN	IZ		Programa de Seguimiento de Flora y Vegetación de la quebrada de Camar Rev. (C)
	Fecha	23.11.2022	29.11.2022		
O	Nombre				
	Fecha				

## Contenido

1	Resumen .....	1
1.1	Monitoreo de algarrobos.....	1
1.2	Flora y Vegetación .....	2
1.2.1	Vegetación .....	2
1.2.2	Flora.....	3
1.3	Contenido de Humedad del suelo.....	4
1.3.1	Monitoreo mensual .....	4
1.3.2	Monitoreo trimestral .....	4
2	Introducción .....	4
3	Objetivos .....	6
4	Materiales y métodos.....	7
4.1	Área de estudio .....	7
4.2	Monitoreo de algarrobos.....	7
4.2.1	Ubicación de los ejemplares.....	7
4.2.2	Parámetros evaluados.....	15
4.2.3	Metodología de muestreo, medición y análisis.....	17
4.3	Caracterización de la flora y vegetación .....	18
4.3.1	Ubicación de los puntos de monitoreo .....	18
4.3.2	Parámetros evaluados.....	25
4.3.3	Metodología de muestreo, medición y análisis.....	25
4.4	Evaluación del contenido de humedad del suelo .....	29
4.4.1	Ubicación de los puntos de monitoreo de suelo.....	29
4.4.2	Parámetros evaluados, metodología de muestreo, medición y análisis .....	34
4.5	Materiales y equipos utilizados .....	34
4.6	Fechas de muestreo .....	34
5	Resultados .....	35
5.1	Monitoreo de vitalidad de <i>Prosopis sp.</i> (algarrobo) .....	35
5.1.1	Vitalidad .....	36

5.1.2	Copa viva .....	37
5.1.3	Fenología .....	38
5.1.4	Etapa de crecimiento .....	39
5.1.5	Afectación animal y antrópica.....	39
5.1.6	Estado fisiológico de los algarrobos (potencial hídrico y conductancia estomática) 41	
5.2	Caracterización de la flora y vegetación .....	44
5.2.1	Vegetación .....	44
5.2.2	Flora.....	54
5.2.3	Afectación antrópica de la vegetación .....	58
5.3	Contenido de humedad del suelo .....	59
5.3.1	Monitoreo mensual (CHS) .....	59
5.3.2	Monitoreo trimestral (CHS, pH y CE).....	62
6	Discusiones.....	65
6.1	Monitoreo de la población de <i>Prosopis sp.</i> (algarrobos) .....	65
6.2	Caracterización de la flora y vegetación .....	69
6.3	Contenido de humedad del suelo .....	72
6.3.1	Monitoreo mensual (CHS) .....	72
6.3.2	Monitoreo trimestral (CHS, pH y CE).....	74
7	Conclusiones.....	75
7.1	Monitoreo de la población de <i>Prosopis sp.</i> (algarrobos) .....	75
7.2	Caracterización de la flora y vegetación .....	76
7.2.1	Vegetación .....	76
7.2.2	Flora.....	76
7.3	Contenido de humedad del suelo .....	76
7.3.1	Monitoreo mensual .....	76
7.3.2	Monitoreo trimestral .....	77
8	Referencias.....	77

## Tablas

Tabla 2-1. Parámetros establecidos, responsables de la ejecución y medición de las variables .....	5
Tabla 4-1. Ubicación de los individuos de <i>Prosopis</i> monitoreados en la quebrada de Camar (Datum WGS84 19S). .....	8
Tabla 4-2. Criterios utilizados para clasificar la vitalidad de las plantas .....	15
Tabla 4-3. Escalas utilizadas para clasificar la copa viva de las plantas. ....	15
Tabla 4-4. Categorías utilizadas para la etapa de crecimiento.....	16
Tabla 4-5. Categorías utilizadas para la descripción de estado fenológico. ....	16
Tabla 4-6. Categorías utilizadas para la descripción de la altura del ejemplar. <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Tabla 4-7. Parámetros utilizados para evaluar el estado fisiológico de la población de algarrobos de la quebrada de Camar.....	16
Tabla 4-8. Individuos de algarrobos monitoreados trimestralmente para evaluación de estado fisiológico .....	17
Tabla 4-9. Ubicación de los puntos de monitoreo de vegetación en la quebrada de Camar .....	19
Tabla 4-10. Ubicación de los transectos de flora en la quebrada de Camar en el Salar de Atacama .	21
Tabla 4-11. Esfuerzo de muestreo por formación vegetacional .....	25
Tabla 4-12. Parámetros y metodologías utilizadas para la caracterización de la flora y vegetación ...	25
Tabla 4-13. Rangos y códigos de cobertura.....	26
Tabla 4-14. Rangos de altura por tipo biológico .....	26
Tabla 4-15. Ubicación de los puntos de monitoreo mensual de contenido de humedad del suelo ....	30
Tabla 4-16. Ubicación de los puntos de monitoreo de suelo de la quebrada de Camar .....	32
Tabla 4-17. Métodos de ensayo utilizados en análisis de suelo .....	34
Tabla 4-18. Fechas de muestreo monitoreo de algarrobos .....	34
Tabla 4-19. Fechas de muestreo monitoreo de flora y vegetación .....	35
Tabla 4-20. Fechas de muestreo de monitoreo de suelo .....	35
Tabla 5-1. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba ( $\Psi_{pa}$ ) y mediodía ( $\Psi_{md}$ ) medido en primer semestre de 2022.....	42
Tabla 5-2. Conductancia estomática (gs) medida durante el primer semestre de 2022 .....	43
Tabla 5-3. Resultados del análisis estadístico asociado al potencial hídrico de los algarrobos .....	44
Tabla 5-4. Resultados del análisis estadístico de la conductancia estomática .....	44

Tabla 5-5. Formaciones vegetales y otras superficies presentes en la quebrada de Camar .....	45
Tabla 5-6. Taxa identificados en la quebrada de Camar.....	54
Tabla 5-7. Familias identificadas en la quebrada de Camar .....	55
Tabla 5-8. Especies encontradas en la quebrada de Camar, de acuerdo con su origen fitogeográfico .....	55
Tabla 5-9. Especies encontradas en la quebrada de Camar, y su distribución en Chile .....	56
Tabla 5-10. Análisis de la cobertura de las especies muestreadas a través de transectos de terreno .....	58
Tabla 5-11. Resultados de pH del suelo .....	63
Tabla 5-12. Resultados de conductividad eléctrica del suelo .....	64

## Figuras

Figura 4-1. Ubicación del área de estudio .....	7
Figura 4-2. Ubicación de los ejemplares de <i>Prosopis sp.</i> monitoreados .....	14
Figura 4-3. Esfuerzo de muestreo de vegetación .....	20
Figura 4-4. Esfuerzo de muestreo de flora.....	24
Figura 4-5. Esfuerzo de muestreo de suelo, monitoreo mensual de contenido de humedad.....	31
Figura 4-6. Esfuerzo de muestreo de suelo, monitoreo trimestral CHS, pH y CE .....	33
Figura 5-1. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo.....	37
Figura 5-2. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo .....	38
Figura 5-3. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo .....	39
Figura 5-4. Etapa de crecimiento en los ejemplares de algarrobo en la quebrada de Camar .....	39
Figura 5-5. Proporción de individuos de <i>Prosopis sp.</i> con presencia de signos de ramoneo.....	40
Figura 5-6. Proporción de individuos de <i>Prosopis sp.</i> con presencia de signos de intervención antrópica .....	41
Figura 5-7. Mapa de vegetación quebrada de Camar .....	48
Figura 5-8. Registro fotográfico del tipo vegetacional Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> .....	49
Figura 5-9. Registro fotográfico del tipo vegetacional Matorral de <i>Tiquilia atacamensis</i> .....	50
Figura 5-10. Registro fotográfico del tipo vegetacional Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i> – <i>Atriplex imbricata</i> .....	51

Figura 5-11. Registro fotográfico del tipo vegetacional Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> – <i>Ephedra multiflora</i> .....	51
Figura 5-12. Registro fotográfico del tipo vegetacional Pradera de <i>Distichlis spicata</i> . .....	52
Figura 5-13. Registro fotográfico del bosque de <i>Prosopis sp.</i> (algarrobos). .....	53
Figura 5-14. Registro fotográfico de la zona de vegetación escasa .....	53
Figura 5-15. Tipos de intervención antrópica presente en la quebrada de Camar .....	59
Figura 5-16. Contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) en la quebrada de Camar (puntos ordenados en sentido oeste- este), en el mes de febrero.p .....	60
Figura 5-17. Contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) en la quebrada de Camar (puntos ordenados en sentido oeste- este), en el mes de marzo. ....	60
Figura 5-18. Contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) en la quebrada de Camar (puntos ordenados en sentido oeste- este), en el mes de abril. ....	61
Figura 5-19. Contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) en la quebrada de Camar (puntos ordenados en sentido oeste- este), en el mes de mayo.....	62
Figura 5-20. Contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) en la quebrada de Camar (puntos ordenados en sentido oeste- este), en el mes de junio .....	62
Figura 5-21. Resultados de monitoreo trimestral del contenido de humedad del suelo dentro de la quebrada de Camar.....	63
Figura 5-22. Proporción de puntos de monitoreo por categoría de pH del sustrato .....	64
Figura 5-23. Proporción de puntos de monitoreo por categoría de salinidad del sustrato .....	65
Figura 6-1. Pérdida de follaje debido a senescencia foliar en estación de invierno .....	67
Figura 6-2. Signos de la presencia de burros en el área de estudio .....	68
Figura 6-3. Presencia de daños por efectos de ramoneo durante el mes de junio.....	68
Figura 6-4. Evolución de la superficie de las formaciones vegetacionales presentes en la quebrada de Camar .....	71
Figura 6-5. Contenido de humedad del suelo registrado en la quebrada de Camar en los meses de febrero, marzo, abril y junio de 2022. ....	73
Figura 6-6. Contenido de humedad del suelo promedio mensual vs precipitaciones acumuladas.....	73

## Anexos

### Anexo 1. Base de datos monitoreo algarrobos – 1° semestre año 2022

Anexo 2. Base de datos vegetación (COT) – 1° semestre año 2022

Anexo 3. Base de datos flora (transectos) – 1° semestre año 2022

Anexo 4. Mapa de vegetación quebrada de Camar

Anexo 5. Certificados ETFA análisis de suelo – 1° semestre año 2022

Anexo 6. Responsables y participantes del seguimiento

Anexo 7. Base de datos de suelo (CHS. pH y CE) – 1° semestre año 2022

## 1 Resumen

El presente informe tiene por objeto dar cuenta de los resultados semestrales 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 las 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. Al haberse implementado en forma oportuna, viene a mitigar y controlar, la afectación progresiva del estado de los Algarrobos en el área del Pozo Camar 2, durante el periodo diciembre 2021 y Junio 2022, se llevaron a cabo campañas de monitoreo como medida de seguimiento y cumplimiento ambiental relacionadas a la Acción 24 del PdC, incorporando además variables como el potencial hídrico, conductancia estomática y mediciones dendrométricas de la población de estudio.

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, etapa de crecimiento y fenología de cada individuo. La medición de las variables potencial hídrico, conductancia estomática se realizó con una periodicidad trimestral y finalmente la caracterización de la vegetación se realizó de manera trimestral, mediante la Carta de Ocupación de Tierras (COT), utilizando como base imágenes satelitales de alta resolución. La caracterización de la flora vascular se realizó mediante transectos de terreno.

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 algarrobos

Las mediciones realizadas durante el primer semestre del año 2022 indican un total de 420 ejemplares que son objeto de este estudio a la fecha del mes de junio. De estos 420 ejemplares, 41 se encuentran desprendidos (desaparecidos) y 16 corresponden a ejemplares de *Prosopis tamarugo*. Del resto de los ejemplares que corresponden al universo de individuos en pie (363), se identificaron 255 individuos (70,2%) en alguna categoría de vitalidad y 108 ejemplares (29,8%) secos (sin presencia de follaje verde ni estructuras reproductivas). El primer informe de monitoreo, asociado a la Acción 24 de PdC realizado el diciembre del 2021, indican que de los 214 ejemplares objeto de estudio, 37 fueron desprendidos y 7 corresponden a Tamarugos. De los restantes ejemplares, en el mes de diciembre 2021, se identificaron 122 ejemplares (71,7%) con alguna categoría de vitalidad (16 muy débiles, 22 débiles y 84 normales) y 48 ejemplares (27,1%) secos (sin presencia de follaje verde o alguna estructura reproductiva).

A lo largo del periodo de monitoreo, en términos de vitalidad, se observó un aumento de los individuos en condiciones normales durante los meses de marzo y abril, alcanzando un máximo de 195 individuos (56,7%) en marzo, lo que coincide con el mes en que el contenido de humedad del suelo fue mayor dentro del periodo de monitoreo. En los meses siguientes, de mayo a junio, la proporción de individuos normales disminuyó y se

estabilizó en torno al 38%. Al mismo tiempo, los individuos en condiciones débiles y muy débiles presentaron incrementos a partir del mes de mayo.

En relación con el porcentaje de copa viva, se observó una disminución sostenida de los individuos que presentan un 75 – 100% de follaje verde a partir del mes de marzo, pasando de una proporción de individuos dentro de esta categoría del 57,1% en febrero al 21,5% en junio. Al mismo tiempo, se observa un aumento en la proporción de individuos pertenecientes a las categorías de menor porcentaje de follaje verde a partir del mes de abril, sin embargo, ninguna de las categorías por sí sola supera el 20%.

Desde el punto de vista fenológico, los resultados del monitoreo semestral indican que los meses con mayor proporción de individuos con actividad reproductiva (producción de frutos) corresponden a los meses de verano (enero y febrero), disminuyendo fuertemente a partir de marzo. Consecuentemente con la disminución de individuos en fructificación, se observó un aumento sostenido de los individuos en crecimiento vegetativo durante los meses de febrero y mayo, disminuyendo por primera vez en junio.

La proporción de individuos con vitalidad seca, sin presencia de follaje verde (0%) y en estados fenológicos de senescencia se mantuvo relativamente estable entre los meses de enero y mayo, presentando variaciones en torno al 1%. Sin embargo, a partir del mes de junio se observa un aumento del 6,3% en la proporción de estos individuos con respecto al mes de mayo. Lo que se explicaría debido a las respuestas fenológicas que poseen los individuos del género *Prosopis* frente a las condiciones ambientales de la estación de invierno (disminución de temperatura del aire y fotoperiodo), asociadas a la senescencia foliar.

## 1.2 Flora y Vegetación

### 1.2.1 Vegetación

La quebrada de Camar abarca una superficie de 4.044,05 ha, correspondiente al cono aluvial que se extiende entre el pueblo de Camar y la ruta B-355. En el lugar, se ha identificado la presencia de 436,6 ha de vegetación, representando un 10,8% del total de la superficie de estudio, segregada en: Pradera de *Distichlis spicata* (3,6 ha), Matorral de *Aloysia deserticola* – *Ephedra multiflora* (37,2 ha), Matorral de *Atriplex atacamensis* – *Atriplex imbricata* (20,1 ha), Matorral de *Tessaria absinthioides* (248,9 ha), Matorral de *Tiquilia atacamensis* (117,5 ha) y Bosque de *Prosopis sp* (9,3 ha), ubicado en la parte alta de la quebrada, en la zona aledaña al pueblo de Camar.

Cabe mencionar que los ejemplares de *Prosopis sp.* ubicados entre la ruta internacional CH-23 y la ruta B-355 y que son parte del seguimiento mensual de Algarrobos no representan una formación boscosa, ya que no cumplen con los requisitos de cobertura estipulados en la ley N° 2.283 sobre Recuperación del bosque nativo y fomento forestal<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> La ley N° 20.283 establece que un bosque: corresponde a un sitio poblado con formaciones vegetacionales en las que predominan árboles y que ocupa una superficie de por lo menos 5.000 metros cuadrados, con cobertura de copa arbórea que supere el 10% en dicha superficie total, en condiciones áridas y semiáridas, y el 25% en circunstancias más favorables.

Por otra parte, se identificó una zona de vegetación escasa, la cual abarca 3.554,9 ha correspondientes al 87,9% del área estudiada. Mientras que las superficies restantes (1,3%) están representadas por la superficie ocupada por la red vial dentro del área de estudio (34,3 ha), zonas agrícolas (7,32 ha), otras áreas intervenidas (8,51 ha) y la zona poblada (5,13 ha).

### 1.2.2 Flora

Durante este periodo de monitoreo se han registrado 20 taxa en la quebrada de Camar (2 Liliopsida, 1 Gnepopsida y 17 Magnoliopsida), éstas se agrupan en 10 familias: Ephedraceae, Verbenaceae, Chenopodiaceae, Montiaceae, Poaceae, Asteraceae, Boraginaceae, Fabaceae, Solanaceae y Malvaceae. Siete (7) especies son endémicas, doce (12) son nativas y una (1) es introducida.

## 1.3 Contenido de Humedad del suelo

### 1.3.1 Monitoreo mensual

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. En el periodo analizado (febrero a junio de 2022) se observa que en el mes de marzo se presentan los mayores registros de CHS (%) en todos los puntos de monitoreo, como respuesta a las lluvias ocurridas a principio del mes. Del mismo modo, en los meses secos (donde no hubo precipitaciones), se observa una baja en el CHS (febrero, abril y mayo). Mientras que, en junio se registró un leve aumento en el CHS, el cual estaría explicado por los 4,7 mm de agua caída en la zona dicho mes.

De acuerdo con estudios previos sobre la población de algarrobos presente en la quebrada de Camar<sup>2</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. 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

El monitoreo trimestral indica 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.

## 2 Introducción

El presente informe corresponde al reporte semestral del primer semestre del año 2022, asociado a los monitoreos de la población de *Prosopis sp.* (algarrobo) e incluir los datos iniciales asociados al primero monitoreo, con la finalidad de dar cumplimiento a la Acción 24 de PdC, realizado en diciembre de 2021 y de la flora y vegetación monitoreada durante el primer semestre 2022, que se desarrollan en la quebrada de Camar, dentro del Salar de Atacama en la región de Antofagasta. Este 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.

---

<sup>2</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.

Este informe, asociado al programa de seguimiento ambiental, responde a la Acción 24 del Plan de Cumplimiento (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”. Con la finalidad, de robustecer de manera importante, la información que se está reportando, en cuanto a la población de Algarrobos y otras formaciones vegetales de la quebrada de Camar.

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	Responsables del monitoreo
Biodiversidad	Población de <i>Prosopis sp.</i>	Vitalidad	Geobiota y consultores de la Comunidad de Camar  Laboratorio de Relación Suelo-Agua-Planta, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. (Potencial hídrico y conductancia estomática).
		Fenología	
	Etapa de crecimiento		
	Vegetación de la quebrada de Camar	Cobertura de la vegetación medida como superficie	
	Flora de la quebrada de Camar	Abundancia de especies Riqueza florística	
Suelo	Calidad del suelo	Contenido de humedad Conductividad eléctrica pH	Algoritmos SpA.

Los individuos de *Prosopis sp.* (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 226/2006). Esta serie posee un universo de 71 ejemplares adultos ubicados en las proximidades del Pozo Camar-2, de los cuales 12 se encuentran desprendidos o desaparecidos. Información que se puede verificar en el informe anual asociado al Plan de Seguimiento Ambiental biótico PSA 2022.

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. El primer informe de seguimiento corresponde a Diciembre del 2021. 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). 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 420 ejemplares a la fecha (junio 2022). Cabe mencionar, que en las prospecciones realizadas en las distintas campañas, se ha notificado el desprendimiento de 41 ejemplares (desaparecidos) e identificado 16 ejemplares correspondientes a regeneración de *Prosopis tamarugo* dentro de la quebrada, los que no se consideran para el análisis

de resultados del presente monitoreo. Debido a lo anterior, el universo de individuos que son objeto de monitoreo corresponde a los 363 ejemplares que se encuentran en pie.

Con respecto al monitoreo de flora y vegetación dentro de la quebrada de Camar, la finalidad es dar cuenta de su estado actual y evaluar su comportamiento temporal. Las formaciones vegetacionales que se desarrollan dentro del área fueron identificadas en una prospección inicial realizada en abril del 2021 y presentadas en el reporte “Estudio vegetacional y florístico de la quebrada de Camar” (septiembre 2021), que da inicio al seguimiento de esta 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, a continuación, 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 de Flora y Vegetación de la quebrada de Camar, cuyo fin es aportar más información sobre los individuos de algarrobos su protección y resguardo y otras formaciones vegetacionales que no forman parte del Plan de Seguimiento Ambiental comprometido en el marco de la RCA 226/2006 y analizar la evolución temporal de las componentes que son objeto de estudio

Para esto se han establecido los siguientes objetivos específicos:

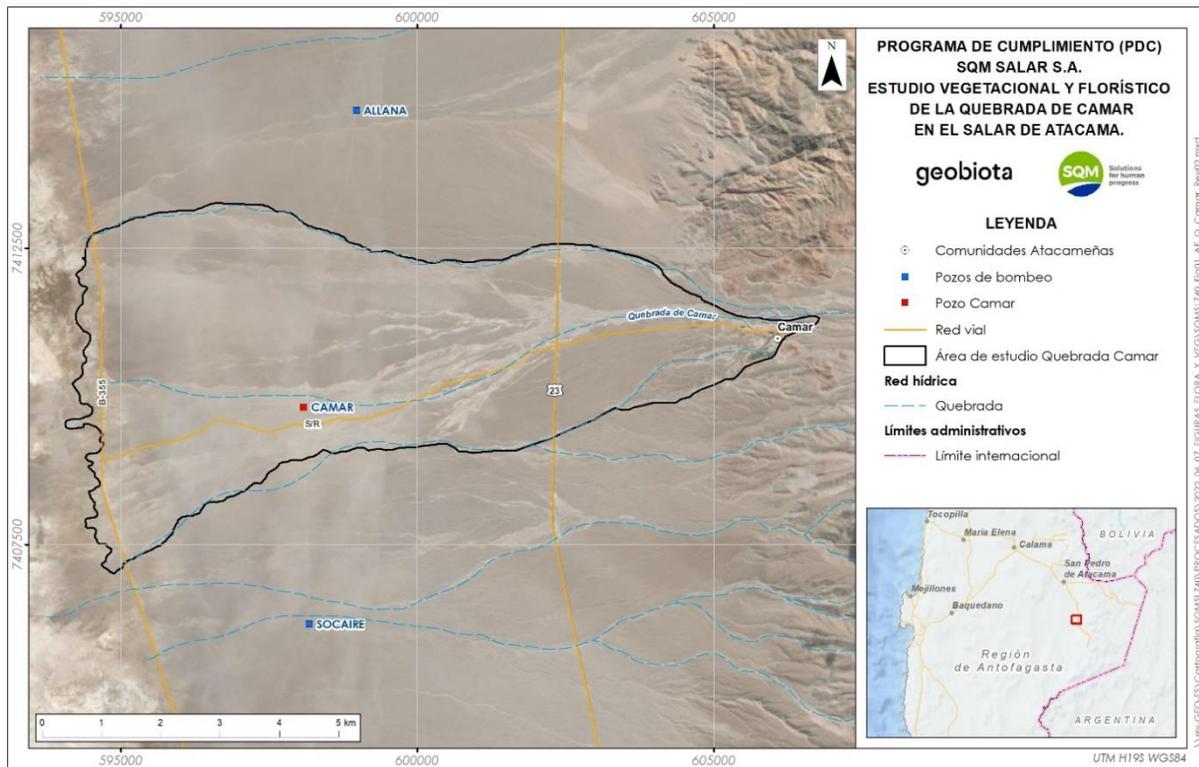
- Analizar la evolución en el tiempo del estado vital y sanitario , daño antrópico, potencial hidrico y conductancia estomática, de la población de *Prosopis sp* (algarrobos) que se desarrolla en la quebrada de Camar en marco de la acción 24 del Plan de Cumplimiento.
- Caracterizar las formaciones vegetacionales presentes dentro de la quebrada de Camar en términos de su riqueza, abundancia y superficie
- Evaluar el contenido de humedad del suelo dentro de la quebrada y su variabilidad en el tiempo, además de analizar los posibles efectos que ésta tenga sobre los algarrobos y la 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) contempla una superficie de 4.044,05 ha y corresponde al área cubierta por la quebrada de Camar, ubicada 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



### 4.2 Monitoreo de algarrobos

#### 4.2.1 Ubicación de los ejemplares

El monitoreo se realiza en una población de algarrobos ubicados en los alrededores del pozo Camar-2, estos individuos están identificados y etiquetados, y son estudiados fijos en el tiempo (Tabla 4-1). Quebrada de Camar y sector urbano de la localidad de Camar. Los individuos han sido clasificados por cinco series 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 de la Operación Minera en el Salar de Atacama, estos se ubican adyacentes al pozo 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 de regeneración 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 a partir de enero 2022 y están ubicados dentro y en las proximidades del pueblo de Camar (este de la ruta CH-23). Mensualmente, los nuevos individuos identificados en terreno, van siendo agregados en el censo. 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 *Prosopis sp.*, 16 individuos corresponden a ejemplares de Tamarugo (*P. 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 *Prosopis* monitoreados en la quebrada de Camar (Datum WGS84 19S).

