

Reporte segundo semestre 2022

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

## Reporte segundo semestre 2022

## GEOB.SQMML740.INF22. Programa de Seguimiento de Flora y Vegetación de la quebrada de Camar

Rev.	Id	Ejecutor	Revisor	Aprueba	Descripción
B	Nombre	IJ	IZ	IZ	Programa de Seguimiento de Flora y Vegetación de la quebrada de Camar Rev. (B)
	Fecha	18.01.2023	22.02.2023	22.02.2023	
C	Nombre	XN	IZ	CP	Programa de Seguimiento de Flora y Vegetación de la quebrada de Camar Rev. (O)
	Fecha	13.03.2023	15.03.2023		
O	Nombre				
	Fecha				



# Contenido

1	Resumen .....	1
1.1	Monitoreo de algarrobos.....	1
1.2	Flora y Vegetación .....	3
1.2.1	Vegetación .....	3
1.2.2	Flora .....	4
1.3	Contenido de Humedad del suelo.....	4
1.3.1	Monitoreo mensual .....	4
1.3.2	Monitoreo trimestral .....	4
2	Introducción .....	5
3	Objetivos .....	7
3.1	Objetivo general .....	7
3.2	Objetivos específicos .....	7
4	Materiales y métodos .....	8
4.1	Área de estudio .....	8
4.2	Monitoreo de algarrobos.....	8
4.2.1	Ubicación de los ejemplares.....	8
4.2.2	Parámetros evaluados .....	16
4.2.3	Metodología de muestreo, medición y análisis .....	20
4.3	Caracterización de la flora y vegetación .....	21
4.3.1	Ubicación de los puntos de monitoreo .....	21
4.3.2	Parámetros utilizados para caracterizar variables ambientales .....	29
4.3.3	Metodología de muestreo, medición y análisis .....	32
4.4	Evaluación del contenido de humedad del suelo .....	36
4.4.1	Ubicación de los puntos de monitoreo de suelo .....	36
4.4.2	Parámetros evaluados, metodología de muestreo, medición y análisis .....	41
4.5	Materiales y equipos utilizados .....	41
4.6	Fechas de monitoreo .....	42
5	Resultados .....	43

5.1	Monitoreo de vitalidad de <i>Prosopis sp.</i> (algarrobo) .....	43
5.1.1	Vitalidad .....	44
5.1.2	Copa viva .....	45
5.1.3	Fenología .....	46
5.1.4	Etapa de crecimiento .....	47
5.1.5	Afectación animal y antrópica .....	48
5.1.6	Estado fisiológico de los algarrobos (potencial hídrico y conductancia estomática) ....	50
5.2	Caracterización de la flora y vegetación .....	53
5.2.1	Vegetación .....	53
5.2.2	Vitalidad y estado sanitario .....	64
5.2.3	Flora .....	65
5.2.4	Afectación antrópica de la vegetación .....	70
5.3	Contenido de humedad del suelo .....	71
5.3.1	Monitoreo mensual (CHS).....	71
5.3.2	Monitoreo trimestral (CHS, pH y CE) .....	74
6	Discusiones.....	77
6.1	Monitoreo de la población de <i>Prosopis sp.</i> (algarrobos) .....	77
6.2	Caracterización de la flora y vegetación .....	82
6.3	Contenido de humedad del suelo .....	85
6.3.1	Monitoreo mensual (CHS).....	85
6.3.2	Monitoreo trimestral (CHS, pH y CE) .....	87
7	Conclusiones.....	88
7.1	Monitoreo de la población de <i>Prosopis sp.</i> (algarrobos) .....	88
7.2	Caracterización de la flora y vegetación .....	89
7.2.1	Vegetación .....	89
7.2.2	Flora .....	89
7.3	Contenido de humedad del suelo .....	90
7.3.1	Monitoreo mensual .....	90
7.3.2	Monitoreo trimestral .....	90
8	Referencias.....	91

## 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). .....	9
Tabla 4-2. Parámetros evaluados para monitorear el estado vital y sanitario de los algarrobos .....	16
Tabla 4-3. Criterios utilizados para clasificar la vitalidad de las plantas .....	16
Tabla 4-4. Escalas utilizadas para clasificar la copa viva de las plantas .....	17
Tabla 4-5. Categorías utilizadas para la etapa de crecimiento.....	17
Tabla 4-6. Categorías utilizadas para la descripción de estado fenológico. ....	17
Tabla 4-7. Parámetros utilizados para evaluar el estado fisiológico de la población de algarrobos de la quebrada de Camar.....	18
Tabla 4-8. Individuos de algarrobos monitoreados trimestralmente para evaluación de estado fisiológico .....	18
Tabla 4-9. Ubicación de los puntos de monitoreo de vegetación en la quebrada de Camar .....	22
Tabla 4-10. Ubicación de los transectos de flora en la quebrada de Camar en el Salar de Atacama .	25
Tabla 4-11. Esfuerzo de muestreo por formación vegetacional .....	29
Tabla 4-12. Parámetros y metodologías utilizadas para la caracterización de la flora y vegetación ...	30
Tabla 4-13. Rangos y códigos de cobertura.....	32
Tabla 4-14. Rangos de altura por tipo biológico .....	33
Tabla 4-15. Ubicación de los puntos de monitoreo mensual de contenido de humedad del suelo ....	36
Tabla 4-16. Ubicación de los puntos de monitoreo de suelo de la quebrada de Camar .....	39
Tabla 4-17. Métodos de ensayo utilizados en análisis de suelo .....	41
Tabla 4-18 Materiales y equipos utilizados. ....	41
Tabla 4-19. Fechas de monitoreo de algarrobos.....	42
Tabla 4-20. Fechas de muestreo monitoreo de flora y vegetación .....	43
Tabla 4-21. Fechas de muestreo de monitoreo de suelo .....	43
Tabla 5-1 Potencial hídrico de ramilla en pre-alba ( $\Psi_{pa}$ ) y mediodía ( $\Psi_{md}$ ) medido en segundo semestre de 2022 .....	50
Tabla 5-2. Conductancia estomática (gs) medida durante el segundo semestre de 2022 .....	51

Tabla 5-3. Resultados del análisis estadístico asociado al potencial hídrico de los algarrobos .....	52
Tabla 5-4. Resultados del análisis estadístico de la conductancia estomática .....	53
Tabla 5-5. Formaciones vegetales y otras superficies presentes en la quebrada de Camar .....	54
Tabla 5-6. Frecuencia de puntos monitoreados por categoría de vitalidad de la vegetación para el mes de octubre 2022 .....	64
Tabla 5-7. Taxa identificados en la quebrada de Camar.....	65
Tabla 5-8. Familias identificadas en la quebrada de Camar .....	66
Tabla 5-9. Especies encontradas en la quebrada de Camar, de acuerdo con su origen fitogeográfico .....	66
Tabla 5-10. Especies encontradas en la quebrada de Camar, y su distribución en Chile .....	68
Tabla 5-11. Análisis de la cobertura de las especies muestreadas a través de transectos de terreno .....	69
Tabla 5-12. CHS en individuos con y sin sistema de riego (Sistema de riego incorporado en noviembre de 2022) .....	74
Tabla 5-13. Resultados de pH del suelo .....	75
Tabla 5-14. Resultados de conductividad eléctrica del suelo .....	77

## Figuras

Figura 4-1. Ubicación del área de estudio .....	8
Figura 4-2. Ubicación de los ejemplares de <i>Prosopis sp.</i> monitoreados .....	15
Figura 4-3 Ubicación de los ejemplares de <i>Prosopis sp.</i> , con medición de variables fisiológicas. ....	20
Figura 4-4. Esfuerzo de muestreo de vegetación .....	24
Figura 4-5. Esfuerzo de muestreo de flora.....	28
Figura 4-6. Esfuerzo de muestreo de suelo, monitoreo mensual de contenido de humedad .....	38
Figura 4-7. Esfuerzo de muestreo de suelo, monitoreo trimestral CHS, pH y CE .....	40
Figura 5-1. Variación mensual de la vitalidad en los individuos de algarrobo.....	45
Figura 5-2. Variación mensual del porcentaje de copa viva en los individuos de algarrobo .....	46
Figura 5-3. Variación mensual de la fenología en los individuos de algarrobo .....	47
Figura 5-4. Estructuras reproductivas en individuos de <i>Prosopis sp.</i> registradas en el mes de diciembre. ....	47
Figura 5-5. Etapa de crecimiento en los ejemplares de algarrobo en la quebrada de Camar .....	48