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
A-01	598.100	7.409.909	C-44	598.152	7.409.484	E-033	605.970	7.411.100
A-02	598.065	7.409.914	C-45	598.150	7.409.473	E-034	605.972	7.411.097
A-03	598.032	7.409.929	C-46	598.155	7.409.474	E-035	605.975	7.411.099
A-04	598.066	7.409.720	C-47	598.184	7.409.499	E-036	605.977	7.411.101
A-05	598.004	7.409.777	C-48	598.184	7.409.520	E-037	605.971	7.411.096
A-06	597.867	7.409.701	C-49	598.198	7.409.523	E-038	605.968	7.411.096
A-07	597.031	7.409.692	C-50	598.152	7.409.549	E-039	605.975	7.411.097
A-08	597.052	7.409.693	C-51	598.156	7.409.544	E-040	605.971	7.411.092
A-09	597.055	7.409.705	C-52	598.155	7.409.526	E-041	605.973	7.411.098
A-10	597.087	7.409.700	C-53	598.138	7.409.528	E-042	605.975	7.411.098
A-11	597.201	7.409.691	C-54	598.131	7.409.519	E-043	605.977	7.411.099
A-12	597.223	7.409.975	C-55	598.132	7.409.523	E-044	605.975	7.411.099
A-13	597.288	7.409.962	C-56	598.131	7.409.521	E-045	605.972	7.411.100
A-14	597.286	7.409.993	C-57	598.132	7.409.516	E-046	605.974	7.411.097
A-15	597.260	7.409.999	C-58	598.113	7.409.516	E-047	606.040	7.410.946
A-16	597.582	7.409.925	C-59	598.111	7.409.506	E-048	606.041	7.410.951
A-17	597.603	7.409.916	C-60	598.095	7.409.505	E-049	606.040	7.410.949
A-18	597.621	7.409.920	C-61	598.143	7.409.489	E-050	606.036	7.410.954
A-19	597.621	7.409.913	C-62	598.141	7.409.493	E-051	606.034	7.410.959
A-20	597.627	7.409.921	C-63	598.178	7.409.504	E-052	606.033	7.410.957
A-21	597.632	7.409.915	C-64	598.142	7.409.518	E-053-A	606.047	7.410.951
A-22	597.634	7.409.921	C-65	598.545	7.409.509	E-053-B	606.047	7.410.951

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

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
A-23	597.645	7.409.915	C-66	598.557	7.409.716	E-054	606.046	7.410.951
A-24	597.649	7.409.924	C-67	598.563	7.409.715	E-055	606.039	7.410.946
A-25	597.655	7.409.919	C-68	598.588	7.409.723	E-056	606.043	7.410.944
A-26	597.665	7.409.923	C-69	598.602	7.409.731	E-057	606.051	7.410.951
A-27	597.679	7.409.918	C-70	598.609	7.409.736	E-058	606.055	7.410.950
A-28	597.683	7.409.912	C-71	598.602	7.409.691	E-059	606.046	7.410.956
A-29	597.747	7.409.936	C-72	598.575	7.409.695	E-060	606.051	7.410.960
A-30	597.788	7.409.952	C-74	598.105	7.409.725	E-061	606.044	7.410.960
A-31	597.792	7.409.953	C-75	598.098	7.409.481	E-062	606.050	7.410.966
A-32	598.738	7.409.919	C-76	598.109	7.409.481	E-063	606.054	7.410.970
A-33	598.759	7.409.902	C-77	598.102	7.409.492	E-064	606.042	7.410.968
A-34	598.819	7.409.920	C-78	598.469	7.409.488	E-065	606.029	7.410.940
A-35	598.848	7.409.926	C-79	598.469	7.409.679	E-066	606.021	7.410.910
A-36	598.732	7.409.766	D-01	599.662	7.409.679	E-067	606.023	7.410.909
A-37	598.698	7.409.766	D-02	599.297	7.409.953	E-068	606.024	7.410.911
A-38	598.677	7.409.695	D-03	599.294	7.409.919	E-069	606.021	7.410.912
A-39	598.670	7.409.699	D-04	599.278	7.409.926	E-070	606.018	7.410.915
A-40	598.574	7.409.693	D-05	599.277	7.409.953	E-071	606.019	7.410.917
A-41	598.469	7.409.677	D-06	599.282	7.409.966	E-072	606.014	7.410.895
A-42	598.403	7.409.674	D-07	599.227	7.410.001	E-073	606.008	7.410.893
A-43	598.432	7.409.734	D-08	599.204	7.410.004	E-074	606.005	7.410.891
A-44	598.449	7.409.740	D-09	599.070	7.409.970	E-075	605.998	7.410.898
A-45	598.488	7.409.746	D-10	598.731	7.409.990	E-076	605.952	7.410.788
A-46	598.492	7.409.741	D-11	598.693	7.409.609	E-077	605.959	7.410.780
A-47	598.581	7.409.758	D-12	598.710	7.409.626	E-078	605.845	7.410.745
A-48	598.314	7.409.784	D-13	598.570	7.409.682	E-079	605.833	7.410.743
A-49	598.579	7.409.683	D-14	598.603	7.409.716	E-080	605.807	7.410.778
A-50	598.543	7.409.660	D-15	598.610	7.409.715	E-081	605.814	7.410.786
A-51	598.491	7.409.653	D-16	598.562	7.409.710	E-082	605.772	7.410.776

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

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
A-52	598.483	7.409.654	D-17	598.540	7.409.705	E-083	605.766	7.410.789
A-53	598.414	7.409.660	D-18	598.578	7.409.679	E-085	606.038	7.410.912
A-54	598.419	7.409.645	D-19	598.564	7.409.639	E-086	606.040	7.410.915
A-55	598.388	7.409.586	D-20	598.550	7.409.621	E-087	605.556	7.410.590
A-56	598.359	7.409.612	D-21	598.537	7.409.624	E-088	605.563	7.410.582
A-57	598.341	7.409.607	D-22	598.529	7.409.626	E-089	605.561	7.410.584
A-58	598.407	7.409.807	D-23	598.523	7.409.626	E-090	605.498	7.410.577
A-59	597.880	7.409.705	D-24	598.098	7.409.610	E-091	605.497	7.410.576
A-60	597.318	7.409.687	D-25	598.160	7.409.448	E-092	605.495	7.410.569
A-61	597.595	7.409.927	D-26	598.113	7.409.501	E-093	605.495	7.410.563
A-62	597.697	7.409.914	D-27	598.112	7.409.457	E-094	605.509	7.410.561
A-63	597.715	7.409.919	D-28	598.055	7.409.453	E-095	605.494	7.410.559
A-64	597.703	7.409.910	D-29	598.107	7.409.879	E-096	605.493	7.410.561
A-65	597.718	7.409.904	D-30	598.086	7.409.900	E-097	605.489	7.410.563
A-66	597.731	7.409.907	D-31	598.078	7.409.861	E-098	605.484	7.410.567
A-67	597.746	7.409.922	D-32	598.111	7.409.798	E-099	605.485	7.410.558
A-68	597.767	7.409.938	D-33	598.103	7.409.491	E-100	605.484	7.410.549
A-69	598.076	7.409.878	D-34	598.695	7.409.488	E-101	605.486	7.410.550
A-70	598.028	7.409.873	D-35	598.660	7.409.708	E-102	605.482	7.410.548
A-71	597.817	7.409.786	D-36	599.272	7.409.717	E-103	605.439	7.410.545
AX-01	598.305	7.409.804	D-37	599.230	7.409.965	E-104	605.436	7.410.548
AX-02	597.020	7.409.942	D-38	598.117	7.409.982	E-108	605.297	7.410.425
AX-03	597.037	7.409.920	D-39	598.116	7.410.175	E-109	605.295	7.410.415
AX-76	597.609	7.409.906	D-40	598.119	7.410.182	E-110	605.305	7.410.418
B-01	598.922	7.409.874	D-41	598.118	7.410.189	E-111	605.303	7.410.418
B-02	599.016	7.409.889	D-42	598.118	7.410.190	E-112	605.308	7.410.411
B-03	599.710	7.409.937	D-43	598.117	7.410.207	E-113	605.305	7.410.406
B-04	600.761	7.410.288	D-45	598.189	7.410.214	E-114	605.307	7.410.403
B-05	601.215	7.410.461	D-46	598.516	7.409.866	E-115	605.304	7.410.393

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

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
B-06	601.266	7.410.440	D-47	598.509	7.409.637	E-116	605.322	7.410.402
B-07	601.306	7.410.495	D-48	598.679	7.409.661	E-117	605.324	7.410.401
B-08	601.379	7.410.552	D-49	598.728	7.409.705	E-118	605.326	7.410.400
B-09	601.420	7.410.585	D-50	598.745	7.409.637	E-119	605.330	7.410.403
B-10	601.403	7.410.509	D-51	598.760	7.409.632	E-120	605.313	7.410.411
B-11	601.603	7.410.548	D-52	598.755	7.409.662	E-121	605.311	7.410.414
B-12	601.635	7.410.587	D-53	598.795	7.409.668	E-122	605.310	7.410.416
B-13	601.683	7.410.612	D-54	598.822	7.409.663	E-123	605.307	7.410.422
B-14	601.711	7.410.666	D-55	598.810	7.409.679	E-124	605.305	7.410.426
B-15	601.710	7.410.672	D-56	598.829	7.409.698	E-125	605.313	7.410.423
B-16	601.856	7.410.736	D-57	598.741	7.409.702	E-126	605.316	7.410.418
B-17	601.972	7.410.806	D-58	599.249	7.409.692	E-127	605.319	7.410.425
B-18	602.174	7.410.934	D-59	601.641	7.409.977	E-128	605.318	7.410.425
B-19	602.256	7.410.943	D-60	599.289	7.410.610	E-129	605.324	7.410.414
B-20	602.261	7.410.998	D-61	598.987	7.409.931	E-130	605.390	7.410.434
B-21	602.313	7.410.998	D-62	598.743	7.409.858	E-132	605.468	7.410.532
BX-01	602.298	7.411.023	D-63	598.714	7.409.654	E-133	605.476	7.410.527
C-01	598.556	7.409.676	D-64	599.100	7.409.620	E-134	605.472	7.410.529
C-02	598.553	7.409.678	D-65	599.076	7.409.867	E-135	604.455	7.411.156
C-03	598.559	7.409.682	D-66	599.083	7.409.951	E-137	603.033	7.411.234
C-04	598.559	7.409.682	D-67	598.742	7.409.874	E-138	603.606	7.411.329
C-05	598.561	7.409.683	D-68	598.114	7.409.681	E-139	603.585	7.411.343
C-06	598.567	7.409.681	D-69	598.138	7.410.168	E-140	604.510	7.411.144
C-07	598.568	7.409.678	D-70	598.138	7.409.964	E-141	603.675	7.411.341
C-08	598.570	7.409.679	D-71	599.083	7.409.952	E-142	603.724	7.411.353
C-09	598.577	7.409.681	D-72	599.015	7.409.952	E-143	603.733	7.411.365
C-10	598.588	7.409.673	D-73	598.997	7.409.873	E-144	606.042	7.410.953
C-11	598.587	7.409.674	D-74	598.944	7.409.858	E-145	606.048	7.410.944
C-12	598.586	7.409.673	D-75	598.488	7.409.853	E-146	606.051	7.410.921

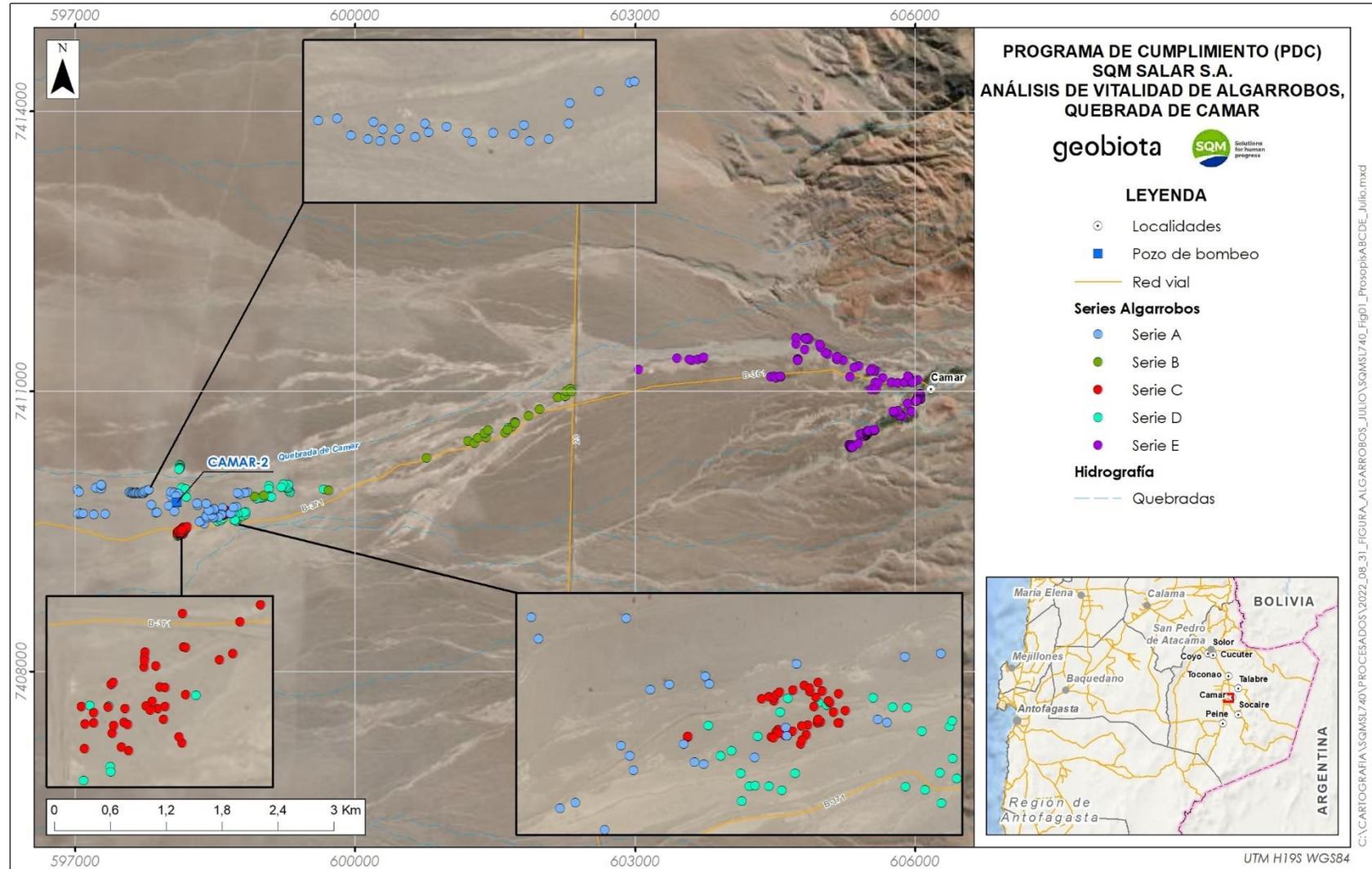
Tabla 4-1. Ubicación de los individuos de *Prosopis* monitoreados en la quebrada de Camar (Datum WGS84 19S).

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
C-13A	598.593	7.409.689	D-76	598.502	7.409.655	E-147	606.018	7.410.911
C-13B	598.586	7.409.688	E-001	606.029	7.411.124	E-148	605.873	7.410.732
C-14	598.602	7.409.693	E-002	605.751	7.411.098	E-149	605.975	7.411.097
C-15	598.603	7.409.693	E-003	605.752	7.411.099	E-150	605.971	7.411.097
C-16	598.618	7.409.703	E-004	605.648	7.411.143	E-151	605.993	7.411.112
C-17	598.623	7.409.690	E-005	605.574	7.411.225	E-152	605.937	7.411.151
C-18	598.624	7.409.692	E-006	605.555	7.411.222	E-153	605.932	7.411.156
C-19	598.630	7.409.704	E-007	605.534	7.411.243	E-154	605.925	7.411.155
C-20	598.539	7.409.722	E-008	605.513	7.411.217	E-155	605.923	7.411.161
C-21	598.557	7.409.718	E-009	605.392	7.411.271	E-156	605.522	7.411.221
C-22	598.560	7.409.720	E-010	605.342	7.411.255	E-157	605.522	7.411.220
C-23	598.595	7.409.728	E-011	605.157	7.411.342	E-158	605.306	7.411.156
C-24	598.595	7.409.721	E-013	605.163	7.411.368	E-159	604.850	7.411.570
C-25	598.599	7.409.719	E-014	604.976	7.411.510	E-160	604.743	7.411.332
C-26	598.606	7.409.726	E-015	604.863	7.411.556	E-161	606.043	7.410.945
C-27	598.598	7.409.709	E-016	604.835	7.411.561	E-162	605.165	7.411.340
C-28	598.614	7.409.713	E-017	604.820	7.411.568	E-163	604.990	7.411.468
C-29	598.625	7.409.722	E-018	604.725	7.411.511	E-164	604.745	7.411.334
C-30	598.620	7.409.721	E-019	604.818	7.411.448	E-165	604.489	7.411.159
C-31	598.097	7.409.466	E-020	604.744	7.411.349	E-166	605.975	7.411.096
C-32	598.113	7.409.482	E-021	604.553	7.411.155	E-167	606.058	7.410.915
C-33	598.113	7.409.480	E-022	604.553	7.411.155	E-168	606.057	7.410.912
C-34	598.117	7.409.483	E-023	604.555	7.411.161	E-169	605.977	7.411.091
C-35	598.118	7.409.482	E-024	605.524	7.411.020	E-170	605.040	7.411.515
C-36	598.121	7.409.469	E-025	605.577	7.411.022	E-171	603.458	7.411.354
C-37	598.121	7.409.490	E-026	605.577	7.411.040	E-172	606.047	7.410.952
C-38	598.119	7.409.490	E-027	605.574	7.411.097	E-173	606.044	7.410.954
C-39	598.133	7.409.492	E-028	605.608	7.411.093	E-174	605.069	7.411.397
C-40	598.135	7.409.494	E-029	605.811	7.411.093	E-175	604.719	7.411.504

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

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
C-41	598.133	7.409.490	E-030	605.885	7.411.098	E-176	604.731	7.411.567
C-42	598.137	7.409.491	E-031	605.891	7.411.099			
C-43	598.141	7.409.484	E-032	605.894	7.411.099			

Figura 4-2. Ubicación de los ejemplares de *Prosopis* sp. monitoreados



## 4.2.2 Parámetros evaluados

Los parámetros evaluados y la metodología utilizada para estimar el estado vital de los individuos corresponden a lo descrito en el Plan de Seguimiento Ambiental del Proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama”. Esta considera los siguientes parámetros que son medidos de manera mensual (Tabla 4-2). Luego, en la Tabla 4-3, Tabla 4-4, Tabla 4-5 y Tabla 4-6 se especifican los criterios utilizados para evaluar cada parámetro.

Tabla 4-2. Parámetros evaluados para monitorear el estado vital y sanitario de los algarrobos

Monitoreo comprometido en PdC	Parámetro utilizado
Estado vital y sanitario de los algarrobos	Vitalidad de los individuos Proporción de copa viva Etapa de desarrollo Fenología
Afectación animal y antrópica	Presencia/ausencia de signos de ramoneo (afectación animal) y de poda o corta de los individuos (afectación antrópica)

Tabla 4-3. 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.

Tabla 4-4. 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%

Tabla 4-5. Categorías utilizadas para la etapa de crecimiento.

Código	Etapa de crecimiento
1	Regeneración
2	Juvenil
3	Adulto
4	Senescente
5	Seco

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

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

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

Paralelamente, se desarrolla un monitoreo trimestral del estado fisiológico de la población de algarrobos de Camar, mediante la medición de parámetros que permiten determinar el estado hídrico de una muestra de 18 individuos de *Prosopis alba*, distribuidos en las proximidades del pozo Camar-2 y tubería, que luego son comparados con una muestra de 4 individuos testigos ubicados aguas arriba de la tubería, en las cercanías de la ruta internacional CH-23, en donde la disponibilidad hídrica es más favorable. En la Tabla 4-7 y Tabla 4-8 se detallan los parámetros a evaluar y los individuos que forman parte de ambas muestras, respectivamente.

Tabla 4-7. Parámetros utilizados para evaluar el estado fisiológico de la población de algarrobos de la quebrada de Camar

Parámetro	Unidad de medida
Potencial hídrico	MPa
Conductancia estomática	mmol/m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>

Tabla 4-8. Individuos de algarrobos monitoreados trimestralmente para evaluación de estado fisiológico

Árbol	Coordenadas UTM		Tipo de muestra
	Este	Norte	
A04	598.066	7.409.720	Objetivo
A07	597.031	7.409.692	Objetivo
A08	597.052	7.409.693	Objetivo
A11	597.201	7.409.691	Objetivo
A12	597.223	7.409.975	Objetivo
A21	597.632	7.409.915	Objetivo
A22	597.634	7.409.921	Objetivo
A30	597.788	7.409.952	Objetivo
A33	598.759	7.409.902	Objetivo
A36	598.732	7.409.766	Objetivo
A37	598.698	7.409.766	Objetivo
A38	598.677	7.409.695	Objetivo
A40	598.574	7.409.693	Objetivo
A41	598.469	7.409.677	Objetivo
A43	598.432	7.409.734	Objetivo
A44	598.449	7.409.740	Objetivo
A47	598.581	7.409.758	Objetivo
A58	598.407	7.409.807	Objetivo
B11	601.603	7.410.548	Testigo
B17	601.972	7.410.806	Testigo
B20	602.261	7.410.998	Testigo
B21	602.313	7.410.998	Testigo

### 4.2.3 Metodología de muestreo, medición y análisis

El monitoreo mensual de algarrobos es realizado a través de prospecciones pedestres del área de estudio y descripciones en terreno en cuanto a la vitalidad, fenología y proporción de copa viva de cada individuo, de acuerdo con los criterios previamente establecidos. En caso de encontrar nuevos individuos en las prospecciones mensuales, estos son censados y debidamente etiquetados para luego ser incorporados al monitoreo.

Por otro lado, el monitoreo trimestral del estado fisiológico de los algarrobos contempla la medición en terreno del potencial hídrico de la ramilla y de la conductancia estomática.

El potencial hídrico se midió en pre-alba de manera de registrar la capacidad de recuperación hídrica de los árboles durante la noche (Acevedo *et al.*, 1985). Las mediciones se realizaron con una cámara de presión (Scholander *et al.*, 1965) utilizando nitrógeno gaseoso como gas presurizado, en ramillas formadas durante la temporada anterior. Se seleccionaron 2 ramillas por árbol, las que se ubicaron 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. Posteriormente se midió el potencial hídrico entre las 12:00 y 14:00 horas, de la misma forma que se describió para la medición de pre-alba.

Con respecto a la conductancia estomática de las hojas, esta se midió con un porómetro de flujo estacionario marca Meter, modelo SC-01. Los estomas son pequeños poros ubicados en la parte superior e inferior de una hoja y son los responsables de absorber y expulsar CO<sub>2</sub> y humedad. La conductancia estomática es la velocidad de paso de CO<sub>2</sub> o vapor de agua a través de los estomas y es una función de la densidad, tamaño y grado de apertura de los estomas. El porómetro se calibra cada día antes de las mediciones, respecto de las condiciones ambientales presentes en ese momento. 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.

Luego, ambas variables se analizaron mediante un análisis estadístico comparativo entre ambos grupos (objetivo y testigo), donde la muestra contempla un N = 22. Las variables fueron evaluadas por medio de un análisis de varianza utilizando el programa estadístico R y cuando se determinaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, se procedió a realizar una prueba de separación de medias, por medio de la prueba DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves); (Di-Rienzo *et al.*, 2011), al 5% de probabilidad de error, lo que es igual a un nivel de confianza del 95%.

### 4.3 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:

#### 4.3.1 Ubicación de los puntos de monitoreo

Para caracterizar la vegetación y flora vascular se realizaron un total de 74 descripciones de vegetación (metodología COT) (Tabla 4-9) y 222 transectos de flora (Tabla 4-10), los cuales son puntos fijos en el tiempo y los que se distribuyen de acuerdo con lo presentado en la Figura 4-3 y Figura 4-4.

En ambos casos, se estableció un diseño de muestreo que maximizara la representación en terreno de las unidades vegetacionales identificadas en la segmentación inicial (abril 2021), de manera que todas las formaciones vegetacionales identificadas en la quebrada estuvieran correctamente descritas. En la Tabla 4-11, se presenta el esfuerzo de muestreo por cada formación identificada.