Figura 5-6. Proporción de individuos de <i>Prosopis sp.</i> con presencia de signos de ramoneo.....	49
Figura 5-7. Proporción de individuos de <i>Prosopis sp.</i> con presencia de signos de intervención antrópica .....	49
Figura 5-8. Superficie ocupada por formaciones vegetacionales dentro de la quebrada de Camar (octubre 2022).....	56
Figura 5-9. Mapa de vegetación quebrada de Camar, actualizado a octubre 2022.....	57
Figura 5-10. Registro fotográfico del tipo vegetacional Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> .....	58
Figura 5-11. Registro fotográfico del tipo vegetacional Matorral de <i>Tiquilia atacamensis</i> .....	59
Figura 5-12. Registro fotográfico del tipo vegetacional Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i> – <i>Atriplex imbricata</i> .....	60
Figura 5-13. Registro fotográfico del tipo vegetacional Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> – <i>Ephedra multiflora</i> .....	60
Figura 5-14. Registro fotográfico del tipo vegetacional Matorral de <i>Distichlis spicata</i> .....	61
Figura 5-15. Registro fotográfico del bosque de <i>Prosopis sp.</i> (algarrobos). .....	62
Figura 5-16. Registro fotográfico zona de vegetación escasa .....	63
Figura 5-17. Clasificación de los puntos de monitoreo de la quebrada de Camar en categorías de vitalidad de la vegetación.....	64
Figura 5-18. Registros fotográficos de presencia de basura y huellas informales de camioneta en el área de estudio .....	70
Figura 5-19. Tipos de intervención antrópica presente en la quebrada de Camar, monitoreo segundo semestre 2022 .....	71
Figura 5-20. Contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) medido mensualmente en la quebrada de Camar.....	72
Figura 5-21. Resultados de monitoreo trimestral del contenido de humedad del suelo dentro de la quebrada de Camar.....	74
Figura 5-22. Proporción de puntos de monitoreo por categoría de pH del sustrato .....	76
Figura 5-23. Proporción de puntos de monitoreo por categoría de salinidad del sustrato .....	77
Figura 6-1. Pérdida de follaje debido a senescencia foliar en estación de invierno, árbol A-34.....	79
Figura 6-2. Reactivación de procesos de crecimiento vegetativo en primavera y verano, árbol A-34.80	
Figura 6-3. Temperaturas máximas y mínimas del aire registradas en Camar durante el 2022.....	80
Figura 6-4 Signos de la presencia de burros en el área de estudio .....	81
Figura 6-5 Signos de ramoneo.....	81



Figura 6-7 Presencia de daños, efecto del ramoneo.....	81
Figura 6-6 Presencia de daños, efecto del ramoneo,.....	81
Figura 6-8. Evolución de la superficie de las formaciones vegetacionales presentes en la quebrada de Camar .....	85
Figura 6-9. Contenido de humedad del suelo registrado en la quebrada de Camar durante el año 2022, versus las precipitaciones y humedad relativa del aire registradas.....	86
Figura 6-10. Contenido de humedad del suelo mensual versus proporción de individuos de algarrobo con vitalidad normal .....	87

## Anexos

Anexo 1. Mapa de vegetación quebrada de Camar

Anexo 2. Base de datos monitoreo algarrobos – 2° semestre año 2022

Anexo 3 . Base de datos vegetación (COT) – 2° semestre año 2022

Anexo 4 . Base de datos flora (transectos) – 2° semestre año 2022

Anexo 5. Certificado calidad de porómetro

Anexo 6. Informes trimestrales potencial hídrico y conductancia estomática. Universidad de Chile.

Anexo 7. Resoluciones autorización ETFA

Anexo 8. Informes trimestrales, ETFA, registro fotográfico y análisis de laboratorio.

Anexo 9 . Base de datos parámetros de suelo

Anexo 10 . Responsables y participantes de seguimiento ambiental.

Anexo 11 . Medio verificador reprogramación campaña noviembre Censo de Algarrobos

## 1 Resumen

El presente informe tiene por objeto dar cuenta de los resultados correspondientes al segundo semestre de 2022 (julio a diciembre) del Programa de Seguimiento asociado al monitoreo de Flora y Vegetación de la quebrada de Camar, cuyo fin es aportar más información sobre los individuos de Algarrobos y otras formaciones vegetacionales. Cabe destacar que 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. El seguimiento tiene como alcance implementar un programa de monitoreo de la Flora y Vegetación presente en la Quebrada de Camar, complementario al definido en el considerando 10.3.2.2, letra d) de la RCA N° 226/2006, ampliando su alcance a ejemplares y formaciones que no fueron inicialmente consideradas, así como la inclusión de nuevos parámetros y variables de monitoreo en el sector, tales como el potencial hídrico, conductancia estomática y mediciones del Contenido de Humedad del Suelo (CHS) y determinación de la Conductividad Eléctrica (CE), pH y Salinidad del suelo.