Tabla 4-9. Ubicación de los puntos de monitoreo de vegetación en la quebrada de Camar

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Norte	Este		Este	Norte
P-002	601.685	7.410.742	P-039	594.711	7.411.887	P-072	594.776	7.408.987
P-003	601.952	7.410.889	P-041	594.737	7.411.499	P-073	594.895	7.408.925
P-005	599.989	7.412.170	P-043	594.740	7.410.971	P-075	595.162	7.408.814
P-006	599.855	7.409.375	P-044	594.812	7.411.025	P-076	595.206	7.408.922
P-007	598.822	7.409.189	P-045	594.836	7.410.665	P-077	595.310	7.408.544
P-008	598.138	7.410.143	P-046	594.605	7.410.246	P-078	595.198	7.408.673
P-011	599.484	7.409.226	P-047	594.390	7.410.125	P-079	594.753	7.408.660
P-012	594.458	7.412.583	P-048	594.251	7.409.991	P-081	595.010	7.408.499
P-013	594.704	7.413.530	P-050	594.575	7.409.714	P-082	594.934	7.408.291
P-016	596.898	7.411.990	P-051	594.498	7.409.676	P-083	595.267	7.408.379
P-019	597.415	7.411.953	P-052	594.628	7.409.625	P-087	595.439	7.407.966
P-021	597.792	7.412.114	P-054	594.770	7.410.370	P-088	596.153	7.408.055
P-022	597.378	7.410.067	P-055	594.957	7.410.308	P-089	595.607	7.407.619
P-023	594.819	7.412.608	P-056	595.064	7.410.111	P-090	595.251	7.407.872
P-025	594.480	7.412.329	P-057	593.991	7.409.994	P-091	594.993	7.408.191
P-026	594.847	7.412.461	P-058	594.552	7.410.009	P-093	594.640	7.408.355
P-027	594.837	7.412.294	P-060	594.276	7.409.576	P-094	594.518	7.408.399
P-029	594.968	7.412.084	P-061	594.511	7.409.546	P-095	594.611	7.407.931
P-030	594.749	7.412.112	P-064	594.638	7.408.631	P-096	594.794	7.407.903
P-031	594.489	7.411.903	P-065	594.507	7.408.718	P-097	594.707	7.407.699
P-032	594.421	7.411.965	P-067	595.135	7.409.687	P-098	594.857	7.407.591
P-035	594.380	7.411.354	P-068	594.730	7.409.811	P-100	595.110	7.407.271
P-036	594.457	7.411.124	P-069	594.740	7.409.353	P-102	598.112	7.412.071
P-037	594.420	7.410.664	P-070	595.136	7.409.160	P-108	598.707	7.412.569
P-038	594.476	7.410.349	P-071	594.835	7.509.165			

Figura 4-3. Esfuerzo de muestreo de vegetación

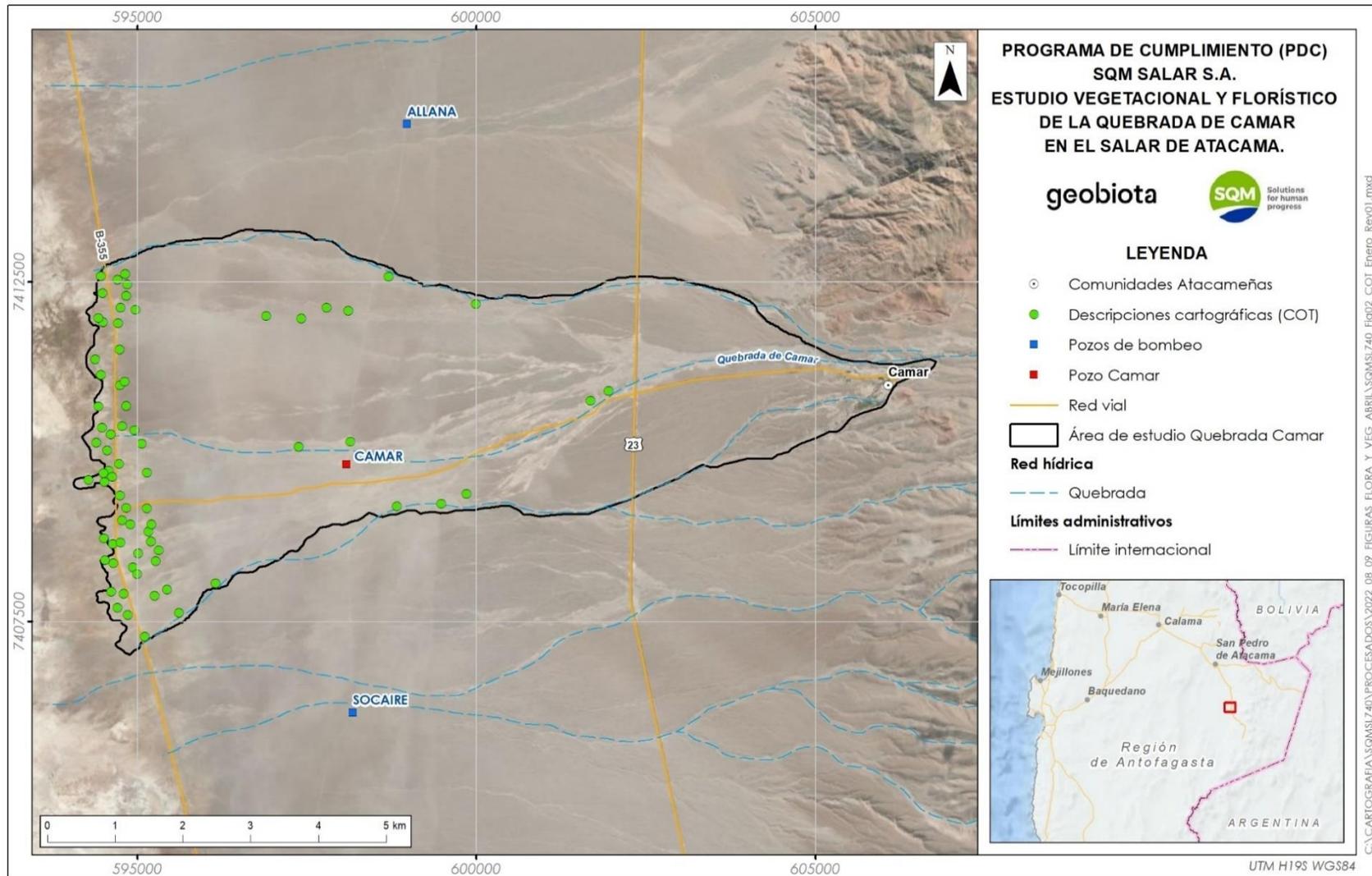


Tabla 4-10. Ubicación de los transectos de flora en la quebrada de Camar en el Salar de Atacama

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Norte	Este		Este	Norte
P-002 T1	601.580	7.410.705	P-002 T2	601.709	7.410.749	P-002 T3	601.765	7.418.826
P-003 T1	601.587	7.410.941	P-003 T2	601.636	7.410.907	P-003 T3	601.626	7.410.873
P-005 T1	600.131	7.412.180	P-005 T2	600.056	7.412.183	P-005 T3	599.989	7.412.170
P-006 T1	599.898	7.409.404	P-006 T2	599.915	7.409.323	P-006 T3	599.785	7.409.323
P-007 T1	598.982	7.409.294	P-007 T2	598.848	7.409.208	P-007 T3	598.741	7.409.169
P-008 T1	598.158	7.410.055	P-008 T2	598.177	7.410.112	P-008 T3	598.160	7.410.181
P-011 T1	599.674	7.409.288	P-011 T2	599.560	7.409.227	P-011 T3	594.394	7.409.207
P-012 T1	594.481	7.412.608	P-012 T2	594.462	7.412.609	P-012 T3	594.438	7.412.552
P-013 T1	594.672	7.412.587	P-013 T2	594.655	7.412.534	P-013 T3	594.693	7.412.456
P-016 T1	596.798	7.412.004	P-016 T2	596.852	7.411.985	P-016 T3	596.898	7.411.990
P-019 T1	597.178	7.411.940	P-019 T2	597.269	7.411.962	P-019 T3	597.415	7.411.953
P-021 T1	597.461	7.412.083	P-021 T2	597.619	7.412.144	P-021 T3	597.792	7.412.114
P-022 T1	597.374	7.410.068	P-022 T2	597.610	7.410.084	P-022 T3	597.772	7.410.075
P-023 T1	594.835	7.412.661	P-023 T2	594.837	7.412.579	P-023 T3	594.862	7.412.544
P-025 T1	594.499	7.412.336	P-025 T2	594.468	7.412.419	P-025 T3	594.531	7.412.325
P-026 T1	594.850	7.412.431	P-026 T2	594.869	7.412.455	P-026 T3	594.788	7.412.385
P-027 T1	594.855	7.412.295	P-027 T2	594.877	7.412.349	P-027 T3	594.850	7.412.323
P-029 T1	594.975	7.412.119	P-029 T2	594.940	7.412.086	P-029 T3	594.989	7.412.050
P-030 T1	594.750	7.412.109	P-030 T2	594.697	7.412.091	P-030 T3	594.836	7.412.104
P-031 T1	594.542	7.411.950	P-031 T2	594.509	7.411.908	P-031 T3	594.512	7.411.864
P-032 T1	594.441	7.411.966	P-032 T2	594.464	7.412.012	P-032 T3	594.514	7.412.043
P-035 T1	594.405	7.411.349	P-035 T2	594.406	7.411.280	P-035 T3	594.449	7.411.215
P-036 T1	594.472	7.411.160	P-036 T2	594.476	7.411.119	P-036 T3	594.472	7.411.086
P-037 T1	594.495	7.410.755	P-037 T2	594.445	7.410.669	P-037 T3	594.395	7.410.487
P-038 T1	594.468	7.410.369	P-038 T2	594.534	7.410.391	P-038 T3	594.615	7.410.384
P-039 T1	594.810	7.411.876	P-039 T2	594.718	7.411.891	P-039 T3	594.692	7.411.918
P-041 T1	594.756	7.411.437	P-041 T2	594.747	7.411.497	P-041 T3	594.727	7.411.588
P-043 T1	594.741	7.410.714	P-043 T2	594.750	7.410.973	P-043 T3	594.718	7.411.150
P-044 T1	594.760	7.411.081	P-044 T2	594.825	7.411.006	P-044 T3	594.816	7.410.954
P-045 T1	594.856	7.410.626	P-045 T2	594.827	7.410.652	P-045 T3	594.763	7.410.669

Tabla 4-10. Ubicación de los transectos de flora en la quebrada de Camar en el Salar de Atacama

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Norte	Este		Este	Norte
P-046 T1	594.623	7.410.300	P-046 T2	594.603	7.410.247	P-046 T3	594.613	7.410.163
P-047 T1	594.299	7.410.123	P-047 T2	594.345	7.410.128	P-047 T3	594.390	7.410.125
P-048 T1	594.402	7.409.958	P-048 T2	594.334	7.409.976	P-048 T3	594.251	7.409.991
P-050 T1	594.561	7.409.795	P-050 T2	594.562	7.409.748	P-050 T3	594.575	7.409.714
P-051 T1	594.381	7.409.714	P-051 T2	594.435	7.409.694	P-051 T3	594.498	7.409.676
P-052 T1	594.540	7.409.614	P-052 T2	594.580	7.409.616	P-052 T3	594.628	7.409.625
P-054 T1	594.744	7.410.414	P-054 T2	594.787	7.410.372	P-054 T3	594.779	7.410.333
P-055 T1	594.946	7.410.260	P-055 T2	594.911	7.410.280	P-055 T3	594.964	7.410.332
P-056 T1	594.980	7.410.142	P-056 T2	595.075	7.410.114	P-056 T3	595.112	7.410.198
P-057 T1	594.894	7.410.088	P-057 T2	594.956	7.410.031	P-057 T3	593.991	7.409.994
P-058 T1	594.828	7.410.017	P-058 T2	594.797	7.410.016	P-058 T3	594.552	7.410.009
P-060 T1	594.201	7.409.490	P-060 T2	594.242	7.409.527	P-060 T3	594.276	7.409.576
P-061 T1	594.433	7.409.591	P-061 T2	594.416	7.409.561	P-061 T3	594.511	7.409.546
P-064 T1	594.645	7.408.671	P-064 T2	594.644	7.408.651	P-064 T3	594.638	7.408.631
P-065 T1	594.581	7.408.723	P-065 T2	594.537	7.408.725	P-065 T3	594.507	7.408.718
P-067 T1	595.162	7.409.917	P-067 T2	595.151	7.409.823	P-067 T3	595.135	7.409.687
P-068 T1	594.736	7.409.854	P-068 T2	594.734	7.409.836	P-068 T3	594.730	7.409.811
P-069 T1	594.742	7.409.235	P-069 T2	594.738	7.409.314	P-069 T3	594.740	7.409.353
P-070 T1	595.139	7.409.261	P-070 T2	595.092	7.409.204	P-070 T3	595.136	7.409.160
P-071 T1	594.908	7.409.210	P-071 T2	594.874	7.409.183	P-071 T3	594.835	7.509.165
P-072 T1	594.784	7.409.062	P-072 T2	594.777	7.409.021	P-072 T3	594.776	7.408.987
P-073 T1	594.837	7.408.835	P-073 T2	594.864	7.408.872	P-073 T3	594.895	7.408.925
P-075 T1	595.079	7.408.814	P-075 T2	595.074	7.408.774	P-075 T3	595.162	7.408.814
P-076 T1	595.275	7.408.795	P-076 T2	595.261	7.408.853	P-076 T3	595.206	7.408.922
P-077 T1	595.293	7.408.667	P-077 T2	595.302	7.408.611	P-077 T3	595.310	7.408.544
P-078 T1	595.210	7.408.590	P-078 T2	595.214	7.408.625	P-078 T3	595.198	7.408.673
P-079 T1	594.777	7.408.584	P-079 T2	594.774	7.408.619	P-079 T3	594.753	7.408.660
P-081 T1	594.908	7.408.517	P-081 T2	594.950	7.408.508	P-081 T3	595.010	7.408.499
P-082 T1	594.925	7.408.391	P-082 T2	594.930	7.408.345	P-082 T3	594.934	7.408.291
P-083 T1	595.182	7.408.363	P-083 T2	595.220	7.408.367	P-083 T3	595.267	7.408.379

Tabla 4-10. Ubicación de los transectos de flora en la quebrada de Camar en el Salar de Atacama

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Norte	Este		Este	Norte
P-087 T1	595.458	7.407.967	P-087 T2	595.456	7.408.074	P-087 T3	595.625	7.407.946
P-088 T1	596.153	7.408.055	P-088 T2	596.141	7.408.110	P-088 T3	596.110	7.407.979
P-089 T1	595.627	7.407.649	P-089 T2	595.638	7.407.657	P-089 T3	595.670	7.407.730
P-090 T1	595.266	7.407.812	P-090 T2	595.251	7.407.872	P-090 T3	595.255	7.407.960
P-091 T1	596.218	7.396.359	P-091 T2	595.005	7.408.147	P-091 T3	594.993	7.408.191
P-093 T1	594.642	7.408.475	P-093 T2	594.645	7.408.425	P-093 T3	594.670	7.408.355
P-094 T1	594.541	7.408.336	P-094 T2	594.522	7.408.378	P-094 T3	594.560	7.408.422
P-095 T1	594.635	7.407.983	P-095 T2	594.611	7.407.931	P-095 T3	594.616	7.407.874
P-096 T1	594.807	7.407.964	P-096 T2	594.796	7.407.854	P-096 T3	594.796	7.407.854
P-097 T1	594.750	7.407.728	P-097 T2	594.707	7.407.699	P-097 T3	594.644	7.407.726
P-098 T1	594.899	7.407.526	P-098 T2	594.875	7.407.594	P-098 T3	594.856	7.407.722
P-100 T1	595.129	7.407.273	P-100 T2	595.090	7.407.319	P-100 T3	595.103	7.407.251
P-102 T1	597.846	7.412.056	P-102 T2	597.988	7.412.081	P-102 T3	598.112	7.412.071
P-108 T1	599.191	7.412.520	P-108 T2	598.832	7.412.530	P-108 T3	598.707	7.412.569

Figura 4-4. Esfuerzo de muestreo de flora

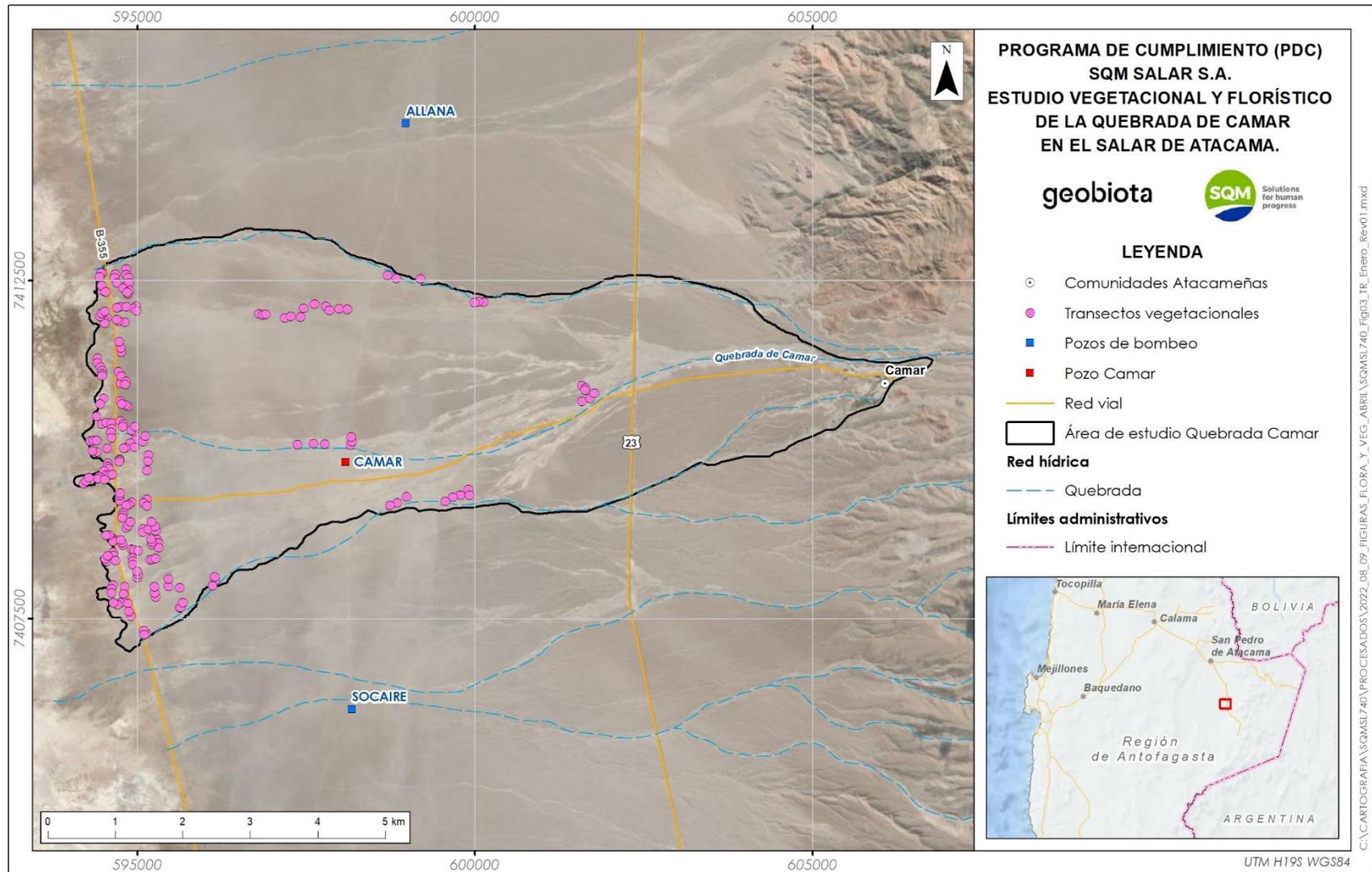


Tabla 4-11. Esfuerzo de muestreo por formación vegetacional

Formación vegetacional	Superficie (ha)	Esfuerzo de muestreo	
		Vegetación (N° observaciones)	Flora (N° transectos)
Matorral de Tessaria absinthioides	248,90	43	129
Matorral de Tiquilia atacamensis	117,51	12	36
Matorral de Atriplex atacamensis – Atriplex imbricata	20,10	5	15
Matorral de Aloysia deserticola – Ephedra multiflora	37,20	7	21
Pradera de Distichlis spicata	3,55	1	3
<b>Total</b>	<b>436,60</b>	<b>68</b>	<b>192</b>
Zona de vegetación escasa	3.554,91	6	18
<b>Total</b>	<b>4.036,60</b>	<b>74</b>	<b>222</b>

### 4.3.2 Parámetros evaluados

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

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

Variable	Parámetro	Metodologías utilizadas
Vegetación de la quebrada de Camar	Cobertura de la vegetación medida como superficie	Carta de Ocupación de Tierras
	Afectación antrópica	Descripción visual en terreno
Flora	Abundancia de especies	Transectos lineales
	Riqueza de especies	

### 4.3.3 Metodología de muestreo, medición y análisis

#### 4.3.3.1 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 la aplicación de la 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>3</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 Pleiades. 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 multiespectral y 0,5 m la pancromática, alcanzando en el fusionado (pansharpening) una resolución de 0,5 m.

**Etapa III: Descripciones de las unidades vegetacionales.** Se realizó una campaña de terreno, durante la estación de verano (diciembre 2021), en la cual participaron cuatro profesionales especialistas. 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 4-13 y en la Tabla 4-14, respectivamente.

Tabla 4-13. 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

Tabla 4-14. Rangos de altura por tipo biológico

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

<sup>3</sup> Aprobado favorablemente por la RCA N° 226/2006 de la Comisión Regional del Medio Ambiente Región de Antofagasta

Tabla 4-14. Rangos de altura por tipo biológico

Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo	Suculento
4 - 8 m			
2 - 4 m			
<2 m			

**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. Se contemplan las actividades que a continuación se indican:

- 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.
- Análisis de altura:** para caracterizar los distintos tipos biológicos segregados, se analizó la información de altura para las distintas estratas de la vegetación
- 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. Lo anterior permite clasificar 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.

#### 4.3.3.2 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 de terreno.

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.

La nomenclatura taxonómica utilizada para la denominación de los taxa registrados, al igual que la caracterización por origen geográfico, hábito de crecimiento y distribución en Chile continental, tiene como base la propuesta del “Catálogo de las Plantas Vasculares de Chile” de Rodríguez *et al.*, 2018, complementado con el “Catálogo de la flora vascular de Chile” (Marticorena y Quezada, 1985).

Con los resultados obtenidos se determinaron los parámetros propios que componen la caracterización de la flora vascular, considerando lo siguiente:

a. Riqueza florística

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

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

b. Cobertura relativa por especie

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

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

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

Donde;

$CT_t$  = cobertura absoluta del transecto t (%),

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

n = número de especies en el transecto t.

c. Origen biogeográfico

La caracterización por origen biogeográfico se basa principalmente en la información del “Catálogo de las plantas vasculares de Chile” (Rodríguez *et al.*, 2018), complementado con otras fuentes como Zuloaga *et al.*, (2008) y base de datos del sitio web Trópicos y catálogo de la flora vascular de Chile (Marticorena y Quezada, 1985).

Para la clasificación según origen geográfico de las especies se consideraron los siguientes términos:

- Nativa: especie originaria o autóctona de la zona en que habita y se puede encontrar en forma natural en dicho lugar o país, aunque no se encuentre en forma exclusiva.
- Endémica: aquella especie que se distribuye en un lugar o región geográfica específica y no se encuentra de forma natural en otro país o área.
- Introducida o alóctona: especie que ha sido transportada más allá de su distribución geográfica por acción humana y que han logrado aclimatarse o naturalizarse en lugares donde no crecen de forma natural.

#### d. Distribución en Chile

Se analizó la distribución espacial de cada especie a lo largo del territorio nacional, consultando diversas fuentes que permitan clasificarlas a nivel regional. Inicialmente se utiliza la denominación de Rodríguez *et al.* (2018).

#### e. Hábito de crecimiento

La caracterización se realizó según la denominación de Rodríguez *et al.* (2018) y simplificado en el mapa de vegetación por los criterios de Arroyo *et al.* (2002), a saber: herbáceo anual, herbáceo perenne, arbustivo, arbóreo y suculento. Además, se consideró incluir como representantes del hábito arbóreo aquellas especies reconocidas por Rodríguez *et al.* (2018) como parte de las categorías de árbol y árbol pequeño y, como hierbas a helechos y geófitas.