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, fenología, afectación animal y afectación antrópica cada individuo. Complementariamente se tomaron muestras de suelo en puntos representativos para medir su contenido de humedad (CHS) por una ETFA autorizada. La medición de las variables fisiológicas de potencial hídrico y conductancia estomática se realizó con una periodicidad trimestral y la caracterización de la vegetación de la quebrada de Camar también se realizó de manera trimestral, mediante metodología de Carta de Ocupación de Tierras (COT), utilizando como base imágenes satelitales de alta resolución, complementada de la información obtenida a través de transectos lineales de terreno, a partir de los cuales también se realiza la caracterización de la flora vascular. Además, para complementar la caracterización de la vegetación, trimestralmente se tomaron muestras de suelo dentro de la quebrada para evaluar el pH, la conductividad eléctrica (salinidad) y el contenido de humedad del suelo.

A continuación, se entrega un breve resumen de los resultados correspondientes al segundo semestre de 2022 de los distintos monitoreos realizados en la Quebrada de Camar, de acuerdo a lo aprobado en la Resolución N° 38 el 29 de agosto de 2022 por la SMA.

### 1.1 Monitoreo de Algarrobos

Las mediciones realizadas durante el segundo semestre del año 2022 indican un total de 425 ejemplares que son objeto de este estudio a la fecha del mes de diciembre 2022, agrupados en cinco series identificadas como serie A, B, C, D y E.

- **Serie A:** correspondiente a los individuos establecidos en el monitoreo del Plan de Seguimiento Ambiental (PSA) del Proyecto Cambios y Mejoras en la Operación Minera del Salar de Atacama (año 2006). Esta serie está compuesta por un total de 71 individuos (A-1 – A-71), de los cuales 59 continúan en pie, el resto fue desprendido de raíz producto de aluviones ocurridos en distintos años (12 ejemplares). Los ejemplares de la serie A, corresponden principalmente a individuos adultos de baja

altura (en su mayoría menor a dos metros, aunque algunos están en el rango de los 2 a 4 m) y se ubican adyacentes al pozo cuya infraestructura de bombeo se encuentra desmantelada, Camar-2.

- **Serie B:** Esta serie está compuesta por 21 individuos (B-01 a B-21) ubicados al este de la ruta CH-23, y corresponden a individuos en general de baja estatura (entre los rangos de 0 a 0,25 m y 0,25 a 0,50 m), aunque algunos ejemplares, en menor proporción, presentan mayor altura (en el rango de los 2 a 4 m y 4 a 6m)
- **Serie C:** Esta serie posee un total de 80 ejemplares ubicados al oeste de la tubería y al sur del actual pozo desmantelado y correspondiente a ejemplares de regeneración de la especie y algunos individuos juveniles y en su mayoría presentan alturas inferiores a los 25 cm.
- **Serie D:** Esta serie posee un universo de 77 individuos a diciembre 2022, están ubicados entre los individuos de la serie A y B, al este de la ruta CH-23, los que en su mayoría corresponde a regeneración y corresponden a individuos que no superan los 25 cm de altura. Cuando se censa un nuevo individuo durante el monitoreo mensual, se asigna el correlativo a esta serie.
- **Serie E:** Corresponden a los individuos que son monitoreados y que se encuentran al interior del poblado de Camar. Hasta diciembre 2022 se contaba con un total de 180 individuos correspondientes en su mayoría a individuos adultos, algunos juveniles y en menor proporción regeneración. Estos individuos poseen mayor altura, algunos llegando al rango de los 6 a 8m.

De estos 425 ejemplares, 16 corresponden a ejemplares de *Prosopis tamarugo* y 62 se encuentran desprendidos y/o desaparecidos por causas antrópicas o efecto animal, de los cuales 15 corresponden a ejemplares desaparecidos a la fecha de la Serie A, el resto (47 individuos) son ejemplares de la serie B, C y D. Del total de desaparecidos a la fecha, tres (3) correspondientes a la serie E fueron desprendidos entre los meses de julio y agosto debido a la remodelación de la plaza del pueblo de Camar y siete (7) de las series A, C y D durante los meses de noviembre y diciembre fueron desprendidos por causas antrópicas o por efecto animal. Del resto de los ejemplares que corresponden al universo de individuos en pie<sup>1</sup> (347), se identificaron 262 individuos (75,50%) en alguna categoría de vitalidad y 85 ejemplares (24,50%) secos (sin presencia de follaje verde ni estructuras reproductivas). Los datos reportados en el periodo anterior (1° semestre 2022) indicaban un universo de 420 ejemplares, de los cuales 41 se encontraban desaparecidos y 16 correspondían a *Prosopis tamarugo*. Del resto (363 ejemplares en pie), 255 se encontraban catalogados bajo alguna categoría de vitalidad (70,25%) y 108 se encontraban secos o sin follaje verde (29,75%).

A lo largo del periodo de monitoreo que es reportado en este informe (julio a diciembre 2022), en términos de vitalidad, se observó un aumento de los individuos descritos como secos (sin presencia de follaje verde) durante los meses del invierno, alcanzando su máximo en septiembre, mes en el cual se reportaron 171 individuos sin presencia de follaje verde y que corresponde al 47,50% de la muestra de individuos en pie<sup>2</sup> de ese mes. A partir del mes de octubre comienzan a disminuir los individuos secos y, en consecuencia,

---

<sup>1</sup> Universo de individuos en pie, es el total de la muestra sin considerar tamarugos, ni desaparecidos

<sup>2</sup> El total de individuos de Algarrobos reportados en pie en septiembre, y que son considerados para efectos de los cálculos realizados, corresponde a 360 ejemplares, esto es, de un universo de 423 individuos considerando Tamarugos (16 individuos) y desaparecidos (47 individuos).

aumentan los individuos en condiciones normales, alcanzando un máximo de 152 individuos en diciembre (43,80%). Al mismo tiempo, los individuos débiles y muy débiles, cuya proporción se encontraba en aumento al término del periodo anterior, disminuyeron fuertemente en el mes de diciembre, acercándose a los valores reportados en enero 2022 (17,90% en enero, 26,72% en junio y 15,27% en diciembre).

En relación con el porcentaje de copa viva, se observó un aumento sostenido de los individuos con 0% de follaje verde durante los meses del invierno hasta septiembre. Luego, se observa que la proporción de individuos pertenecientes a las categorías de mayor porcentaje de copa viva (50 – 75% y 75 – 100%) comienzan a aumentar a partir del mes de octubre, alcanzando un máximo de 53,60% en el mes de diciembre, en concordancia a lo registrado en la vitalidad. Cabe destacar que, al término del periodo de monitoreo anterior (junio 2022), la suma de la proporción de individuos en ambas categorías era de 36,91%.

Desde el punto de vista fenológico, los resultados del monitoreo semestral indican que el proceso de floración comienza durante la primavera, presentándose los primeros individuos con flores en el mes de octubre (13,96% de los individuos). Este proceso se extendería hasta noviembre, comenzando a fructificar en el mes de diciembre (21,61% de individuos en fructificación). Además, durante los meses de invierno fue posible observar un proceso de senescencia foliar, evidenciado mediante la pérdida parcial y total del follaje en algunos individuos (alcanzando un 47,5% de individuos senescentes en el mes de septiembre).

## 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 presente periodo de monitoreo, se ha identificado la presencia de 420,67 ha de vegetación, representando un 10,40% del total de la superficie de estudio, segregada en: Matorral de *Tessaria absinthioides* (234,15 ha), Matorral de *Tiquilia atacamensis* (115,50 ha), Matorral de *Aloysia deserticola* – *Ephedra multiflora* (41,10 ha), Matorral de *Atriplex atacamensis* – *Atriplex imbricata* (20,10 ha), web

Bosque de *Prosopis sp* (9,34 ha) ubicado en la parte alta de la quebrada, en la zona aledaña al pueblo de Camar y Pradera de *Distichlis spicata* (0,48 ha).

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° 20.283 sobre Recuperación del bosque nativo y fomento forestal<sup>3</sup>.

Por otra parte, se identificó una zona de vegetación escasa, la cual abarca 3.570,83 ha correspondientes al 88,30% del área estudiada. Mientras que las superficies restantes (1,30%) están representadas por la

---

<sup>3</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.

superficie ocupada por la red vial dentro del área de estudio (34,34 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 monitoreo del contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) es realizado por una ETFA (Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental) autorizada por la SMA y tiene por 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, durante este periodo de monitoreo los resultados del CHS dentro de la quebrada de Camar y para todos los meses se caracterizan por ser valores bajos, con promedios mensuales que van desde 0,24% a 0,59%. Los meses que registraron mayores promedios corresponden a diciembre con 0,59%, seguido por septiembre y agosto con 0,45% y 0,44%, respectivamente. Además, en noviembre y diciembre se registraron valores máximos de 5,03% y 5,62%. Por su parte, en el mes de octubre se registraron los valores más bajos de CHS, con un promedio mensual de 0,24%. Cabe destacar que durante este periodo de monitoreo (segundo semestre 2022) sólo se registraron eventos de <sup>4</sup>precipitación durante el mes de diciembre y este fue de baja magnitud (0,4 mm) en comparación a las lluvias estivales ocurridas en enero y marzo de 2022 (7 mm y 9,7 mm, respectivamente).