#### f. Especies clasificadas en categoría de conservación

La presencia de especies clasificadas en alguna categoría de conservación para efectos del artículo 6° literal b) y artículo 18 literal e.2 del Reglamento del SEIA (D.S. N° 40/2012), se estableció siguiendo el orden de prelación en conformidad a lo determinado por el artículo 37 de la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente (Modificada por la Ley N° 20.417), según como se indica en el Memorándum D.J. N° 387/2008 de la División Jurídica de CONAMA.

## 4.4 Evaluación del contenido de humedad del suelo

### 4.4.1 Ubicación de los puntos de monitoreo de suelo

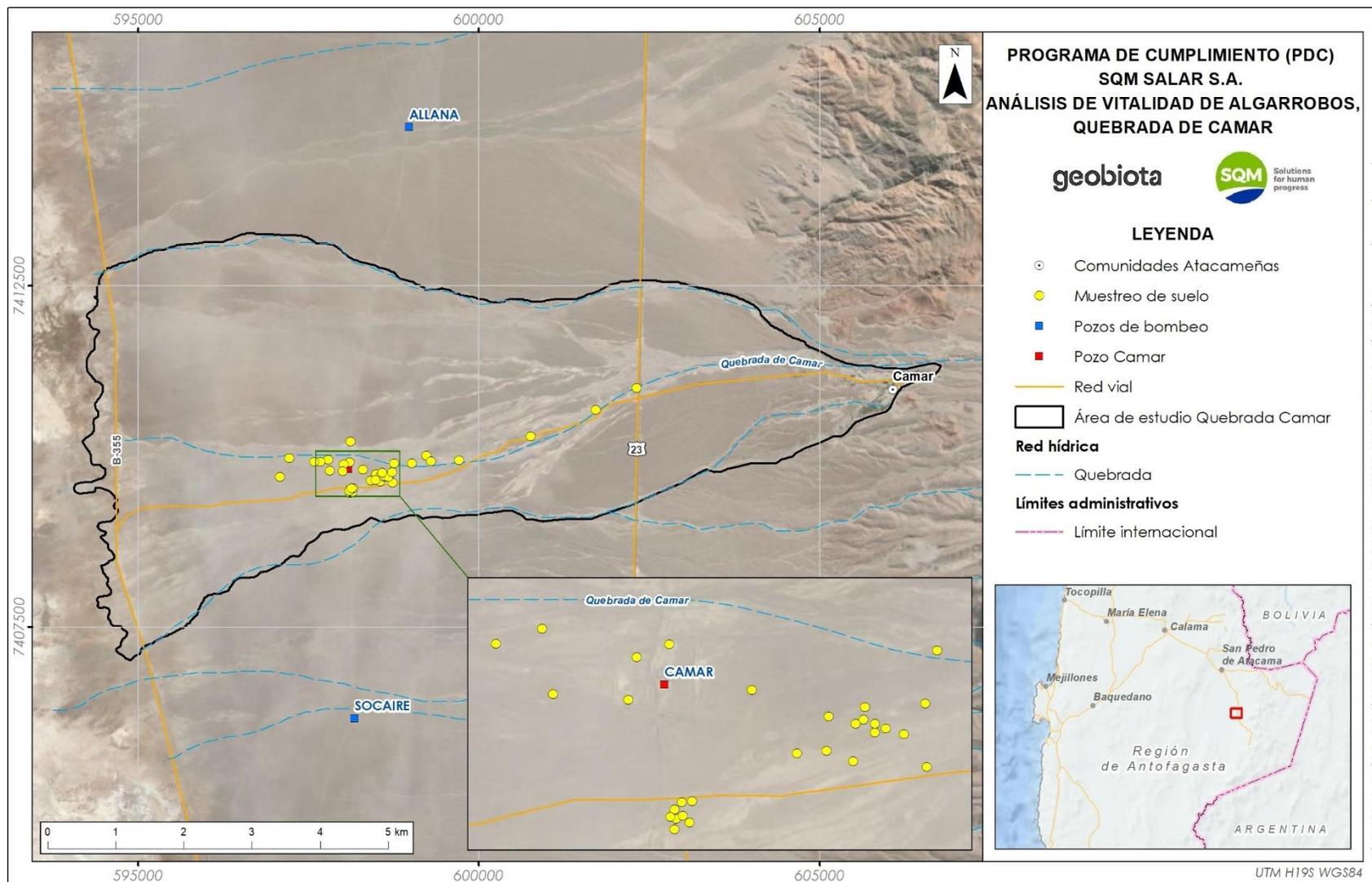
#### 4.4.1.1 Monitoreo mensual (CHS) en sector de algarrobos

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 4-15 y Figura 4-5.

Tabla 4-15. Ubicación de los puntos de monitoreo mensual de contenido de humedad del suelo

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

Figura 4-5. Esfuerzo de muestreo de suelo, monitoreo mensual de contenido de humedad



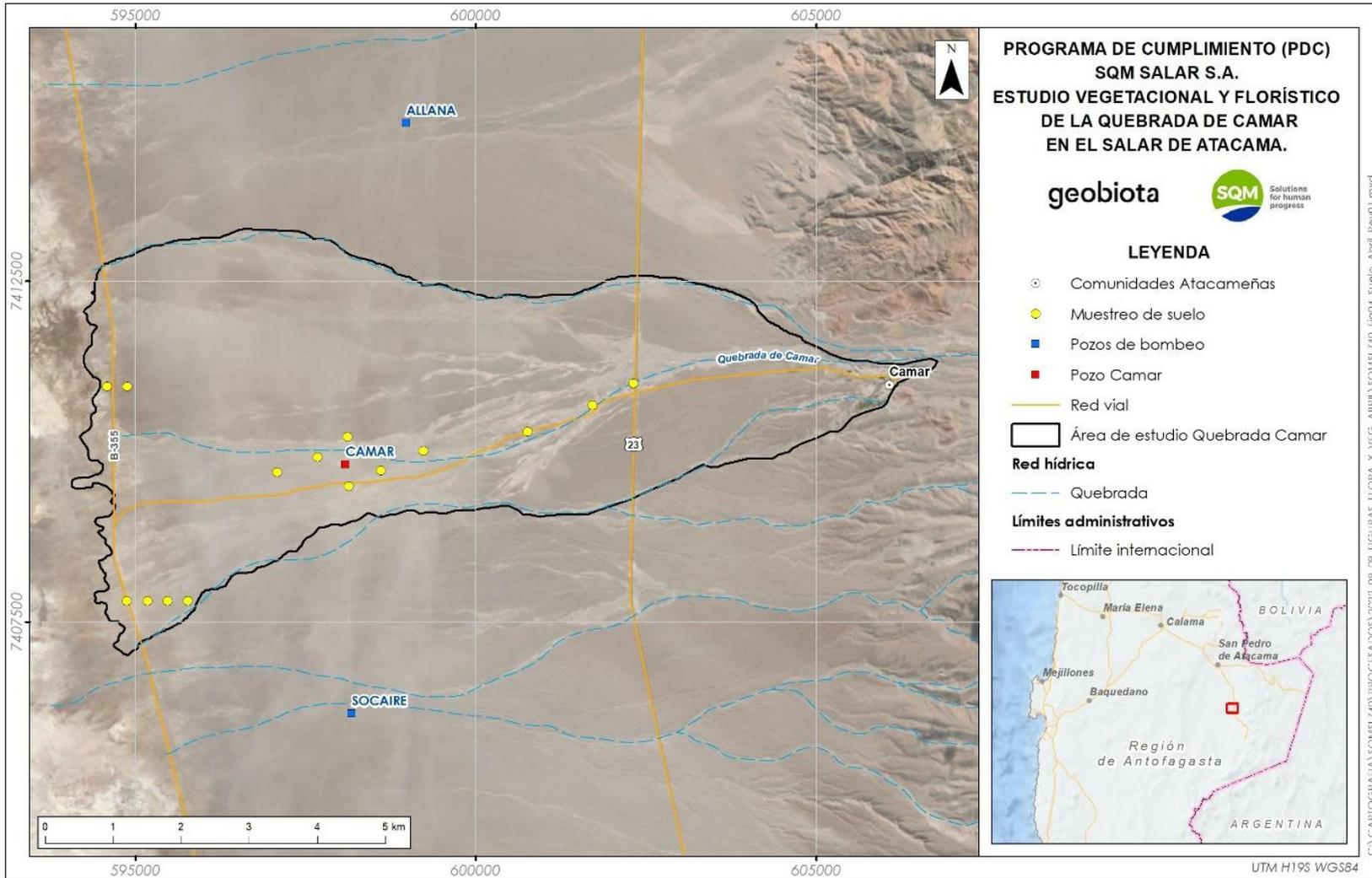
#### 4.4.1.2 Monitoreo trimestral (CHS, pH y CE (salinidad)) en formaciones vegetacionales

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 (Tabla 4-16) (Figura 4-6).

Tabla 4-16. Ubicación de los puntos de monitoreo de suelo de la quebrada de Camar

Punto	Coordenadas UTM		Profundidad (cm)c
	Este	Norte	
A-10	597.084	7.409.690	30
A-27	597.676	7.409.910	30
B-04	600.761	7.410.290	30
B-15	598.117	7.410.670	30
B-21	602.313	7.411.000	30
C-41	598.133	7.409.490	30
D-07	599.227	7.410.000	30
D-14	598.603	7.409.720	30
D-43	598.117	7.410.210	30
TF-3-01	594.878	7.410.954	45
TF-3-02	594.582	7.410.950	45
TF-4-02	595.773	7.407.810	45
TF-4-03	595.477	7.407.792	45
TF-4-04	595.173	7.407.801	45
TF-4-05	594.873	7.407.790	45

Figura 4-6. Esfuerzo de muestreo de suelo, monitoreo trimestral CHS, pH y CE



#### 4.4.2 Parámetros evaluados, metodología de muestreo, medición y análisis

Para la evaluación de las variables de suelo, se realizó la extracción de muestras en cada punto de muestreo según lo indicado en la Tabla 4-16. Esta actividad fue realizada en terreno por la empresa Algoritmos SpA., autorizada como Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA) para la toma de muestras de suelo<sup>4</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 4-17.

Tabla 4-17. Métodos de ensayo utilizados en análisis de suelo

Parámetro	Método de Ensayo	Unidades
Conductividad eléctrica del extracto 1:5 (salinidad)	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	%

#### 4.5 Materiales y equipos utilizados

Para el registro de la información de terreno se utilizaron Tablet, GPS y cámaras fotográficas. Las mediciones de los transectos se realizaron por medio de huinchas de 50 metros.

Además, para la medición en terreno del potencial hídrico y conductancia estomática se utilizó una cámara de presión tipo Scholander y un Porómetro Decagon SC-1 respectivamente. Luego, estos datos fueron procesados mediante el programa estadístico R studio.

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

#### 4.6 Fechas de muestreo

Las fechas de cada campaña de monitoreo realizada en el marco del Programa de Cumplimiento se detallan en la Tabla 4-18, Tabla 4-19 y Tabla 4-20.

Tabla 4-18. Fechas de muestreo monitoreo de algarrobos

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreo algarrobos – enero 2022	26/01/2022 – 28/01/2022

<sup>4</sup> Código ETFA N° 015 – 01

Tabla 4-18. Fechas de muestreo monitoreo de algarrobos

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreo algarrobos – febrero 2022	23/02/2022 – 25/02/2022
Monitoreo algarrobos – marzo 2022	23/03/2022 – 25/03/2022
Monitoreo fisiología algarrobos – marzo 2022	29/03/2022 – 31/02/2022
Monitoreo algarrobos – abril 2022	20/04/2022 – 23/04/2022
Monitoreo fisiología algarrobos – abril 2022	26/04/2022 – 28/04/2022
Monitoreo algarrobos – mayo 2022	24/05/2022 – 26/05/2022
Monitoreo algarrobos – junio 2022	28/06/2022 – 30/06/2022

Tabla 4-19. Fechas de muestreo monitoreo de flora y vegetación

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreo flora y vegetación – enero 2022	21/12/2021 – 24/12/2021 28/12/2021 – 31/12/2021
Monitoreo flora y vegetación – abril 2022	23/04/2022 – 24/04/2022 20/05/2022 – 23/05/2022

Tabla 4-20. Fechas de muestreo de monitoreo de suelo

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreo mensual CHS – febrero 2022	27/02/2022 – 02/03/2022
Monitoreo mensual CHS – marzo 2022	23/03/2022 – 26/03/2022
Monitoreo trimestral CHS, pH y CE – abril 2022	24/04/2022 – 29/04/2022
Monitoreo mensual CHS – mayo 2022	24/05/2022 – 27/05/2022
Monitoreo mensual CHS – junio 2022	29/06/2022 – 01/07/2022

## 5 Resultados

A continuación, se presentan los resultados asociados al monitoreo semestral de cada una de las componentes ambientales que son objeto de estudio del presente informe.

### 5.1 Monitoreo de vitalidad de *Prosopis* sp. (algarrobo)

Durante las prospecciones mensuales realizadas entre enero y junio de 2022, con la intención de controlar y mitigar el efecto ambiental en la población de Algarrobos, se han incorporado 193 individuos nuevos al monitoreo, aumentando el universo que en un comienzo, correspondió a 170 individuos monitoreados en

diciembre 2021 y a 363 individuos de algarrobos que hasta la fecha se encuentran en pie que son monitoreados mensualmente. Además, se ha notificado el desprendimiento de 41 ejemplares (desaparecidos), de los cuales se desconoce la causa exacta de su desaparición, aludiendo posiblemente a desprendimientos por acción de animales (ramoneo) y/o humanos. Además, se han identificado 16 ejemplares correspondientes a individuos de regeneración de *Prosopis tamarugo*, los que no se consideran para el análisis de resultados del monitoreo, debido a que no forman parte de la población de algarrobos objeto de este estudio, y ya que no se han identificado dentro de la quebrada ni aguas arriba de ella individuos adultos de esta especie.

De los 193 ejemplares que se han incorporado durante este periodo, 165 corresponden a algarrobos ubicados dentro del puebo de Camar, cuyo territorio fue censado por primera vez en enero del año 2022. El resto de los ejemplares (28) 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 la serie D.

A continuación, se presentan los resultados asociados a la variación mensual que han tenido las variables de vitalidad, porcentaje de copa viva y fenología de la población de algarrobos en la quebrada de Camar. La base datos obtenida en las campañas de monitoreo del primer semestre del año 2022 se presentan en el Anexo 1.

### 5.1.1 Vitalidad

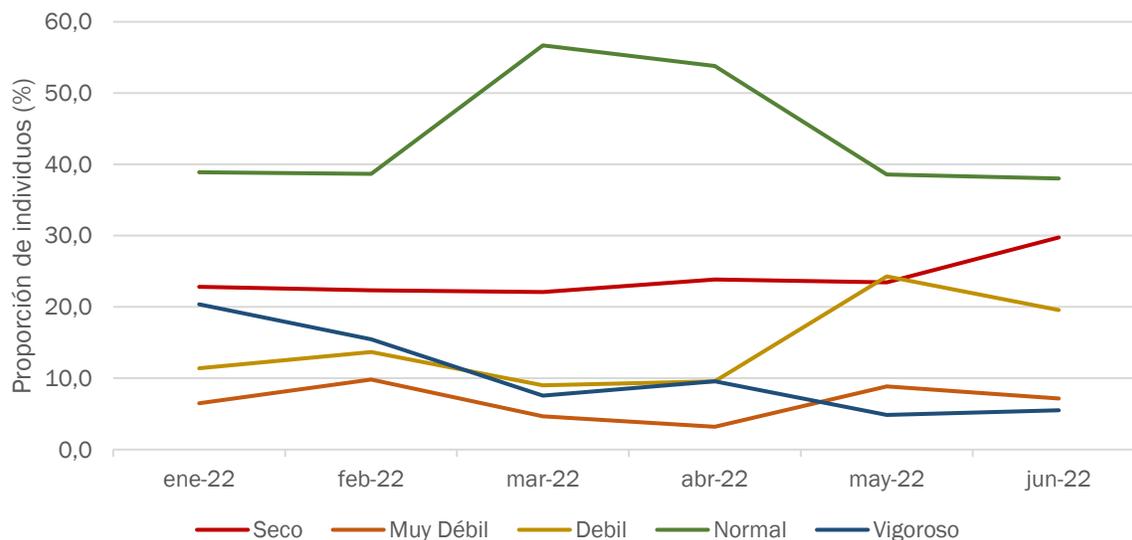
Con respecto a la vitalidad de los ejemplares de algarrobos, durante el primer semestre del año 2022 la mayor variación fue dada por la proporción de individuos normales. A partir de la Figura 5-1, se observa un aumento en la proporción de individuos con vitalidad normal (línea verde) durante los meses de marzo y abril, alcanzando un máximo de 56,7% en marzo, lo que corresponde a 18% más que lo reportado en febrero. A partir del mes de mayo la proporción vuelve a tener valores similares a lo reportado en enero y febrero (38%).

En consecuencia, de lo anterior, durante los meses de marzo y abril se registró una disminución en la proporción de individuos con condiciones de vitalidad débiles y muy débiles. En abril se registró la menor proporción de individuos débiles y muy débiles, sumando entre ambos un 12,8%.

Por otro lado, a partir del mes de mayo se observa que, junto con la disminución de la proporción de individuos normales, existe un aumento en la proporción de individuos débiles y muy débiles, presentando en mayo un 20,4% más que lo registrado en el mes de abril. Estos resultados se encuentran dentro del comportamiento normal asociado al ciclo fenológico de los algarrobos que se desarrollan en la quebrada de Camar.

Con respecto a la proporción de individuos secos (línea roja), ésta se mantuvo relativamente estable entre los meses de enero y mayo, presentando variaciones de alrededor del 1%. Sin embargo, a partir del mes de junio se observa por primera vez un aumento del 6,3%.

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



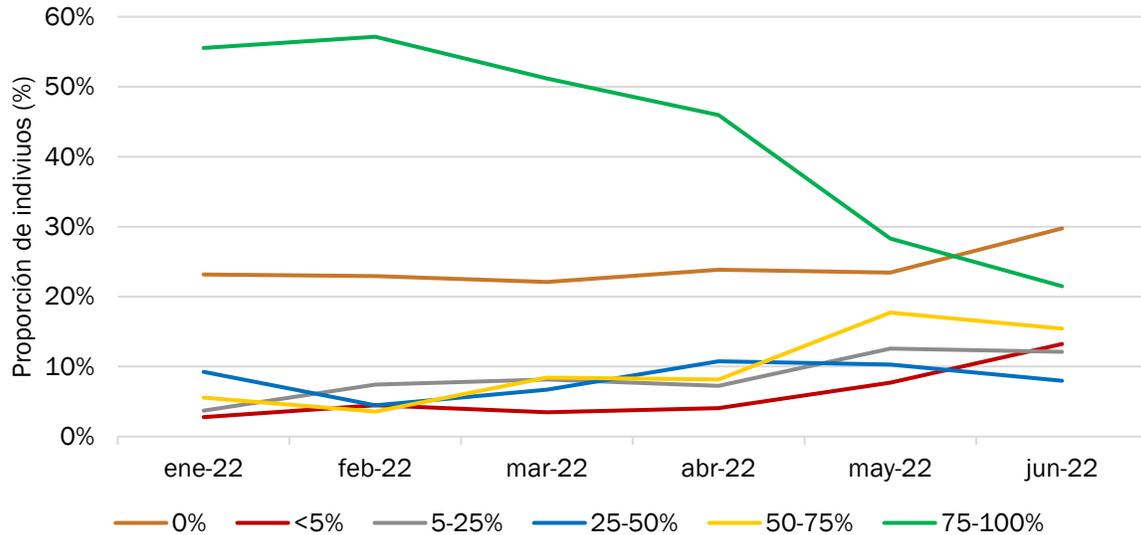
### 5.1.2 Copa viva

En cuanto al porcentaje de copa viva de los individuos, en la Figura 5-2 se presenta la variación mensual de la proporción de individuos pertenecientes a cada categoría. Al respecto, se observa que la proporción de individuos que poseen entre un 75 - 100% de follaje verde ha ido disminuyendo a partir del mes de marzo debido al receso vegetativo. En el mes de junio la cantidad de individuos pertenecientes a esta categoría corresponde al 21%, lo que equivale a un 36% menos que lo reportado en el mes de febrero.

El resto de las categorías que indican presencia de follaje verde se han presentado en bajas proporciones durante este periodo de monitoreo, con porcentajes inferiores al 20%. Sin embargo, a partir del mes de mayo se observa un aumento en los individuos pertenecientes a las categorías de menor follaje verde (<5% y 5 - 25%), las que pasaron de tener en conjunto al 6% del total de individuos en enero a tener el 25% de los individuos en junio.

Con respecto a la proporción de individuos que no presentan follaje verde (0%), ésta se mantuvo relativamente estable entre los meses de enero y mayo, registrando un aumento del 6,3% en junio.

Figura 5-2. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo



### 5.1.3 Fenología

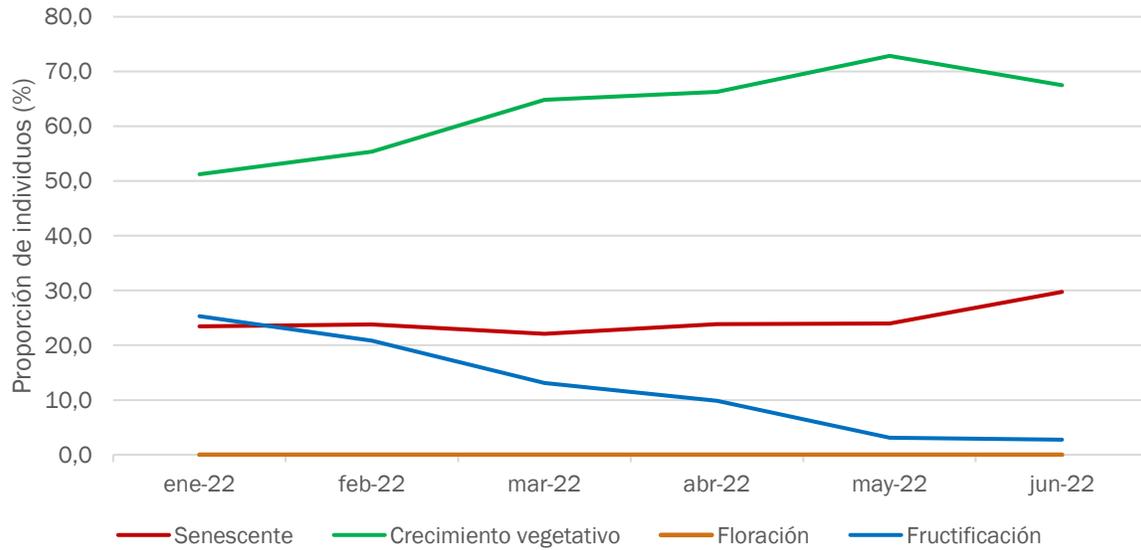
Los resultados del monitoreo mensual de fenología del primer semestre del año 2022 se resumen en la Figura 5-3. A partir de los datos obtenidos se observa que el máximo desarrollo de estructuras reproductivas se produjo en el mes de enero con una proporción de individuos en fructificación del 25,3%, la que fue disminuyendo con el paso de los meses hasta el mes de mayo (3,1 %, correspondiente a 11 individuos que aun presentaban frutos).

Con respecto a la proporción de individuos en crecimiento vegetativo, ésta presentó incrementos constantes entre los meses de enero y mayo, concordante con la disminución en la proporción de individuos en procesos de fructificación. Sin embargo, sufrió una disminución del 5,8% en el mes de junio.

La proporción de individuos en senescencia se mantuvo relativamente estable en torno al 23% de los individuos entre los meses de enero y mayo, mientras que en el mes de junio se registró un aumento del 5,8%.

No existen registros asociados a procesos de floración durante el primer semestre.

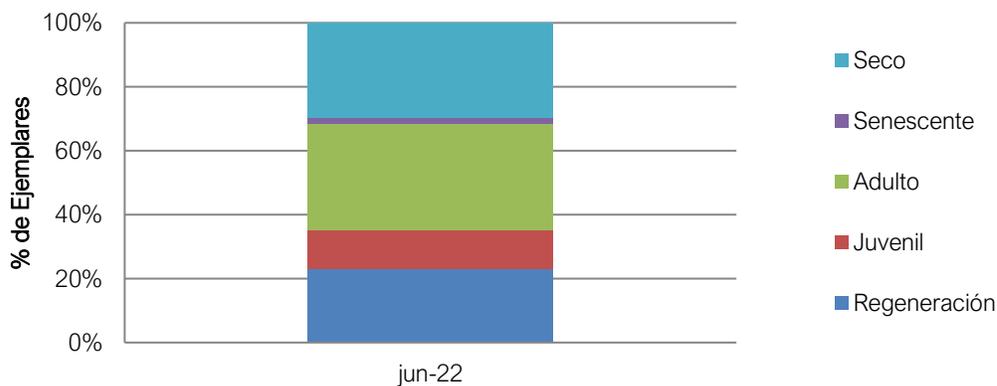
Figura 5-3. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo



### 5.1.4 Etapa de crecimiento

Con respecto a la etapa de crecimiento, al término de este periodo de monitoreo (junio 2022) existen 263 individuos (70,2%) en alguna etapa de crecimiento. De estos, 84 corresponden a individuos en etapa de regeneración, 43 en etapa juvenil, 122 en etapa adulta y 6 en etapa de senescencia, lo que en proporción de individuos corresponde al 23,1%, 11,8%, 36,0% y 0,9% respectivamente (Figura 5-4).