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. 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 fuertemente salinos (62,79%) y moderadamente salinos (4,65%) en el borde este del Salar de

---

<sup>4</sup> Red Agrometeorológica de INIA, Camar, San Pedro de Atacama.

<sup>5</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.

Atacama a suelos ligeramente salinos (4,65%), muy ligeramente salinos (6,98%) y no salinos (20,93%) en la zona media y alta de la quebrada, siendo los suelos fuertemente salinos 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 del segundo semestre de 2022, asociado a los monitoreos de la población de *Prosopis sp.* (algarrobo) y de flora y vegetación que se desarrolla en la quebrada de Camar, dentro del Salar de Atacama en la región de Antofagasta, con la finalidad de dar cumplimiento a la Acción 24 del PdC. Este seguimiento 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/ROL F-041-2016 el 29 de agosto de 2022 por la SMA.

Este monitoreo tiene por objeto desarrollar un programa de seguimiento de todos los individuos de algarrobos presentes en el entorno de la quebrada de Camar (desde la ruta CH-23 hacia el oeste) y otras formaciones vegetacionales presentes en la Quebrada de Camar y que no forman parte del seguimiento ambiental comprometido en el marco de la RCA 226/2006, mediante la identificación de los tipos y formaciones vegetacionales presentes, determinación de la riqueza, abundancia de la flora presente y la descripción de las poblaciones de algarrobos presentes en el sector. Lo anterior permite robustecer la información 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	Frecuencia
Biodiversidad	Población de <i>Prosopis sp.</i>	Vitalidad	Geobiota y consultores de la Comunidad de Camar	Mensual
		Fenología		
		Etapas de crecimiento	Laboratorio de Relación Suelo-Agua-Planta, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. (Potencial hídrico y conductancia estomática).	
	Afectación animal/antrópica			
	Potencial hídrico y conductancia estomática.			
	Vegetación de la quebrada de Camar	Cobertura de la vegetación medida como superficie		Trimestral
	Flora de la quebrada de Camar	Abundancia de especies		Trimestral
		Riqueza florística		
Suelo	Calidad del suelo	Contenido de humedad	Algoritmos SpA. (ETFA)	Trimestral
		Conductividad eléctrica		

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

Componente	Variable	Parámetro	Responsables del monitoreo	Frecuencia
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).	Mensual
		Fenología		
	Etapa de crecimiento Afectación animal/antrópica Potencial hídrico y conductancia estomática.			
	Vegetación de la quebrada de Camar	Cobertura de la vegetación medida como superficie		Trimestral
	Flora de la quebrada de Camar	Abundancia de especies Riqueza florística		Trimestral
		pH		

Los individuos de *Prosopis sp.* (algarrobo) que se desarrollan en la quebrada han sido identificados por series correspondientes a 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, PSAB 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 425 ejemplares a la fecha (diciembre 2022).

Cabe mencionar que en las prospecciones realizadas en las distintas campañas se ha notificado el desprendimiento de 62 ejemplares (desaparecidos), de los cuales tres (3) de la serie E, fueron desprendidos entre los meses de julio y agosto del presente periodo de monitoreo debido a la remodelación de la plaza del pueblo de Camar y siete (7) de la serie A, C y D fueron desprendidos por causas antrópicas o intervención animal. Además, se han 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 347 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

#### 3.1 Objetivo general

El presente informe tiene como objeto dar cuenta de los resultados semestrales del monitoreo de la flora y vegetación de la quebrada de Camar, cuyo fin es aportar más información sobre los individuos de algarrobo y otras formaciones vegetacionales que no forman parte del Plan de Seguimiento Ambiental comprometido en el marco de la RCA 226/2006, además de analizar la evolución temporal de las componentes que son objeto de estudio.

#### 3.2 Objetivos específicos

- Analizar la evolución en el tiempo del estado vital y sanitario, daño antrópico, potencial hídrico 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 Programa 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.

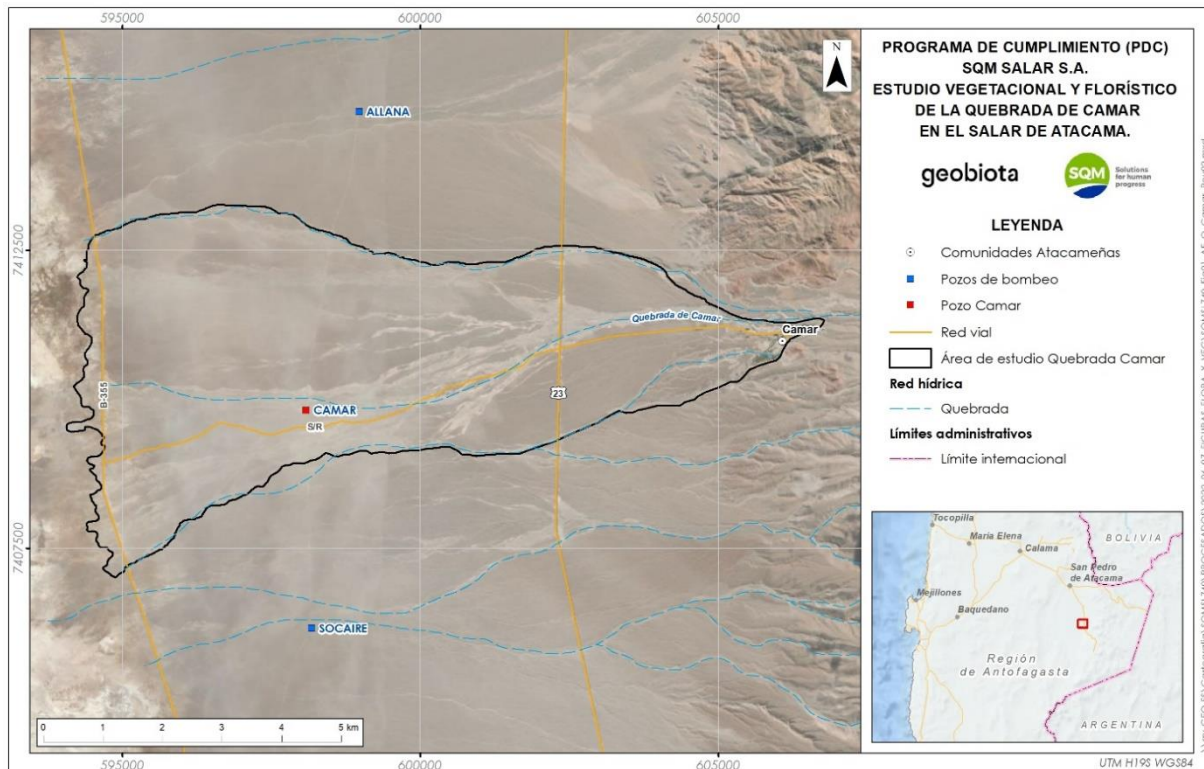


## 4 Materiales y métodos

### 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



Fuente: Elaboración propia

### 4.2 Monitoreo de algarrobos

#### 4.2.1 Ubicación de los ejemplares

El monitoreo se realiza en una población de algarrobos ubicados en la quebrada de Camar, a los alrededores del pozo Camar-2 y al interior del poblado de Camar, estos individuos están identificados y etiquetados, y son estudiados de manera fija en el tiempo (Tabla 4-1). Los individuos han sido clasificados por cinco series A, B, C, D y E. La serie A, corresponde a los ejemplares que se han monitoreado periódicamente desde abril de 2006 y que forman parte del Plan de Seguimiento Ambiental de la Operación Minera en el Salar de Atacama,