Figura 5-4. Etapa de crecimiento en los ejemplares de algarrobo en la quebrada de Camar



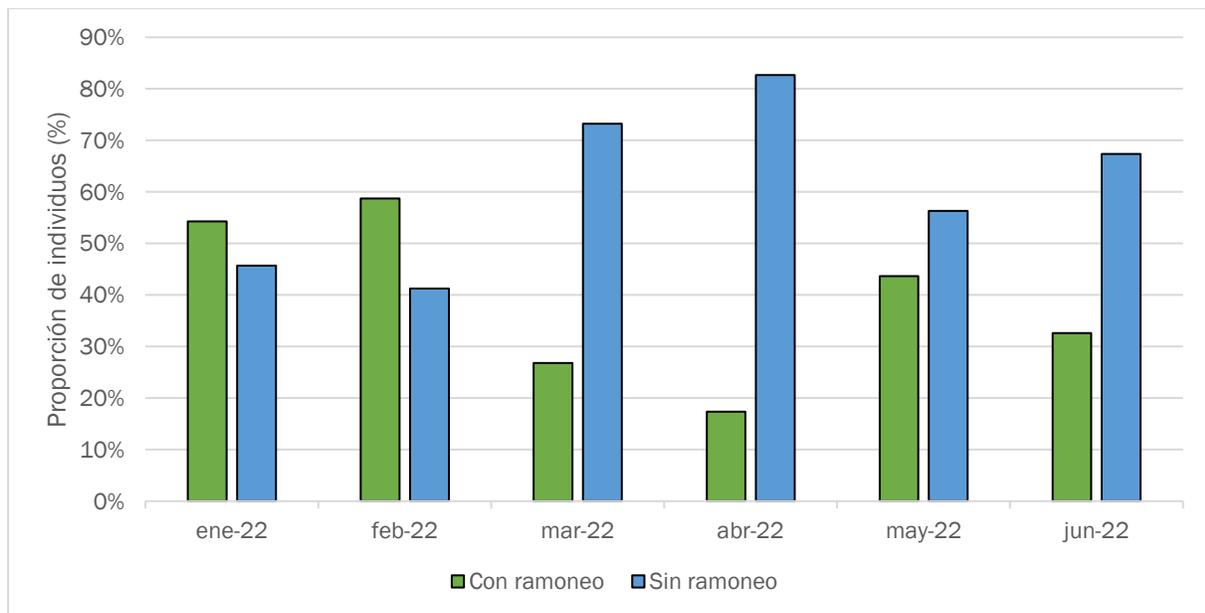
### 5.1.5 Afectación animal y antrópica

Con respecto a la afectación animal y antrópica que presentan los individuos de la población de algarrobos presente en la quebrada de Camar, los resultados se presentan en la Figura 5-5 y Figura 5-6 expresados

como la proporción de individuos que presentó signos recientes de afectación animal (ramoneo) y de intervención antrópica respectivamente.

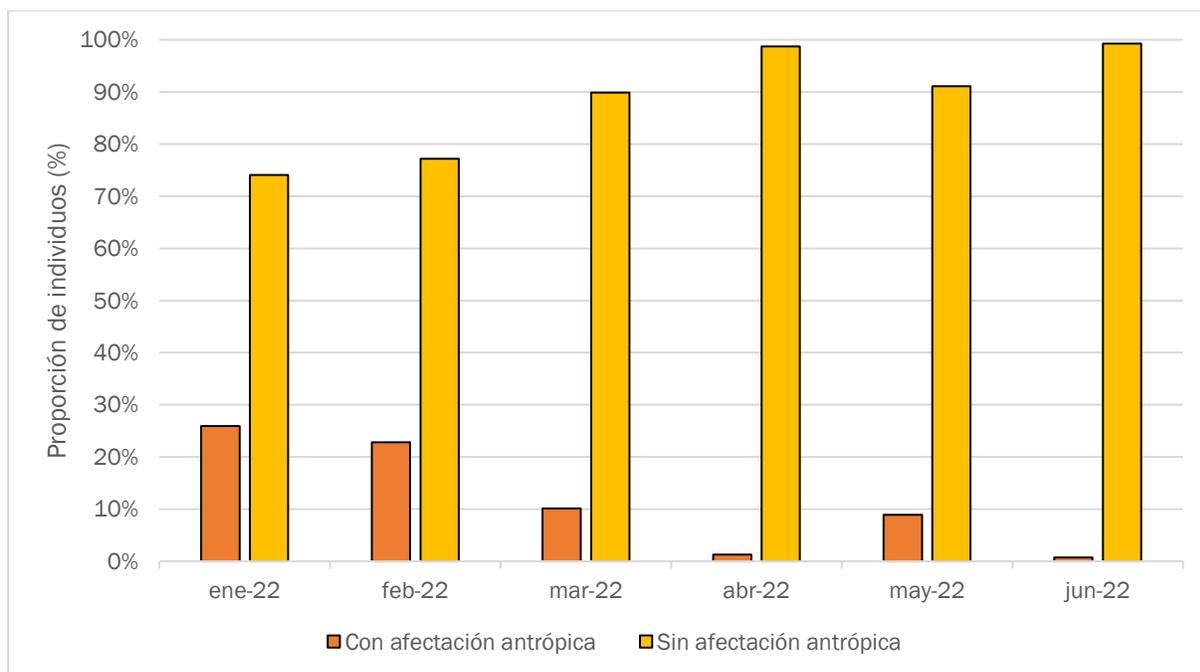
En cuanto a la presencia de signos recientes de ramoneo en los individuos, se observa que el periodo en que se registró una menor proporción de individuos afectados corresponde a los meses de marzo y abril (26,79% y 17,34%, respectivamente), mientras que en el mes de febrero se registró la mayor proporción de individuos afectados (58,72%). Los meses con menor afectación animal coinciden con los meses en los que la vegetación del salar de atacama posee su máxima expresión, como respuesta a las lluvias estivales propias de la zona, por lo que el menor daño a los algarrobos se podría atribuir a una mayor disponibilidad de recursos alimenticios para los burros.

Figura 5-5. Proporción de individuos de *Prosopis sp.* con presencia de signos de ramoneo



Por su parte, la afectación antrópica presente en la población es bastante menor a la afectación animal, alcanzando un máximo de 26% de individuos con presencia de signos de afectación antrópica en el mes de enero 2022. Cabe mencionar que, el mes de enero fue la primera vez que se censaron los individuos de la serie E (al interior del pueblo de Camar) para efectos del PdC, por lo que durante este mes se registraron todos los signos de afectación antrópica de manera acumulativa (sin diferenciar si eran signos recientes o no). Durante el mes de mayo se observa un aumento en la proporción de individuos con afectación antrópica reciente (9%), debido al comienzo de trabajos de remodelación de la plaza del pueblo de Camar que afectó a los individuos que ahí se desarrollan.

Figura 5-6. Proporción de individuos de *Prosopis sp.* con presencia de signos de intervención antrópica



### 5.1.6 Estado fisiológico de los algarrobos (potencial hídrico y conductancia estomática)

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 marzo y abril de 2022. En marzo, la población objetivo de algarrobos medida alcanzó valores de potencial hídrico pre alba entre -1,8 y -3,6 MPa, obteniendo un valor promedio de -2,68 MPa, con un error estándar de 0,13. Mientras que en abril, esta misma muestra alcanzó valores similares entre -1,6 y < -4,0 MPa, con un promedio de -2,74 MPa y un error estándar de 0,19. Con respecto a los valores medidos en mediodía, en el mes de marzo los valores de potencial se encuentran entre -2,1 y -4,0 MPa, con un valor promedio de -3,45 MPa y un error estándar de 0,11. Mientras que en abril, los valores registrados se encuentran entre -2,3 y < -4,0, con un valor promedio de -3,60 MPa y un error estándar de 0,12.

Por otra parte, la muestra de individuos testigo ubicados en condiciones hídricas más favorables alcanzó valores de potencial medidos en pre-alba entre -2,45 y -2,95 MPa, obteniendo un valor promedio de -2,68 MPa con un error estándar de 0,13, en el mes de marzo. Por su parte, en el mes de abril, los valores pre-alba se encontraron entre alba entre -2,1 y -4,0 MPa, con un valor promedio de -3,45 MPa y un error estándar de 0,11. Al mediodía, los valores alcanzados de la muestra testigo en marzo y abril fue de entre -3,70 y -3,25 MPa y de -3,60 y -2,80 MPa, con valores promedio de -3,44 y respectivamente.

Tabla 5-1. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba ( $\Psi_{pa}$ ) y mediodía ( $\Psi_{md}$ ) medido en primer semestre de 2022

Muestra	Árbol	Marzo 2022		Abril 2022	
		$\Psi_{pa}$ (MPa)	$\Psi_{md}$ (MPa)	$\Psi_{pa}$ (MPa)	$\Psi_{md}$ (MPa)
Objetivo	A04	-2,90	-3,60	-3,30	<-4,00
	A07	-2,85	-3,50	-2,60	-3,80
	A08	-2,80	-3,60	-2,90	< -4,00
	A11	-2,45	-3,95	-2,85	< -4,00
	A36	-3,05	-3,20	-3,05	-3,80
	A37	-2,35	-3,25	-2,70	-3,10
	A38	-2,80	-3,70	-3,00	< -4,00
	A40	-2,20	-3,60	-2,50	-3,65
	A41	-3,30	-3,80	<-4,00	-3,90
	A43	-1,80	-2,10	-1,60	-2,30
	A44	-2,75	-3,55	-2,55	-3,25
	A47	-1,90	-2,90	-1,90	-2,75
	A58	-3,45	-4,00	-2,40	< -4,00
	A12	-3,60	-4,00	-2,90	< -4,00
	A21	-2,15	-3,20	-2,60	-3,10
	A22	-1,90	-2,90	-	< -4,00
	A30	-3,00	-3,70	-3,10	-3,50
	A33	-3,05	-3,55	-2,60	-3,60
Testigo	B11	-2,45	-3,70	-2,85	-3,60
	B17	-2,45	-3,35	-2,40	-2,80
	B20	-2,85	-3,55	-3,05	-2,95
	B21	-2,95	-3,15	-2,50	-3,50

Con respecto a la conductancia estomática, los resultados se presentan en la Tabla 5-2. En marzo, los algarrobos de la muestra objetivo alcanzaron valores de conductancia entre 136,0 y 318,0 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, obteniendo un valor promedio de 230,9 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, con un Error Estándar de 12,3. Los árboles testigo, presentaron valores de conductancia entre 189,7 y 262,9 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, obteniendo un valor promedio de 231,0 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, con un error estándar de 15,7, similar al de la muestra objetivo.

En abril, por su parte, los algarrobos de la muestra objetivo alcanzaron valores menores de conductancia entre 115,3 y 232,6 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, obteniendo un valor promedio de 172,5 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, con un Error

Estándar de 7,7. Los árboles testigo alcanzaron valores de conductancia entre 162,6 y 239,4  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , obteniendo un valor promedio de 215,3  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , mayor a lo reportado en la muestra objetivo y con un error estándar de 17,7.

Tabla 5-2. Conductancia estomática (gs) medida durante el primer semestre de 2022

Muestra	Árbol	Marzo 2022	Abril 2022
		gs ( $\text{mmol/m}^2 \text{s}^{-1}$ )	gs ( $\text{mmol/m}^2 \text{s}^{-1}$ )
Objetivo	A04	167,0	195,4
	A07	255,9	195,9
	A08	293,4	184,3
	A11	213,2	153,6
	A36	190,6	136,5
	A37	318,0	180,6
	A38	157,7	138,1
	A40	184,8	188,3
	A41	225,9	162,6
	A43	317,9	232,6
	A44	250,8	208,2
	A47	250,6	218,2
	A58	246,0	186,1
	A12	195,1	122,2
	A21	230,2	156,6
	A22	252,3	151,3
	A30	270,8	179,2
	A33	136,0	115,3
	Testigo	B11	189,7
B17		226,2	226,7
B20		245,2	239,4
B21		262,9	232,5

### Análisis estadístico

El análisis estadístico entre ambas muestras indica que para el mes de marzo no se presentaron diferencias significativas para ambos parámetros (potencial hídrico y conductancia estomática) entre los árboles objetivo y los árboles testigos, ubicados en condiciones hídricas más favorables.

En abril, en cambio, sí se presentaron diferencias significativas en cuanto al potencial hídrico medido al mediodía (valor-p = 0,0833) y a la conductancia estomática (valor-p = 0,0299), indicando que los árboles testigos presentan un potencial hídrico menos negativo y una mayor conductancia estomática que la muestra objetivo, lo que se traduce en una mejor condición hídrica de los individuos testigo (Tabla 5-3 y Tabla 5-4).

Tabla 5-3. Resultados del análisis estadístico asociado al potencial hídrico de los algarrobos

Medición	Mes	Potencial hídrico promedio (Mpa)		Valor-p	Presenta diferencias significativas
		Muestra Objetivo	Muestra Testigo		
Pre alba	Marzo	-2,68	-2,68	0,9767	No
Mediodía		-3,45	-3,44	0,6080	No
Pre alba	Abril	-2,74	-2,70	0,8926	No
Mediodía		-3,60	-3,21	0,0833	Sí

Tabla 5-4. Resultados del análisis estadístico de la conductancia estomática

Mes	Conductancia estomática (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )		Valor-p	Presenta diferencias significativas
	Muestra Objetivo	Muestra Testigo		
Marzo	230,90	231,00	0,9968	No
Abril	172,50	215,30	0,0299	Sí

## 5.2 Caracterización de la flora y vegetación

A continuación, se presentan los resultados asociados al monitoreo de la flora y vegetación:

### 5.2.1 Vegetación

La quebrada de Camar posee una superficie total de 4.044,05 ha, de las cuales 436,60 ha (10,8%) están ocupadas por vegetación y 3.607,45 ha (89,2%) corresponden a otras superficies (zonas de vegetación escasa, zonas agrícolas, red vial y zonas pobladas, entre otras). La Tabla 5-5 muestra las superficies y porcentajes de representatividad en el área de estudio según las formaciones vegetales:

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

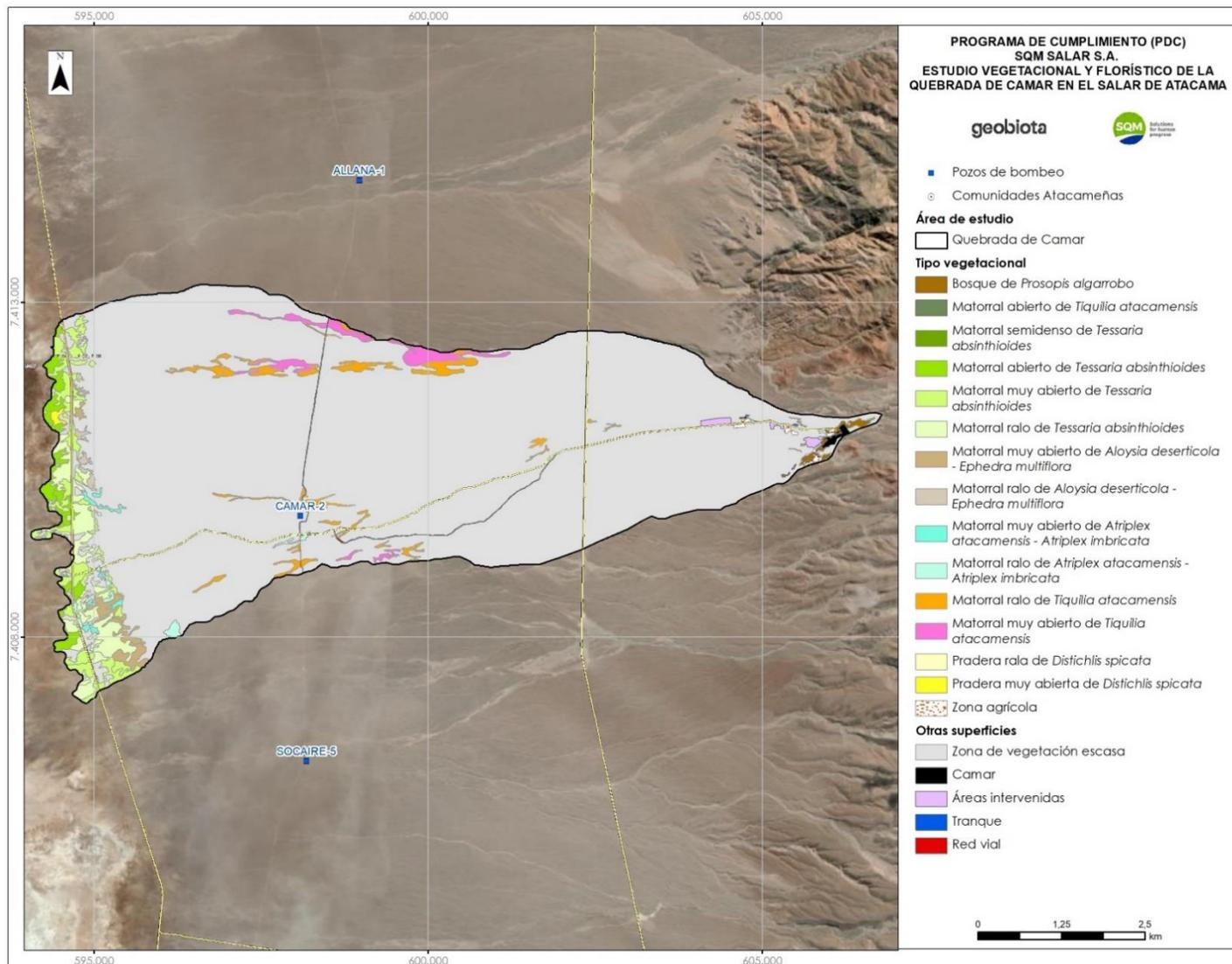
Formación vegetal	Cobertura	Catastro inicial (abril 2021)		Enero 2022		Abril 2022	
		Superficie (ha)	Porcentaje (%)	Superficie (ha)	Porcentaje (%)	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Matorral de Aloysia deserticola - Ephedra multiflora	Rala	4,62	0,11%	2,02	0,05%	7,17	0,18%
	Muy abierta	14,23	0,35%	16,83	0,42%	30,03	0,74%
Total		18,85	0,47%	18,85	0,47%	37,2	0,92%
Matorral de Atriplex atacamensis - Atriplex imbricata	Rala	3,56	0,09%	8,57	0,21%	9,99	0,25%
	Muy abierta	20,09	0,50%	15,08	0,37%	10,11	0,25%
Total		23,65	0,58%	23,65	0,58%	20,1	0,50%
Matorral de Tessaria absinthioides	Rala	50,85	1,26%	97,84	2,42%	99,51	2,46%
	Muy abierta	0,79	0,02%	110,93	2,74%	98,1	2,43%
	Abierta	86,9	2,15%	38,06	0,94%	50,38	1,25%
	Semidensa	94,18	2,33%	2,08	0,05%	0,81	0,02%
	Densa	3,39	0,08%	0,17	0,00%	0	0,00%
Total		236,11	5,84%	249,08	6,16%	248,9	6,15%
Matorral de Tiquilia atacamensis	Rala	1,58	0,04%	61,14	1,51%	68,99	1,71%
	Muy abierta	54,43	1,35%	54,98	1,36%	48,35	1,20%
	Abierta	61,69	1,53%	1,58	0,04%	0,17	<0,01%
Total		117,7	2,91%	117,7	2,91%	117,51	2,91%
Bosque de Prosopis sp (Algarrobo)	-	8,88	0,22%	8,88	0,22%	9,34	0,23%
Total		8,88	0,22%	8,88	0,22%	9,34	0,23%
Pradera de Distichlis spicata	Rala	0,24	0,01%	0,24	0,01%	0,24	0,01%

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

Formación vegetal	Cobertura	Catastro inicial (abril 2021)		Enero 2022		Abril 2022	
		Superficie (ha)	Porcentaje (%)	Superficie (ha)	Porcentaje (%)	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
	Muy abierta	0,24	0,01%	0,24	0,01%	3,31	0,08%
Total		0,48	0,01%	0,48	0,01%	3,55	0,09%
Zona agrícola	-	7,40	0,18%	7,40	0,18%	7,32	0,18%
Zona de vegetación escasa	-	3.625,86	89,66%	3.612,89	89,34%	3.554,91	87,90%
Zona poblada	-	5,13	0,13%	5,13	0,13%	5,13	0,13%
Áreas intervenidas	-	-	-	-	-	8,51	0,21%
Tranque	-	-	-	-	-	0,24	0,01%
						31,34	0,77%
Total general		4.044,06	100,00%	4.044,06	100,00%	4.044,05	100,00%

Tal como se señala en la tabla anterior, las formaciones vegetales con mayor superficie dentro de la quebrada corresponden a los matorrales con 423,71 ha, lo que representa el 10,48% de la superficie total de la quebrada. En menor proporción, se encuentran las formaciones boscosas con 9,34 ha (0,23% de la quebrada) y praderas con 3,55 ha (0,09% de la quebrada). La mayor parte de la quebrada corresponde a zonas de vegetación escasa con 3.554,91 (87,90% de la quebrada), 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 (31,3 ha) y las zonas agrícolas, zonas pobladas, áreas intervenidas y el tranque de agua asociadas al pueblo de Camar (21,2) ha. Estos resultados se ilustran en la Figura 5-7 a continuación:

Figura 5-7. Mapa de vegetación quebrada de Camar



A continuación, se presenta una descripción general de las formaciones y tipos vegetacionales identificados.

#### 5.2.1.1 Matorral

Los matorrales corresponden a formaciones dominadas por el estrato arbustivo, acompañado en ocasiones por otros tipos biológicos. En la quebrada de Camar ocupan una superficie de 423,71 ha (10,48% del total). Según la composición de especies en el estrato dominante, fue posible identificar cuatro (4) tipos de matorral, a saber:

- Matorral de *Tessaria absinthioides* (Brea)
- Matorral de *Tiquilia atacamensis* (Káuchal)
- Matorral de *Atriplex atacamensis* – *Atriplex imbricata* (Cachiyuyo – Ojalar)
- Matorral de *Aloysia desertícola* – *Ephedra multiflora* (Rica rica – Pingo pingo)

A continuación, se describen en detalle los cuatro tipos de matorrales mencionados:

- Matorral de *Tessaria absinthioides* (brea)

El matorral de *Tessaria absinthioides* (Brea), comúnmente se conforma por dos estratos arbustivos. El primero de hasta 0,5 m de altura y 25% de recubrimiento y un segundo estrato de 0,5 a 1 m de altura y de hasta 50% de cobertura, ambos dominados por *Tessaria absinthioides*. Ocasionalmente, se presentan individuos de *Atriplex atacamensis* (Cachiyuyo) en un estrato superior (1 – 2m) pero con baja cobertura, menor al 5%. El estrato arbustivo se encuentra acompañado frecuentemente de uno herbáceo, el cual posee hasta 0,5 m de altura, con recubrimientos que no superan el 10%, compuesto por *Distichlis spicata* (grama salada).

La formación ocupa una superficie de 248,90 ha, lo que corresponde al 6,15% del área definida para la quebrada de Camar y se desarrolla principalmente en la zona más baja de la quebrada, específicamente en el borde este del Salar de Atacama. La Figura 5-8 presenta una imagen descriptiva para este tipo vegetacional.

Figura 5-8. Registro fotográfico del tipo vegetacional Matorral de *Tessaria absinthioides*



- Matorral de *Tiquilia atacamensis* (káuchal)

El matorral de káuchal se conforma por un estrato de hasta 0,5 m de altura y coberturas ralas (5 – 10%) a muy abiertas (10 – 25%), dominado por la especie *Tiquilia atacamensis* (káuchal) y acompañada, en menor proporción, por *Cistanthe salsoides* (Lukupá). Se desarrolla en los sectores medios de la quebrada de Camar, en pequeñas quebradas y sobre suelos arenosos.

La formación ocupa una superficie de 117,51 ha, lo que corresponde al 2,91% del área definida para la quebrada de Camar. La Figura 5-9 presenta una imagen descriptiva para este tipo vegetacional.

Figura 5-9. Registro fotográfico del tipo vegetacional Matorral de *Tiquilia atacamensis*



- Matorral de *Atriplex atacamensis* – *Atriplex imbricata* (cachiyuyo – ojalar)

El matorral de *Atriplex atacamensis* – *Atriplex imbricata* (cachiyuyo – ojalar), comúnmente se conforma por tres estratos arbustivos; el de menor altura, de hasta 0,5 m, posee una cobertura que no supera el 10% de recubrimiento, compuesto por *Atriplex atacamensis* (cachiyuyo), *Atriplex imbricata* (ojalar) o *Tessaria absinthioides* (brea); el siguiente estrato, de 0,5 a 1 m de altura, se caracteriza por tener una cobertura muy abierta (10 – 25% de recubrimiento) y se compone mayoritariamente de cachiyuyo, y en menor proporción, ojalar; por último, el estrato de mayor altura, de 1 a 2 m, también posee una cobertura muy abierta (10 – 25% de recubrimiento), dominado principalmente por cachiyuyo y acompañado ocasionalmente de *Ephedra multiflora* (pingo – pingo). En algunas ocasiones es posible identificar un estrato herbáceo de baja altura (hasta 0,5 m) y baja cobertura (hasta un 10% de recubrimiento), compuesto por *Cistanthe sp.* (lukupá).

La formación ocupa una superficie de 20,10 ha, lo que corresponde al 0,50% del área definida para la quebrada de Camar y se desarrolla generalmente en la zona baja de la quebrada, adyacente al Matorral de Brea. La Figura 5-10 presenta una imagen descriptiva para este tipo vegetacional.

Figura 5-10. Registro fotográfico del tipo vegetacional Matorral de *Atriplex atacamensis* – *Atriplex imbricata*



- Matorral de *Aloysia deserticola* – *Ephedra multiflora* (rica rica – pingo pingo)

El matorral de *Aloysia deserticola* – *Ephedra multiflora* (rica rica – pingo pingo), se conforma comúnmente por tres estratos arbustivos. El de menor altura (hasta 0,5 m) posee una cobertura rala (5 – 10% de recubrimiento) y está dominado por *Aloysia deserticola* (rica rica) acompañado por *Tiquilia atacamensis* (káuchal). Un estrato intermedio, de 0,5 a 1 m de altura, se presenta con cobertura muy abierta (10 – 25% de recubrimiento), dominado principalmente por rica rica. Finalmente, el estrato de mayor altura (1 a 2 m) posee cobertura muy abierta (10 – 25% de recubrimiento) y se conforma por *Ephedra multiflora* (pingo pingo).

La formación ocupa una superficie de 37,2 ha, lo que corresponde al 0,92% del área definida para la quebrada de Camar. La Figura 5-11 presenta una imagen descriptiva para este tipo vegetacional.

Figura 5-11. Registro fotográfico del tipo vegetacional Matorral de *Aloysia deserticola* – *Ephedra multiflora*



#### 5.2.1.2 Pradera

Las praderas corresponden a formaciones vegetales donde la forma de vida predominante son las plantas herbáceas. En la quebrada de Camar ocupan una superficie de 3,55 ha. Según la composición de especies en el estrato dominante fue posible identificar un tipo vegetacional dentro de esta formación.

- Pradera de *Distichlis spicata* (grama salada)

Habitualmente se encuentra como una formación de pradera con arbustos en la zona occidental de la quebrada. La especie dominante es *Distichlis spicata* la cual se desarrolla en alturas que no superan los 30 cm. Si bien no es lo predominante dentro de la quebrada, también es posible encontrar ejemplares que conforman estructuras de formación sobre su propio tejido, que puede superar esa altura.

En cuanto a la composición florística, se encuentra dominada por la especie *Distichlis spicata*, acompañada ocasionalmente por ejemplares de baja altura de *Tessaria absinthioides*. Con respecto a la cobertura, en la quebrada se presenta con coberturas ralas (5 – 10%) a muy abiertas (10 – 25%).

Este tipo vegetacional corresponde al menos abundante dentro del área de estudio, con un 0,09% dentro de la quebrada. La figura 5-12 presenta una imagen descriptiva, para este tipo vegetacional.

Figura 5-12. Registro fotográfico del tipo vegetacional Pradera de *Distichlis spicata*.



### 5.2.1.3 Bosque de *Prosopis sp* (algarrobo)

El bosque de algarrobo se encuentra ubicado en la zona alta de la quebrada, junto al pueblo de Camar. Si bien, esta formación no se encuentra dentro del área de monitoreo de la vegetación propuesta en el PdC (por encontrarse al este de la ruta internacional) es posible describirla de forma conservadora a través de interpretación de las imágenes satelitales. Este tendría cobertura muy abierta (10 – 25% de recubrimiento) y se encuentra conformado por un estrato arbóreo de *Prosopis sp.* de hasta 10 m de altura, según lo descrito en los informes mensuales de “Análisis de Vitalidad de Algarrobos” en la quebrada de Camar, Además, en algunos sectores es acompañado por cultivos agrícolas ubicados bajo el dosel, parte de la actividad productiva de la comunidad.

A través del análisis de imágenes satelitales, se puede describir que posee una superficie de 9,34 ha lo que corresponde a un 0,23% del área de estudio total de la quebrada de Camar. La Figura 5-13 presenta imágenes descriptivas para este tipo vegetacional, obtenidas del monitoreo de algarrobos realizado durante el mes de enero 2022.

Figura 5-13. Registro fotográfico del bosque de *Prosopis* sp. (algarrobos).



#### 5.2.1.4 Zona de vegetación escasa (ZVE).

Corresponden a aquellas superficies de la quebrada de Camar que no presentan cubierta vegetal o que posee una cobertura menor al 5% de ocupación del área. El sustrato en donde generalmente se presenta corresponde a depósitos y conos aluviales, con presencia de rocas volcánicas a la vista, en pendientes moderadamente inclinadas (7 - 12%).

En la quebrada de Camar, las ZVE ocupan una extensa superficie correspondiente a 3.554,91 ha (87,9% del total de la quebrada). La Figura 5-14 presenta una imagen descriptiva para este tipo vegetal.

Figura 5-14. Registro fotográfico de la zona de vegetación escasa



#### 5.2.1.5 Otras superficies

Tal como se indicó en la metodología, estas zonas no fueron posible visitar por las restricciones establecidas por la comunidad para este monitoreo. En consecuencia, este uso se determinó exclusivamente por las imágenes de alta resolución utilizadas en este informe.

- Zona poblada

La zona poblada dentro de la quebrada de Camar, se encuentra al Noreste del área de estudio y está constituida mayoritariamente por la comunidad atacameña agrícola de Camar, esta ocupa una superficie de 5,13

ha lo que representa el 0,13% del total del área de estudio de la quebrada de Camar. Geográficamente, se ubica a una altura de 2.755 msnm, a los pies del volcán Tumisa, en la región de Antofagasta, de acuerdo con el Censo del año 2017 su densidad poblacional de 106,4 hab/km<sup>2</sup>. Y la principal actividad económica de sus habitantes es la extracción de RRNN (como la agricultura y ganadería).

- Zona agrícola

La zona agrícola se ubica en los alrededores del poblado y destaca por la utilización de andenes y terrazas, así como del aprovechamiento de canales de regadío. Posee una superficie de 7,4 ha representado el 0,18% del área determinada para la quebrada de Camar.

## 5.2.2 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* (Gajardo, 1994), o establecimiento de poblaciones de forma natural. Estas áreas, en muchos casos, son de pequeña superficie.

### 5.2.2.1 Riqueza florística

Se determina una riqueza total en la quebrada de Camar de 20 especies de flora. En la Tabla 5-6 se presenta el total de taxa identificados por división y clase taxonómica presentes y su participación respecto a las existencias a nivel país.

Del total de especies registradas en la quebrada de Camar, dentro de la división Magnoliophyta, el 85% (17 especies) pertenecen a la clase Magnoliopsida, el 10% pertenece a la clase Liliopsida (2 especies) y, dentro de la división Pinophyta, el 5% pertenece a la clase Gnetopsida (1 especie) El total de especies representa el 0,37% de la flora nacional (Rodríguez et al., 2018).

Tabla 5-6. Taxa identificados en la quebrada de Camar

División	Clase	N° de especies	Representación en la quebrada de Camar (%)	N° especies en Chile (Rodríguez et al., 2018)	Participación respecto a la clase en Chile (%)
Pteridophyta	Polypodiopsida	-	-	153	-
Pinophyta	Gnetopsida	1	5,0	18	5,56
	Pinopsida	-	-	12	-
Magnoliophyta	Liliopsida	2	10,0	1.234	0,16
	Magnoliopsida	17	85,0	4.054	0,42
Total		20	100	5.471	0,37

Las especies identificadas en la quebrada de Camar pertenecen a 10 familias distintas, cuyo detalle se presenta en la Tabla 5-7. La mayoría de las especies identificadas pertenece a la familia Fabaceae (6 especies), siguiéndole inmediatamente la familia Asteraceae con 3 especies, a continuación, las familias Chenopodiaceae, Montiaceae y Poaceae con 2 especies. Las restantes familias sólo cuentan con una sola especie.

Tabla 5-7. Familias identificadas en la quebrada de Camar

Familia	N° de especies	Representación en la quebrada de Camar (%)
Asteraceae	3	15,0
Boraginaceae	1	5,0
Chenopodiaceae	2	10,0
Ephedraceae	1	5,0
Fabaceae	6	30,0
Malvaceae	1	5,0
Montiaceae	2	10,0
Poaceae	2	10,0
Solanaceae	1	5,0
Verbanaceae	1	5,0

### 5.2.2.2 Origen fitogeográfico

El análisis de la flora registrada en la quebrada de Camar de acuerdo con su origen fitogeográfico da cuenta que doce (12) de los taxa encontrados corresponden a especies nativas, siete (7) a especies endémicas y una (1) a especie introducida.

Tabla 5-8. Especies encontradas en la quebrada de Camar, de acuerdo con su origen fitogeográfico

Especie	Origen fitogeográfico
<i>Adesmia atacamensis</i>	Endémica
<i>Adesmia rahmeri</i>	Nativa
<i>Aloysia deserticola</i>	Nativa
<i>Ambrosia artemisioides</i>	Nativa
<i>Atriplex atacamensis</i>	Endémica
<i>Atriplex imbricata</i> var. <i>imbricata</i>	Nativa
<i>Cistanthe celosioides</i>	Nativa
<i>Cistanthe salsoloides</i>	Nativa
<i>Distichlis spicata</i>	Nativa
<i>Ephedra multiflora</i>	Nativa
<i>Hoffmannseggia doellii</i>	Endémica
<i>Lupinus oreophilus</i>	Endémica

Tabla 5-8. Especies encontradas en la quebrada de Camar, de acuerdo con su origen fitogeográfico

Especie	Origen fitogeográfico
<i>Phragmites australis</i>	Introducida
<i>Prosopis alba</i>	Nativa
<i>Prosopis tamarugo</i>	Endémica
<i>Solanum chilense</i>	Endémica
<i>Tarasa operculata</i>	Nativa
<i>Tessaria absinthioides</i>	Nativa
<i>Tiquilia atacamensis</i>	Endémica
<i>Urmenetea atacamensis</i>	Nativa

### 5.2.2.3 Distribución en Chile

De las especies identificadas en la quebrada de Camar, el 75% de las especies (15 de las 20 especies) se ubican en regiones con escasa disponibilidad hídrica, lo que indica que son especies con capacidad de resistir condiciones extremas de clima y condiciones restrictivas de sustrato, mientras que tres especies (*Tessaria absinthioides*, *Phragmites australis* y *Distichlis spicata*) poseen una amplia distribución regional, al presentarse en distintas regiones del país. Lo anterior indica que son especies que pueden adaptarse a diferentes condiciones climáticas. A continuación, la Tabla 5-9 presenta la distribución de las especies registradas en la quebrada de Camar (Rodríguez *et al.*, 2018).

Tabla 5-9. Especies encontradas en la quebrada de Camar, y su distribución en Chile

Especie	Distribución en Chile
<i>Adesmia atacamensis</i>	AYP, TAR, ANT, ATA, COQ
<i>Adesmia rahmeri</i>	TAR, ANT, ATA
<i>Aloysia deserticola</i>	AYP, TAR, ANT
<i>Ambrosia artemisioides</i>	AYP, TAR, ANT
<i>Atriplex atacamensis</i>	AYP, TAR, ANT, ATA
<i>Atriplex imbricata</i> var. <i>Imbricata</i>	AYP, TAR, ANT, ATA
<i>Cistanthe celosioides</i>	AYP, TAR, ANT, ATA
<i>Cistanthe salsoloides</i>	AYP, TAR, ANT, ATA, COQ
<i>Distichlis spicata</i>	AYP, TAR, ANT, ATA, COQ, VAL, RME, MAU, NUB, BIO, ARA, LRI, LLA
<i>Ephedra multiflora</i>	AYP, ANT, ATA
<i>Hoffmannseggia doellii</i>	TAR, ANT, ATA
<i>Lupinus oreophilus</i>	AYP, TAR, ANT
<i>Phragmites australis</i>	TAR, ANT, ATA, COQ, VAL, RME, MAU, NUB, BIO, ARA, LRI
<i>Prosopis alba</i>	AYP, TAR, ANT, ATA
<i>Prosopis tamarugo</i>	AYP, TAR, ANT
<i>Solanum chilense</i>	TAR, ANT

Tabla 5-9. Especies encontradas en la quebrada de Camar, y su distribución en Chile

Especie	Distribución en Chile
<i>Tarasa operculata</i>	AYP, TAR, ANT
<i>Tessaria absinthioides</i>	AYP, TAR, ANT, ATA, COQ, VAL, RME, LBO, MAU, NUB, BIO
<i>Tiquilia atacamensis</i>	AYP, TAR, ANT, ATA
<i>Urmenetea atacamensis</i>	ANT, ATA

Acrónimos: AYP: Arica y Parinacota; TAR: Tarapacá; ANT: Antofagasta; ATA: Atacama; COQ: Coquimbo; VAL: Valparaíso; RME: Metropolitana de Santiago; LBO: Libertador Bernardo O'Higgins; MAU: Maule; NUB: Ñuble; BIO: Biobío; ARA: Araucanía; LRI: Los Ríos; LLA: Los Lagos.

#### 5.2.2.4 Hábito de crecimiento

Las especies registradas en la quebrada de Camar *Distichlis spicata*, *Hoffmannseggia doellii*, *Lupinus orephilus*, *Phragmites australis*, *Urmenetea atacamensis* y *Solanum chilense* corresponden a hierbas perennes, mientras que *Cistanthe celosioides*, *C. salsoloides* y *Adesmia rahmeri* son hierbas anuales. Por su parte, *Tiquilia atacamensis* y *Tarasa operculata* corresponden a subarbustos, mientras que *Aloysia deserticola*, *Atriplex imbricata*, *Tessaria absinthioides*, *Atriplex atacamensis*, *Adesmia atacamensis*, *Ephedra multiflora* y *Ambrosia artemisioides* a arbustos. Respecto a los árboles, solo se detectó a *Prosopis alba* y algunos individuos de regeneración de *Prosopis tamarugo* en el área estudiada.

#### 5.2.2.5 Estado de conservación

Dentro de la quebrada de Camar, se identificaron dos especies clasificadas en categorías de conservación, ambas del género *Prosopis*; *Prosopis alba* (algarrobo), catalogada como Preocupación menor (LC) y *Prosopis tamarugo* (tamarugo) catalogada como En peligro (EN) según el reglamento de clasificación de especies (RCE), ambas a través del DS N° 13/2013 del Ministerio del Medio Ambiente. Los ejemplares identificados han sido monitoreados y reportados mensualmente a través de los informes de "Análisis de vitalidad de algarrobos" de la quebrada de Camar. De acuerdo con la información levantada en dichos monitoreos, los individuos de *Prosopis tamarugo* presentes en el área de estudio, corresponden a escasos ejemplares en etapa de regeneración que se han establecido recientemente en la quebrada (< 20 ejemplares), por lo que su identificación fue realizada mediante colectas libres y no a través de los transectos establecidos en la metodología de muestreo.

#### 5.2.2.6 Cobertura de especies o taxa

Sólo nueve (9) de las 20 especies identificadas en la quebrada de Camar han sido registradas en los transectos de terreno, mientras que el resto (11 especies), fueron registradas a través de colectas libres (fuera de los transectos). En la Tabla 5-10 se muestra la abundancia en términos de cobertura (%) de cada especie dentro del tipo vegetacional en el que se desarrollan para los monitoreos efectuados en enero y abril de 2022.

Al respecto, se aprecia que *Tessaria absinthioides* y *Tiquilia atacamensis* poseen las mayores coberturas, indicando que estas dominan en las áreas donde se emplazan, en menor proporción se encuentra *Atriplex*

*atacamensis* y *Aloysia deserticola*. Mientras que las menores coberturas las posee *Atriplex imbricata*, *Cistanthe celosioides*, *Ephedra multiflora* y *Phragmites australis*.

Tabla 5-10. Análisis de la cobertura de las especies muestreadas a través de transectos de terreno

Especie	Cobertura (%)	
	Enero 2022	Abril 2022
<i>Aloysia deserticola</i>	0,74	0,72
<i>Atriplex atacamensis</i>	1,37	1,44
<i>Atriplex imbricata</i>	0,15	0,12
<i>Cistanthe celosioides</i>	0,15	0,06
<i>Distichlis spicata</i>	0,30	0,60
<i>Ephedra multiflora</i>	0,27	0,05
<i>Phragmites australis</i>	0,01	-
<i>Tessaria absinthioides</i>	8,00	10,99
<i>Tiquillia atacamensis</i>	3,22	2,01

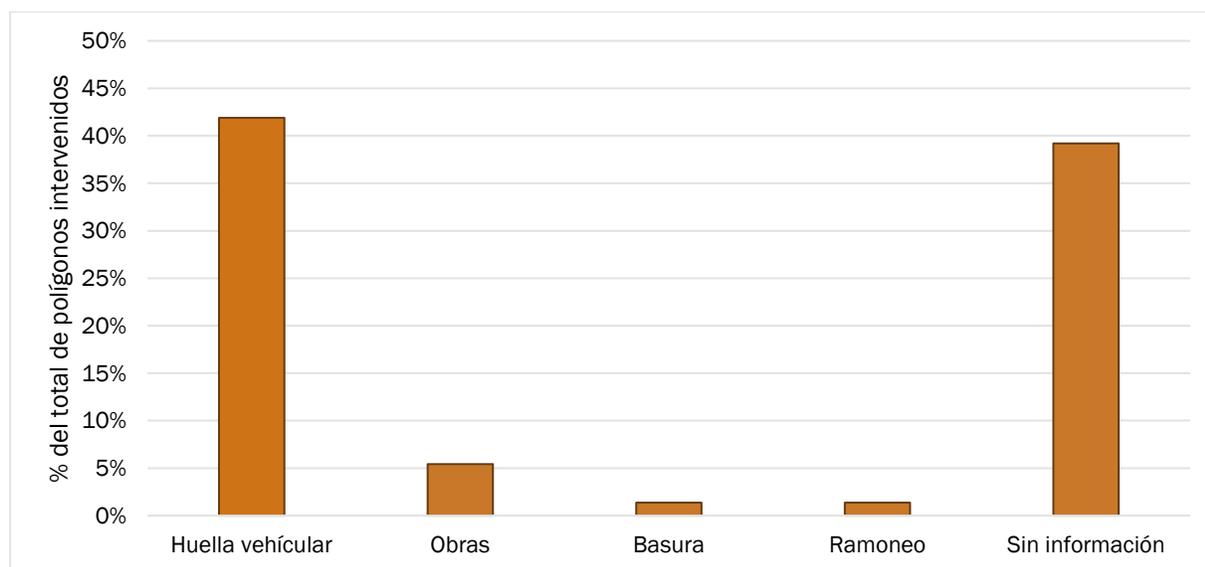
### 5.2.3 Afectación antrópica de la vegetación

Con respecto a la afectación antrópica que posee la vegetación dentro de la quebrada de Camar, de las 74 unidades vegetacionales (polígonos) visitadas, se registraron signos de intervención antrópica en el 41,9% de ellas, mientras que el 13,5% de ellas no tendrían intervención aparente. El 39% restante no posee registros de afectación antrópica, por lo que fueron catalogados como “sin información” (Figura 5-15).

Dentro de los polígonos intervenidos, destaca la presencia de huellas vehiculares, las que se presentan en el 86,1% de estos. El resto de las intervenciones presentes se dividen en la presencia de obras (10,8%), basura (2,8%) y ramoneo por la presencia de burros (2,8%).

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

Figura 5-15. Tipos de intervención antrópica presente en la quebrada de Camar



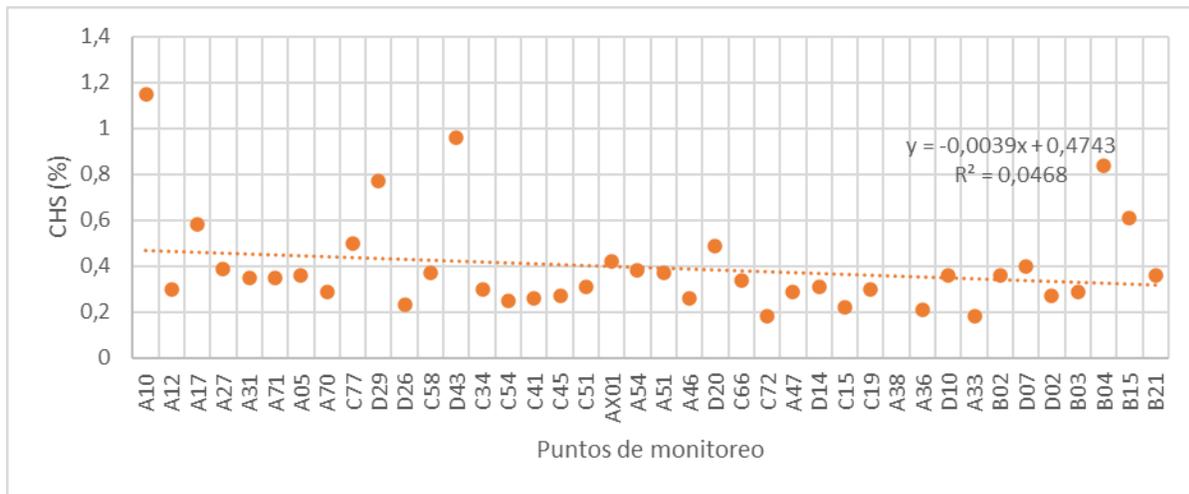
## 5.3 Contenido de humedad del suelo

### 5.3.1 Monitoreo mensual (CHS)

El monitoreo del contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) se realiza desde febrero del 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. A modo general, los resultados del CHS dentro de la quebrada de Camar y para todos los meses se caracterizan por ser valores bajo que no superan el 2%, teniendo un valor máximo de 1,91% registrado en el mes de marzo, coincidente con la ocurrencia del periodo de lluvias estivales. A continuación se presentan los resultados detallados de cada mes.

De acuerdo con los análisis de laboratorio realizados por la Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental “Algoritmos y mediciones ambientales SPA”, los resultados del monitoreo de febrero de 2022 indican una leve tendencia hacia un mayor CHS en muestras ubicadas hacia el oeste de la quebrada, aunque siempre manteniendo valores bajos de CHS que no superan el 1,15% (Figura 5-16). Así mismo, el CHS da cuenta de un promedio del 0,4% y desviación estándar de los datos de 0,21%. El valor máximo fue registrado en el punto A10 el cual registro un CHS del 1,15%, mientras que el valor mínimo fue registrado en el punto A33 con un CHS de 0,18%.

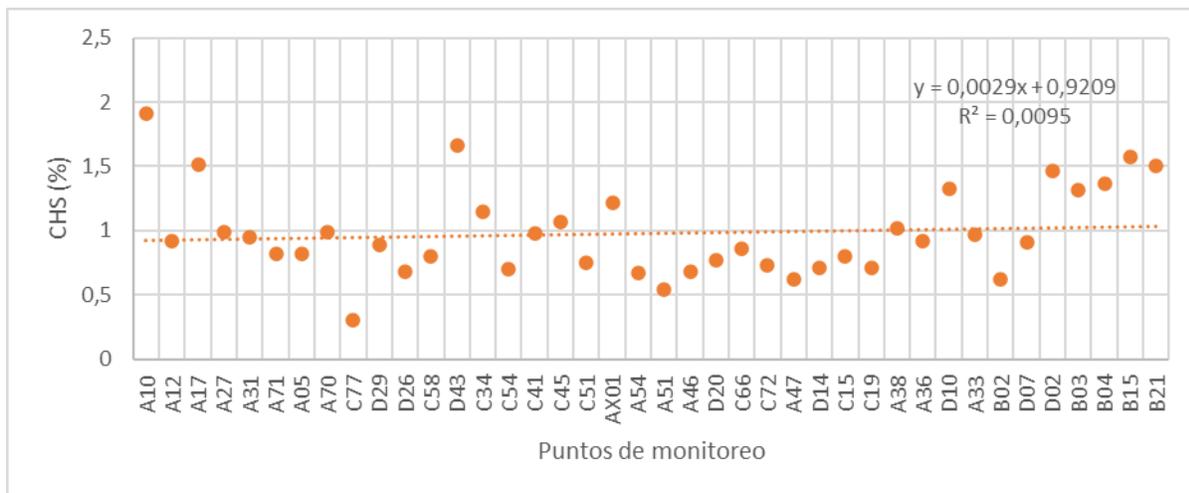
Figura 5-16. Contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) en la quebrada de Camar (puntos ordenados en sentido oeste-este), en el mes de febrero.p



Para el mes de marzo de 2022, los datos se muestran más homogéneos en cuanto al CHS en el gradiente oeste-este (Figura 5-17); observándose una pendiente cercana a 0, donde los valores de CHS tienen un leve aumento hacia el este de la quebrada, lo que podría ser explicado por las lluvias ocurridas este mes, las cuales se ocasionaron antes del monitoreo.

En marzo el CHS promedio fue superior al mes anterior, llegando al 0,98% con una desviación estándar de 0,35%. Figura 5-17. Además, tanto el valor máximo como el valor mínimo fueron mayores que los registrados el mes anterior, llegando a 1,91% (en el punto A10) y 0,31% (en el punto C77) respectivamente; el comportamiento alcista del CHS en este mes tendría explicación en las lluvias ocurridas a principio marzo.

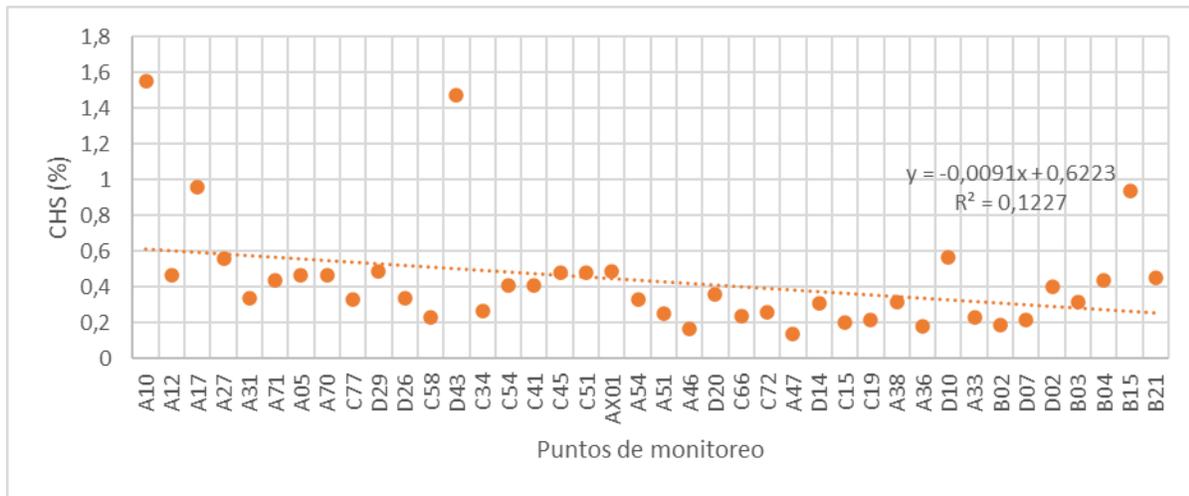
Figura 5-17. Contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) en la quebrada de Camar (puntos ordenados en sentido oeste-este), en el mes de marzo.



Por otra parte, los registros del mes de abril muestran una clara disminución del CHS respecto al mes anterior, así como una evidente disposición del CHS en el espacio (Figura 5-18), donde las muestras ubicadas hacia el oeste cuentan con valores de CHS superiores a lo reportado en las muestras ubicadas al este.

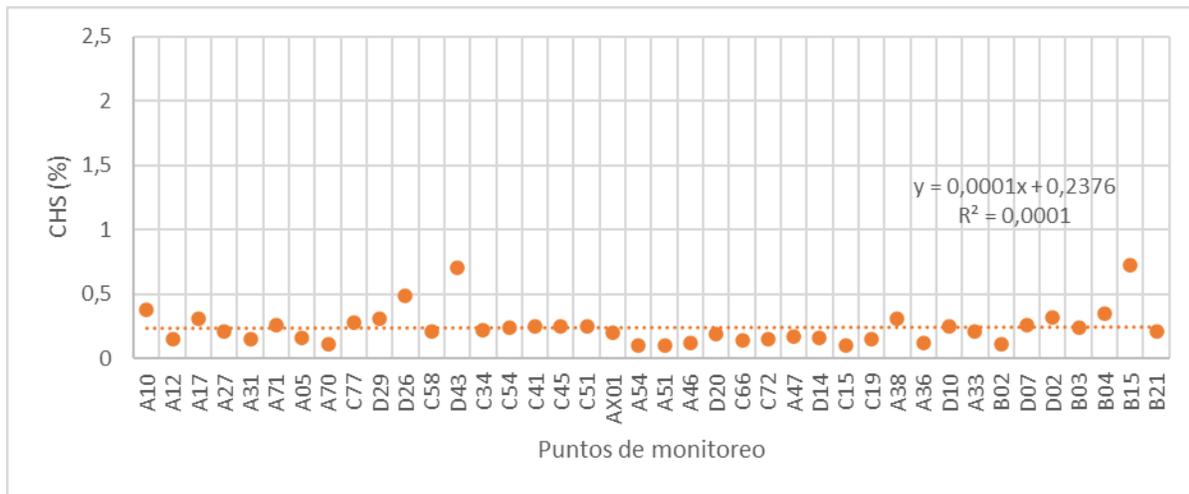
El valor promedio en abril, alcanzó el 0,44% de CHS, con una desviación estándar de 0,3%. Mientras que el valor máximo (al igual que en los monitoreos de los meses anteriores) se registró en el punto A10 y el valor mínimo se registró en el punto A47 con un 0,14% de CHS.

Figura 5-18. Contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) en la quebrada de Camar (puntos ordenados en sentido oeste-este), en el mes de abril.



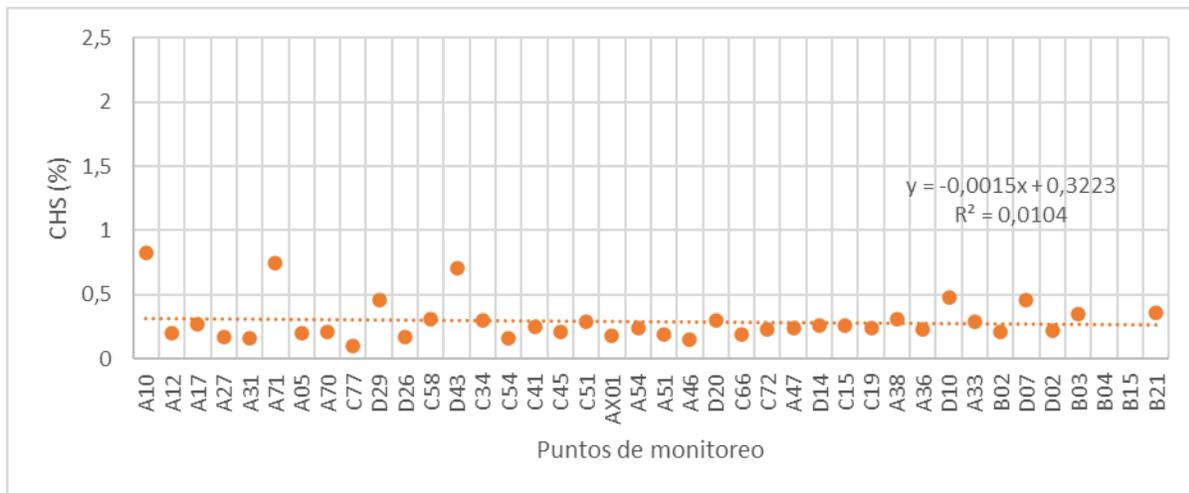
Hacia el mes de mayo, el CHS registrado en los puntos de monitoreo de la quebrada se muestran aún más bajos que el mes anterior y con una distribución espacial caracterizada por una pendiente cercana a 0 (Figura 5-19, lo que tendría directa relación con la estacionalidad). El CHS promedio alcanza el 0,24% con una desviación estándar de 0,14%. El valor máximo llega a 0,72% en el punto de monitoreo B15 mientras que el valor mínimo se registró en los puntos A54, A51 y C15.

Figura 5-19. Contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) en la quebrada de Camar (puntos ordenados en sentido oeste-este), en el mes de mayo.



Finalmente, en el mes de junio los registros de CHS continúan mostrando el comportamiento del mes anterior, pero mostrando un leve aumento. El promedio alcanza el 0,29% con una desviación estándar de 0,16%, mientras que el valor máximo llega a los 0,83% (registro del punto A10) y el valor mínimo a 0,1% (registro del punto A70).

Figura 5-20. Contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) en la quebrada de Camar (puntos ordenados en sentido oeste-este), en el mes de junio



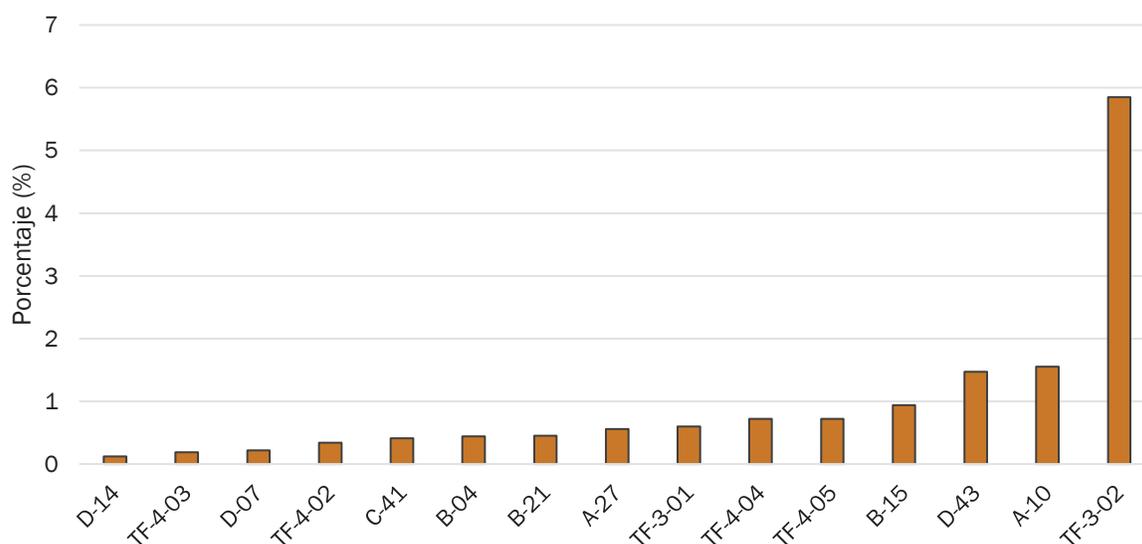
### 5.3.2 Monitoreo trimestral (CHS, pH y CE)

#### 5.3.2.1 Contenido de humedad

Los resultados asociados al contenido de humedad del suelo se muestran en la Figura 5-21. En general, la mayoría (60%) de los puntos de muestreo presentaron un contenido de humedad que varía entre 0,12% y

0,6%, mientras que el 33% de los puntos presentó valores entre 0,7% y 1,6%. Sólo un punto de muestreo presentó un valor superior al 5%, ubicado en la zona occidental de la quebrada, en el borde este del salar de atacama., por lo que se podría explicar dada la cercanía al acuífero que se tiene en esa zona.

Figura 5-21. Resultados de monitoreo trimestral del contenido de humedad del suelo dentro de la quebrada de Camar



### 5.3.2.2 pH del sustrato

Los resultados asociados al pH del sustrato indican que los suelos de la quebrada de Camar poseen valores de pH elevados (Tabla 5-11). La mayoría de los puntos monitoreados (66,7%) se registraron como fuertemente alcalino, mientras que los puntos restantes se catalogaron como moderadamente alcalinos (20%) y, en menor medida, muy fuertemente alcalino (13,3%) (Figura 5-22).

Tabla 5-11. Resultados de pH del suelo

Categorías de pH	pH	Nº de puntos abril 2022	% abril 2022
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	3	20,0
Fuertemente alcalino	8,5 - 9,0	10	66,7
Muy fuertemente alcalino	> 9,0	2	13,3

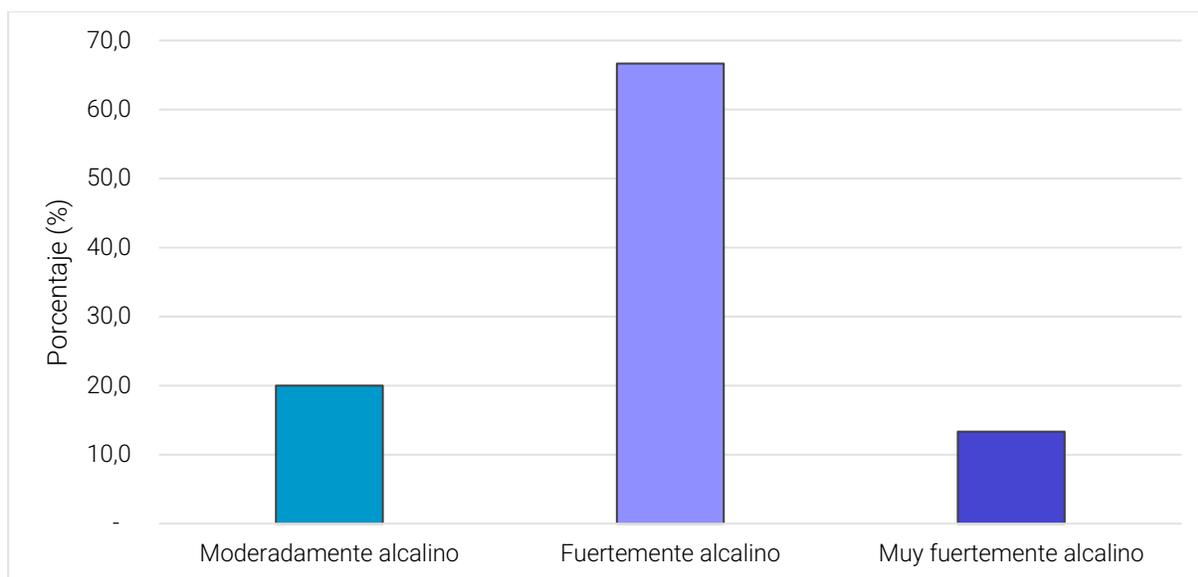
Tabla 5-11. Resultados de pH del suelo

Categorías de pH	pH	Nº de puntos abril 2022	% abril 2022
<b>Total</b>		<b>15</b>	<b>100</b>

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

Fuente: Schoeneberger et al., 2002

Figura 5-22. Proporción de puntos de monitoreo por categoría de pH del sustrato



### 5.3.2.3 Salinidad del sustrato

Los resultados asociados a la conductividad eléctrica y salinidad del suelo se muestran en la Tabla 5-12 y Figura 5-23. Al respecto, la mayoría de los puntos indicaron suelos no salinos (60%), los que principalmente se encuentran ubicados en la zona media y alta de la quebrada, a mayor distancia del salar de atacama.

Por otro lado, aquellos puntos ubicados en el borde este del salar de atacama presentaron mayores valores de conductividad eléctrica, indicando que corresponden a sustratos moderadamente salinos (20%) y fuertemente salinos (13,3%).

Tabla 5-12. Resultados de conductividad eléctrica del suelo

Categorías de salinidad	Conductividad eléctrica (dS/m)	Nº de puntos abril 2022	% abril 2022
No salino	0 - 0,98	9	60,0
Muy ligeramente salino	0,98 - 1,71	1	6,7

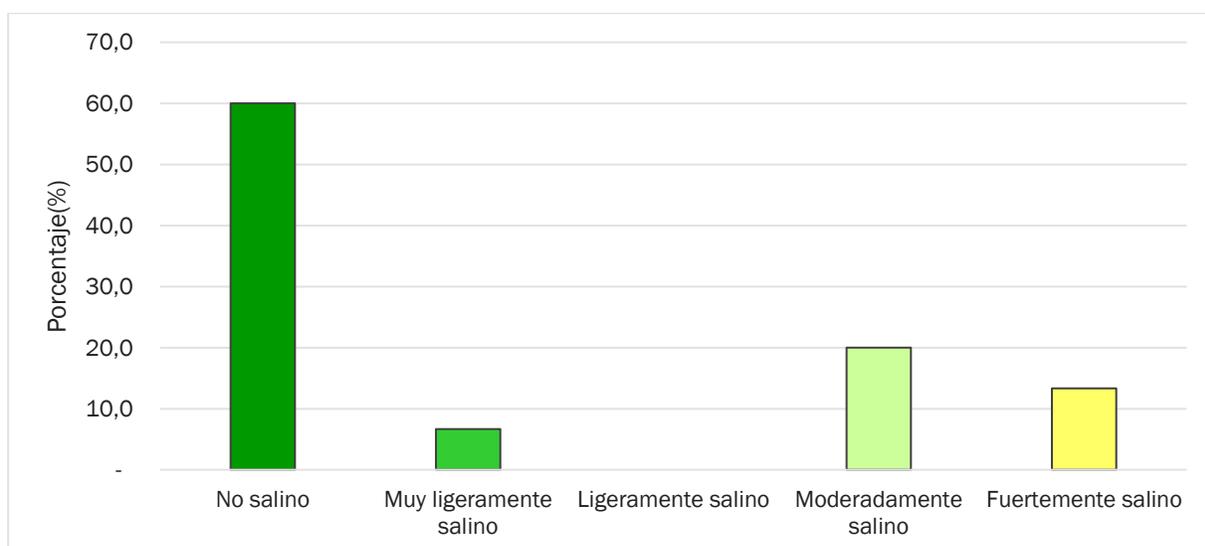
Tabla 5-12. Resultados de conductividad eléctrica del suelo

Categorías de salinidad	Conductividad eléctrica (dS/m)	Nº de puntos abril 2022	% abril 2022
Ligeramente salino	1,71 - 3,16	-	-
Moderadamente salino	3,16 - 6,07	3	20,0
Fuertemente salino	> 6,07	2	13,3
<b>Total</b>		<b>15</b>	<b>100</b>

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

Fuente: USDA NRCS, 2001

Figura 5-23. Proporción de puntos de monitoreo por categoría de salinidad del sustrato



## 6 Discusiones

Debido a que el presente informe corresponde al primer informe semestral en el marco de la Acción 24 del PdC, es que en esta sección no se incluyen análisis históricos comparativos con periodos de monitoreo anteriores, dado que en este caso se reportan los resultados del primer periodo de monitoreo desde aprobado el PdC.

### 6.1 Monitoreo de la población de *Prosopis sp.* (algarrobos)

A la fecha entre todas las series monitoreadas existe un acumulado de 44 ejemplares desaparecidos o desprendidos. De estos, 12 fueron desprendidos por aluviones en temporadas previas al 2019 (Serie A), mientras que el resto de los ejemplares se desconoce la causa exacta de su desaparición, aludiendo posiblemente a desprendimientos por acción de animales (ramoneo) y/o humanos. Además, durante las prospecciones

realizadas durante el primer semestre del 2022 se han identificado 16 individuos correspondientes a regeneración de *Prosopis 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 de individuos de *P. tamarugo* son excluidos de los análisis. De esta forma, se analizan los resultados de los 363 ejemplares que se encuentran en pie hasta la fecha (junio 2022).

A lo largo del periodo de monitoreo, en términos de vitalidad, se observó un aumento de los individuos en condiciones normales durante los meses de marzo y abril, alcanzando un máximo de 195 individuos (56,7%) en marzo, situación que coincide con los meses posteriores a las lluvias estivales y a aquellos en que se reportó un mayor contenido de humedad del suelo (Figura 6-6). En los meses siguientes, de mayo a junio, la proporción de individuos normales disminuyó y se estabilizó en torno al 38%. Al mismo tiempo, los individuos en condiciones débiles y muy débiles presentaron incrementos a partir del mes de mayo, con el inicio de la disminución de temperaturas y de las horas de luz.

En relación con el porcentaje de copa viva, se observó una disminución sostenida de los individuos que presentan un 75 – 100% de follaje verde a partir del mes de marzo, pasando de una proporción de individuos dentro de esta categoría del 57,1% en febrero al 21,5% en junio. Al mismo tiempo, se observó un aumento en la proporción de individuos pertenecientes a las categorías de menor porcentaje de follaje verde a partir del mes de abril, sin embargo, ninguna de las categorías por sí sola supera el 20%.

Desde el punto de vista fenológico, los resultados del monitoreo semestral indican que los meses con mayor proporción de individuos con actividad reproductiva (producción de frutos) corresponden a los meses de verano (enero y febrero), disminuyendo fuertemente a partir de marzo. Consecuentemente con la disminución de individuos en fructificación, se observó un aumento sostenido de los individuos en crecimiento vegetativo durante los meses de febrero y mayo, disminuyendo por primera vez en junio. Lo anterior coincide con los resultados obtenidos para el porcentaje de copa viva, en donde se ha observado la disminución gradual del porcentaje de follaje verde de los individuos en los meses más cercanos al invierno.

Por otra parte, la proporción de individuos con vitalidad seca, sin presencia de follaje verde (0%) y en estados fenológicos de senescencia se mantuvo relativamente estable entre los meses de enero y mayo, presentando variaciones en torno al 1%. Sin embargo, a partir del mes de junio se observa un aumento del 6,3% en la proporción de estos individuos con respecto al mes de mayo.

Lo anterior se explicaría debido a la pérdida de follaje como respuesta a las condiciones ambientales asociadas a la estación de invierno, situación que también se ha podido observar en las prospecciones realizadas mes a mes (Figura 6-1). Se ha evidenciado que poblaciones de otras especies de algarrobo (*Prosopis chilensis* y *P. flexuosa*) pasan por una fase de senescencia foliar durante los meses de invierno debido a la disminución de la temperatura del aire y fotoperiodo, provocando la pérdida parcial y/o total del follaje (Arguello *et al.*, 1992; Caro *et al.*, 1997), por lo que la disminución de los individuos pertenecientes a las categorías con mayor proporción de copa verde, así como el aumento de individuos secos y sin presencia de follaje verde

estaría dado por los procesos fenológicos propios de la especie y no debiera significar un deterioro a largo plazo de la vitalidad de los individuos. En efecto, se esperaría que la senescencia foliar de los individuos se mantuviera o aumentara durante los meses que dura el invierno (julio y agosto) y que, al aumentar temperaturas, en los meses siguientes se reactiven los procesos fenológicos de crecimiento vegetativo y posteriormente la floración durante los meses de octubre y noviembre, de acuerdo con lo que indica la bibliografía (Caro *et al.*, 1997).

Figura 6-1. Pérdida de follaje debido a senescencia foliar en estación de invierno



Árbol A-34 (junio 2022)



Árbol A-34 (julio 2022)

Otro factor que podría estar influyendo en la pérdida de follaje verde corresponde a la presencia de burros en la quebrada. Al igual que en los meses anteriores, existe evidencia directa e indirecta (fecas, huellas y desgarrado de ramas, entre otros) de ramoneo en algunos ejemplares (Figura 6-2 y Figura 6-3), por lo cual 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 ha mantenido en monitoreos anteriores.

Figura 6-2. Signos de la presencia de burros en el área de estudio



Fecas de burro



Rama de algarrobo con signos de ramoneo

Figura 6-3. Presencia de daños por efectos de ramoneo durante el mes de junio



Árbol D-49 (mayo 2022)



Árbol D-49 (junio 2022)

Con respecto al monitoreo del estado fisiológico de los individuos de algarrobos realizado durante los meses de marzo y abril del presente periodo, los resultados indican que durante el mes de marzo no hubo diferencias significativas entre los algarrobos que se desarrollan en la zona cercana al pozo Camar-2 y los árboles testigo, ubicados en una zona más alta de la quebrada. Esto se puede deber a la lluvia que tuvo lugar en la provincia de El Loa, en el mes de marzo, donde cayeron 9,7 mm de precipitación según lo informado por la estación del INIA “Camar, San Pedro de Atacama”, esta lluvia fue un monto importante considerando que en todo el año 2021 hubo 15,8 mm de precipitación. Esta situación pudo provocar una recuperación del estado hídrico en los árboles ubicados en zonas más desfavorables, alcanzando potenciales similares a los árboles con buena disponibilidad hídrica.

En cambio en abril, los resultados asociados al potencial hídrico medido al mediodía sí presentaron diferencias significativas entre la muestra objetivo y los árboles testigo, indicando que los árboles testigo poseen un mejor estado hídrico que los individuos ubicados en las cercanías del pozo Camar-2.

La conductancia estomática tuvo comportamientos similares al potencial hídrico, presentando valores similares entre las muestras objetivo y testigo en el mes de marzo, mientras que en abril también se presentaron diferencias significativas, indicando un mejor estado hídrico en los árboles testigo.

## 6.2 Caracterización de la flora y vegetación

Al igual que en el resto del borde este del Salar de Atacama, y tal cómo se indica en el informe técnico “Dinámica de la biota terrestre y acuática en el Borde Este del Salar de Atacama” (2021), los resultados concuerdan respecto a que las formaciones vegetacionales presentes en el área de estudio se distribuyen de acuerdo con la profundidad de la napa freática. De esta forma, la zona más occidental, y de menor altitud, de la quebrada se caracteriza por presentar formaciones conformadas por especies cuyas raíces se encuentran conectadas con el acuífero (vegetación conectada al acuífero), correspondiente mayoritariamente a las praderas de Grama salada, y a los matorrales de Brea y de Cachiyuyo – Ojalar. En esta zona la profundidad de la napa varía entre 0 m, en la zona más cercana al salar, y 6 m de profundidad.

Por otro lado, a medida que aumenta la altitud, en la zona media y oriental de la quebrada se desarrolla la vegetación desconectada del acuífero, conformada por especies con características más xéricas que se distribuyen fuera de la zona de conexión con el acuífero y donde la profundidad de la napa es mayor a los 6 m. Estas formaciones vegetacionales se abastecen principalmente del agua proveniente de las precipitaciones y su escurrimiento superficial, como sería el caso de los matorrales de káuchal y los individuos aislados de *Prosopis alba* que se desarrollan en la quebrada.

Cabe mencionar que lo anterior, no implica que algunas formaciones vegetacionales se presenten como parte de la vegetación conectada al acuífero y también de la desconectada del acuífero, como ocurre con el matorral de Brea que, según el mismo informe, se distribuye en zonas donde la napa tiene profundidades entre 0,6 y 8 m.

Con respecto a la flora, en la quebrada de Camar se detectaron 20 taxa, de los cuales nueve (9) fueron identificados en los transectos de terreno y once (11) fuera de ellos, es decir, fueron integrados a la riqueza a través de colectas libres.

De las especies encontradas dentro de los transectos de terreno *Tessaria absinthioides* (brea) y *Tiquilia atacamensis* (káuchal) registraron las mayores coberturas. *T. absinthioides* se registró en 143 de 222 transectos de terreno (64,4% del total), mientras que *T. atacamensis* en 41 de ellas (18,5% del total).

La brea es una de las plantas más abundantes en el Borde Este del Salar de Atacama según lo estipulado en el informe N° 15 del PSA del Proyecto Cambios y Mejoras en la Operación Minera del Salar de Atacama (2021), esta especie conforma el tipo vegetacional “Matorral de brea” el cual ocupa una superficie aproximada de 7.359,18 ha. Según Rodríguez *et al.*, (2018), esta especie corresponde a un arbusto nativo 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. En la quebrada de Camar el tipo vegetacional Matorral de brea ocupa una superficie de 248,90 ha.

Por su parte, considerando el área de estudio del PSA Biótico y los resultados expuestos en el informe N° 15, *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 883,29 ha. En el área de la quebrada de Camar este tipo vegetacional ocupa 117,5 ha, siendo la segunda más abundante lo que representa un 2,91% 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.

En menor medida los transectos de terreno dan cuenta de la presencia de *Atriplex atacamensis* (cachiyuyo) y *Atriplex imbricata* (ojalar) presentes en 27 y 4 transectos de terreno respectivamente (12,2% y 1,8% del total). 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 1.772,02 ha (según el informe N° 15 del PSAB). Por otra parte, en la quebrada de Camar abarca 20,10 ha.

*Aloysia deserticola* (rica – rica) es otra especie presente en el área y fue registrada en 16 transectos de terreno (7,2% del total de los transectos). 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 de visualizar junto a *Ephedra multiflora* (pingo pingo), formando el Matorral de rica rica – pingo pingo, el cual posee una superficie de 455,88 ha (según el informe N° 15 del PSAB). Mientras que en la quebrada de Camar ocupa 37,20 ha.

También se registró la especie *Cistanthe salsoloides* (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, conformando el tipo vegetacional (ocasional) pradera de Lukupa. Según Gutierrez (2008), los periodos cortos e infrecuentes de intensas lluvias aumenta la humedad del suelo, lo que regula el patrón de productividad de la biota del desierto. Por su parte, Holmgren *et al.*, (2001), reportan que la fertilidad del suelo puede ser extremadamente alta posterior a eventos de precipitaciones abundantes, pudiendo sustentar una comunidad biótica rica, pero de corta duración.

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). Fue registrada en 41 de los 222 transectos realizados en la quebrada de Camar (18,5% del total). En el Borde Este esta especie conforma al tipo vegetacional pradera de Grama salada que ocupa una superficie de 2.233,80 ha (según el informe N° 15 del PSAB). En el área de la quebrada de Camar este tipo vegetacional ocupa una porción menor (3,55 ha), ya

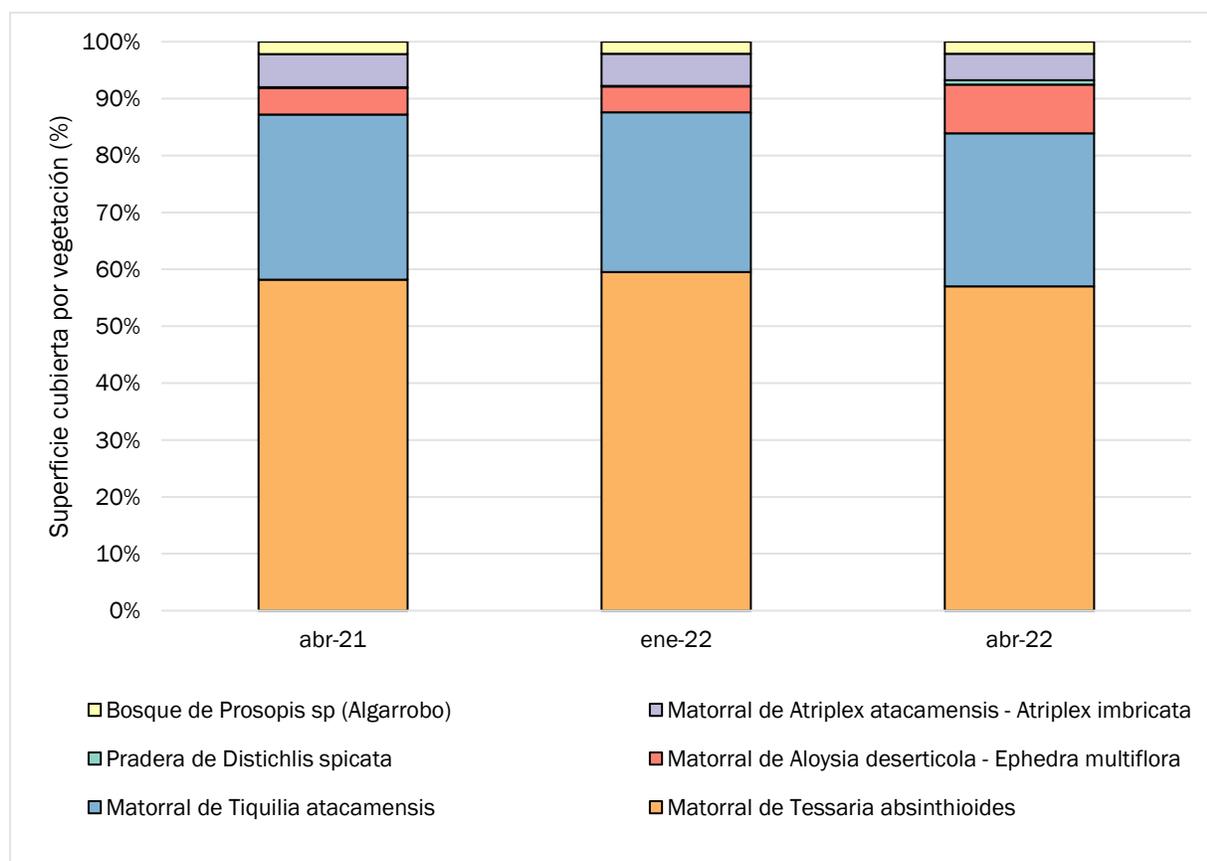
que corresponde a un área de transición entre otros tipos vegetacionales, por lo que también es común encontrar ejemplares de *Tessaria absinthioides* acompañando a esta especie.

Dentro del presente periodo de monitoreo, se aumentó en uno (1) la riqueza de especies con respecto a lo reportado en el catastro inicial de abril 2021, al incorporar el registro de *Lupinus oreophilus* al listado florístico. Esta especie tiene baja cobertura dentro del área de estudio y se desarrolla en pequeñas quebradas del cono aluvial.

En cuanto a la superficie total cubierta por vegetación dentro de la quebrada, esta varió ligeramente con respecto a lo reportado en el catastro inicial (abril 2021), aumentando en un 0,85%.

Por otro lado, con respecto a la superficie que poseen las formaciones vegetacionales dentro de la quebrada, durante el presente periodo se registró un aumento del 4% en la superficie del Matorral de Rica rica - Pingo pingo en el mes de abril con respecto a lo registrado en el mes de enero (Figura 6-4). Este aumento estaría dado principalmente por formaciones de cobertura rala (5 - 10% de recubrimiento) ubicadas en la zona de transición de la vegetación del borde este del salar y la zona de vegetación escasa que cubre gran parte de la zona media de la quebrada de Camar. Al mismo tiempo, la superficie de zonas de vegetación escasa disminuyó en un 1,4% respecto a lo registrado anteriormente.

Figura 6-4. Evolución de la superficie de las formaciones vegetacionales presentes en la quebrada de Camar



La pradera de grama salada también tuvo un aumento del 0,7% de la superficie reportada en el catastro inicial (Figura 6-4). Esto se debe a pequeños parches de vegetación escasa ubicados entre los matorrales de

brea del borde este del salar que han sido colonizados por grama salada. Por otro lado, el matorral de Káuchal tuvo una disminución del 1,2% de su superficie con respecto al periodo anterior. El resto de las formaciones no ha sufrido grandes cambios en cuanto a su superficie.

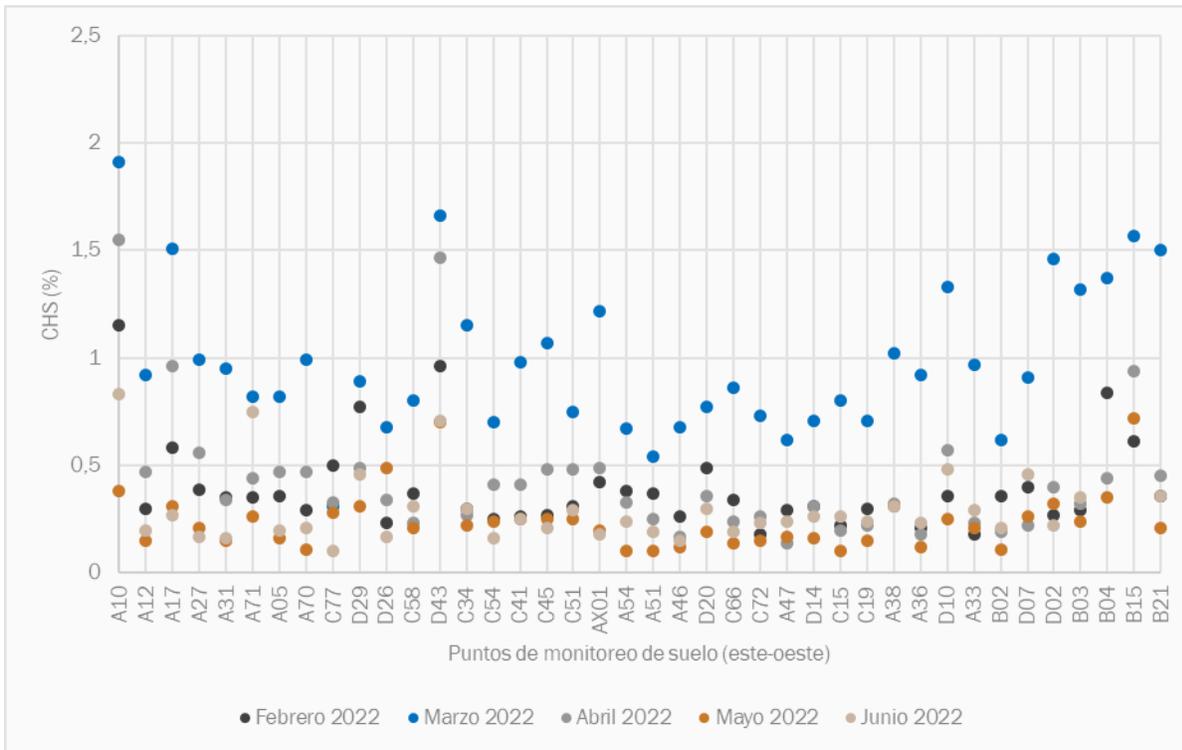
En cuanto a la afectación antrópica sobre la vegetación dentro de la quebrada predominan las huellas vehiculares (fuera de los caminos formales establecidos) dentro de las formaciones vegetacionales.

## 6.3 Contenido de humedad del suelo

### 6.3.1 Monitoreo mensual (CHS)

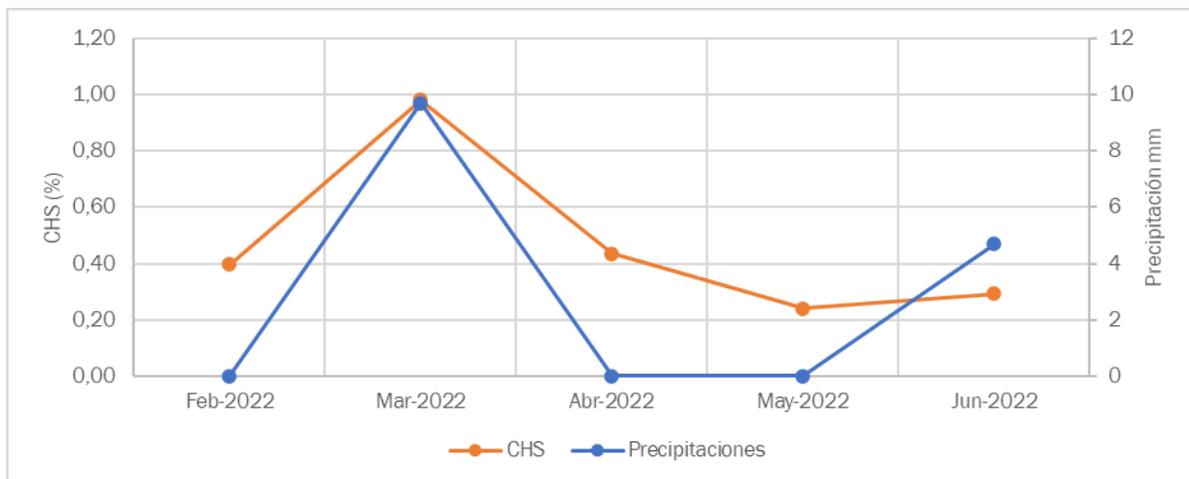
Tal como se observó en la sección de resultados, el contenido de humedad del suelo en el sector de la quebrada de Camar se caracteriza por presentar valores bajos que no superan el 2%. Además, al analizar en detalle los datos, se observó un marcado comportamiento estacional, el cual se ve influenciado por la ocurrencia de lluvias (Figura 6-6). Se observa en el mes de marzo el mayor CHS en los 40 puntos de monitoreo de suelo, como respuesta a las lluvias ocurridas a principios del mismo mes. Por otra parte, se aprecia que hacia los meses de febrero, abril y mayo (donde no hubo eventos de precipitaciones), el contenido de humedad del suelo disminuyó hasta llegar a valores inferiores al 1% en la mayoría de los puntos (Figura 6-5). Mientras que, el leve aumento del CHS en el mes de junio, estaría explicado por los 4,7 mm de agua caía en dicho mes.

Figura 6-5. Contenido de humedad del suelo registrado en la quebrada de Camar en los meses de febrero, marzo, abril y junio de 2022.



Tal como se observa en la Figura 6-6, el comportamiento alcista del CHS coincide con la ocurrencia de lluvias, valor que decrece cuando estas cesan.

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



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 favorecerían las reservas de agua aprovechable para las plantas, y en consecuencia la vitalidad de la población de algarrobos.

### 6.3.2 Monitoreo trimestral (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 elevado (alcalinos) y que tanto la salinidad como el contenido de humedad presentan variaciones de acuerdo con la cercanía al salar de Atacama. Así, en los puntos más cercanos al borde este del salar predominan los suelos moderadamente salinos y fuertemente salinos, mientras que aquellos ubicados en las zonas media y alta del cono aluvial corresponden en su totalidad a suelos no salinos, con baja conductividad eléctrica.

Lo anterior concuerda con lo descrito por Casanova *et al.* (2013) en cuanto a 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.

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 posee mecanismos de adaptación frente a estas condiciones extremas de sustratos fuertemente salinos. 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 más que por las propiedades químicas del suelo.

No obstante, lo anterior, 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 *Prosopis sp.* que crece dentro del cono aluvial.

En relación a los monitoreos anteriores es posible indicar que los resultados de aquellos puntos de monitoreo ubicados en la zona occidental del área de estudio se encuentran dentro de los límites normales, lo que se

respalda además con los monitoreos históricos (2006 - 2022) que se han realizado en el borde este del Salar de Atacama en el marco de las campañas preoperacionales del proyecto y con la continuidad del Plan de Seguimiento Ambiental del proyecto Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama. Los informes anuales del PSA indican que en este sector los suelos varían entre ligeramente salino y fuertemente salino.

## 7 Conclusiones

### 7.1 Monitoreo de la población de *Prosopis sp.* (algarrobos)

A lo largo del monitoreo realizado durante el primer semestre del año 2022, 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.

En términos de vitalidad, se observó un aumento de los individuos en condiciones normales durante los meses de marzo y abril, coincidente con los meses posteriores a las lluvias estivales y aquellos en donde el contenido de humedad del suelo fue mayor. Al mismo tiempo, los individuos en condiciones débiles y muy débiles presentaron incrementos a partir del mes de mayo.

En relación con el porcentaje de copa viva, se observó una disminución sostenida de los individuos que presentan un 75 - 100% de follaje verde a partir del mes de marzo. Al mismo tiempo se observa un aumento en la proporción de individuos pertenecientes a las categorías de menor porcentaje de follaje verde a partir del mes de abril.

Desde el punto de vista fenológico, los resultados del monitoreo semestral indican que los meses con mayor proporción de individuos en fructificación corresponden a los meses de verano (enero y febrero), disminuyendo fuertemente a partir de marzo. Consecuentemente con la disminución de individuos en fructificación, se observó un aumento sostenido de los individuos en crecimiento vegetativo durante los meses de febrero y mayo, disminuyendo por primera vez en junio.

La proporción de individuos con vitalidad seca, sin presencia de follaje verde (0%) y en estados fenológicos de senescencia se mantuvo relativamente estable entre los meses de enero y mayo, presentando variaciones en torno al 1%. Sin embargo, a partir del mes de junio se observa un aumento del 6,3% en la proporción de estos individuos con respecto al mes de mayo, lo que se explicaría debido a las respuestas fenológicas que poseen los individuos del género *Prosopis* frente a las condiciones ambientales de la estación de invierno (disminución de temperatura del aire y fotoperiodo), asociadas a la senescencia foliar.

Durante el mes de marzo, el estado fisiológico de la población de algarrobos que se desarrolla en las proximidades del pozo Camar-2 no presentó diferencias estadísticamente significativas con respecto a la muestra testigo, correspondiente a individuos de mayor tamaño y con una condición hídrica más favorable. Lo que se atribuye principalmente a la presencia de lluvias estivales. Sin embargo, en las mediciones realizadas en abril, sí existen diferencias significativas entre los individuos ubicados en las proximidades del pozo y los

árboles testigo, indicando que éstos últimos poseen una mejor condición hídrica que aquellos ubicados aguas abajo.

## 7.2 Caracterización de la flora y vegetación

### 7.2.1 Vegetación

La quebrada de Camar abarca una superficie de 4.044,05 ha, correspondiente al cono aluvial que se extiende entre el pueblo de Camar y la ruta B-355, aproximadamente. En el lugar, se identificaron 436,6 ha con vegetación, lo que representa un 10,8% del total de la quebrada. La vegetación se desglosa en: Matorral de *Tessaria absinthioides* (248,9 ha), Matorral de *Tiquilia atacamensis* (117,5 ha), Matorral de *Atriplex atacamensis* - *Atriplex imbricata* (20,1 ha), Matorral de *Aloysia deserticola* - *Ephedra multiflora* (37,2 ha), Pradera de *Distichlis spicata* (3,6 ha), Bosque de *Prosopis sp* (algarrobo) (9,3 ha) y Zona de vegetación escasa (3.554,9 ha). Mientras que las superficies restantes (52,54 ha) están representadas por el área ocupada por la red vial dentro de la quebrada y la zona agrícola, zona poblada, tranque y otras áreas intervenidas asociadas al poblado de Camar.

### 7.2.2 Flora

De acuerdo con la flora vascular presente en la quebrada de Camar, se registraron 20 taxa (17 Magnolipsida, 2 Liliopsida y 1 Gnetopsida) agrupados en 10 familias distintas (Ephedraceae, Verbenaceae, Chenopodiaceae, Montiaceae, Poaceae, Asteraceae, Boraginaceae, Fabaceae, Solanaceae y Malvaceae). Doce (12) de las especies presentes en la quebrada corresponden a especies nativas, seis (6) a endémicas y una (1) introducida. Sus hábitos de crecimientos corresponden a hierbas perennes (6 especies), hierba anual (3 especie), subarbusto (2 especies), arbusto (7 especies) y dos (2) especies a hábito arbóreo.

Solo dos especies están en categoría de conservación, *Prosopis alba* catalogada en la categoría de Preocupación menor (LC) y *Prosopis tamarugo*, catalogada en la categoría de En Peligro (EN). La distribución de la mayoría de las especies es entre las regiones de Arica y Parinacota y Atacama, con dos excepciones de amplia distribución dentro del territorio nacional (*Distichlis spicata* y *Tessaria absinthioides*) que abarcan varias regiones.

Respecto a las coberturas, las especies más abundantes en el área son *Tessaria absinthioides* (10,99% de recubrimiento) y *Tiquilia atacamensis* (2,01% de recubrimiento). Seguido en menor proporción de *Atriplex atacamensis* (1,44%) y *Aloysia deserticola* (0,72%).

## 7.3 Contenido de humedad del suelo

### 7.3.1 Monitoreo mensual

El contenido de humedad del suelo en el sector de la quebrada de Camar se caracteriza por presentar valores bajos que no sobrepasan el 2%, además de poseer un marcado comportamiento estacional, el cual se ve influenciado por la ocurrencia de lluvias. En el periodo analizado se observa que en el mes de marzo se

presentan los mayores registros de CHS (%) en todos los puntos de monitoreo, como respuesta a las lluvias ocurridas a principio del mismo mes. Del mismo modo, en los meses secos (donde no hubo precipitaciones), se observa una baja en el CHS (febrero, abril y mayo). Mientras que, en junio se registró un leve aumento en el CHS, el cual estaría explicado por los 4,7 mm de agua caída en la zona ese mes.

De acuerdo con estudios previos sobre la población de algarrobos presente en la quebrada de Camar<sup>5</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, y en consecuencia la vitalidad de la población de algarrobos.

### 7.3.2 Monitoreo trimestral

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 la zona central y oriental predominan sustratos no salinos con menor contenido de humedad, mientras que a medida que se acercan al borde este del salar predominan los suelos moderada y fuertemente salinos, con un mayor contenido de humedad.

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 en donde la salinidad del sustrato es baja o nula, como es el caso de la población de *Prosopis sp.*

## 8 Referencias

Acevedo, E., Sotomayor, D. and Zenteno, V. 1985. Parámetros hídricos de tejidos foliares de *Prosopis tamarugo* Phil. In: Estado actual del conocimiento sobre *Prosopis tamarugo*. Habit, M. (Eds). Arica, Chile. 11-15 de junio de 1984, FAO: 500.

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 *Prosopis sp.*, 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.

---

<sup>5</sup> CRICYT, 2018

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 *Prosopis* spp. 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. (2011). Holocene vegetation history from fossil rodent middens near Arequipa, Peru. Quaternary Research 56(2): 242-251. MARTICORENA, C. & M. QUEZADA. 1985. Catálogo de la flora vascular de Chile. Gayana Botánica 42: 1-157 pp.

Meyer, W.S. & Ritchie, J.T. 1980. Resistance to Water Flow in the Sorghum Plant. Plant Physiology 65: 33-39.

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.

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.

Scholander, P., Bradstreet Edda, D., Hemmingsen, E. and Hammel, H. 1965. Sap Pressure in Vascular Plants: Negative hydrostatic pressure can be measured in plants. Science 148: 339–346.

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: i-xcvi + 1-3348.