los que 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). En caso de que nuevos individuos sean encontrados mediante las prospecciones pedestres realizadas en los monitoreos mensuales, estos son etiquetados en la serie correspondiente (“D” al oeste y “E” al este de la ruta CH-23) e integrada a la base de datos del 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-45	598.150	7.409.473	E-034	605.972	7.411.097
A-02	598.065	7.409.914	C-46	598.155	7.409.474	E-035	605.975	7.411.099
A-03	598.032	7.409.929	C-47	598.184	7.409.499	E-036	605.977	7.411.101
A-04	598.066	7.409.720	C-48	598.184	7.409.520	E-037	605.971	7.411.096
A-05	598.004	7.409.777	C-49	598.198	7.409.523	E-038	605.968	7.411.096
A-06	597.867	7.409.701	C-50	598.152	7.409.549	E-039	605.975	7.411.097
A-07	597.031	7.409.692	C-51	598.156	7.409.544	E-040	605.971	7.411.092
A-08	597.052	7.409.693	C-52	598.155	7.409.526	E-041	605.973	7.411.098
A-09	597.055	7.409.705	C-53	598.138	7.409.528	E-042	605.975	7.411.098
A-10	597.087	7.409.700	C-54	598.131	7.409.519	E-043	605.977	7.411.099
A-11	597.201	7.409.691	C-55	598.132	7.409.523	E-044	605.975	7.411.099
A-12	597.223	7.409.975	C-56	598.131	7.409.521	E-045	605.972	7.411.100
A-13	597.288	7.409.962	C-57	598.132	7.409.516	E-046	605.974	7.411.097
A-14	597.286	7.409.993	C-58	598.113	7.409.516	E-047	606.040	7.410.946
A-15	597.260	7.409.999	C-59	598.111	7.409.506	E-048	606.041	7.410.951
A-16	597.582	7.409.925	C-60	598.095	7.409.505	E-049	606.040	7.410.949
A-17	597.603	7.409.916	C-61	598.143	7.409.489	E-050	606.036	7.410.954
A-18	597.621	7.409.920	C-62	598.141	7.409.493	E-051	606.034	7.410.959
A-19	597.621	7.409.913	C-63	598.178	7.409.504	E-052	606.033	7.410.957

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-20	597.627	7.409.921	C-64	598.142	7.409.518	E-053-A	606.047	7.410.951
A-21	597.632	7.409.915	C-65	598.545	7.409.509	E-053-B	606.047	7.410.951
A-22	597.634	7.409.921	C-66	598.557	7.409.716	E-054	606.046	7.410.951
A-23	597.645	7.409.915	C-67	598.563	7.409.715	E-055	606.039	7.410.946
A-24	597.649	7.409.924	C-68	598.588	7.409.723	E-056	606.043	7.410.944
A-25	597.655	7.409.919	C-69	598.602	7.409.731	E-057	606.051	7.410.951
A-26	597.665	7.409.923	C-70	598.609	7.409.736	E-058	606.055	7.410.950
A-27	597.679	7.409.918	C-71	598.602	7.409.691	E-059	606.046	7.410.956
A-28	597.683	7.409.912	C-72	598.575	7.409.695	E-060	606.051	7.410.960
A-29	597.747	7.409.936	C-74	598.105	7.409.725	E-061	606.044	7.410.960
A-30	597.788	7.409.952	C-75	598.098	7.409.481	E-062	606.050	7.410.966
A-31	597.792	7.409.953	C-76	598.109	7.409.481	E-063	606.054	7.410.970
A-32	598.738	7.409.919	C-77	598.102	7.409.492	E-064	606.042	7.410.968
A-33	598.759	7.409.902	C-78	598.469	7.409.488	E-065	606.029	7.410.940
A-34	598.819	7.409.920	C-79	598.469	7.409.679	E-066	606.021	7.410.910
A-35	598.848	7.409.926	D-01	599.662	7.409.679	E-067	606.023	7.410.909
A-36	598.732	7.409.766	D-02	599.297	7.409.953	E-068	606.024	7.410.911
A-37	598.698	7.409.766	D-03	599.294	7.409.919	E-069	606.021	7.410.912
A-38	598.677	7.409.695	D-04	599.278	7.409.926	E-070	606.018	7.410.915
A-39	598.670	7.409.699	D-05	599.277	7.409.953	E-071	606.019	7.410.917
A-40	598.574	7.409.693	D-06	599.282	7.409.966	E-072	606.014	7.410.895
A-41	598.469	7.409.677	D-07	599.227	7.410.001	E-073	606.008	7.410.893
A-42	598.403	7.409.674	D-08	599.204	7.410.004	E-074	606.005	7.410.891
A-43	598.432	7.409.734	D-09	599.070	7.409.970	E-075	605.998	7.410.898
A-44	598.449	7.409.740	D-10	598.731	7.409.990	E-076	605.952	7.410.788
A-45	598.488	7.409.746	D-11	598.693	7.409.609	E-077	605.959	7.410.780
A-46	598.492	7.409.741	D-12	598.710	7.409.626	E-078	605.845	7.410.745
A-47	598.581	7.409.758	D-13	598.570	7.409.682	E-079	605.833	7.410.743
A-48	598.314	7.409.784	D-14	598.603	7.409.716	E-080	605.807	7.410.778

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-49	598.579	7.409.683	D-15	598.610	7.409.715	E-081	605.814	7.410.786
A-50	598.543	7.409.660	D-16	598.562	7.409.710	E-082	605.772	7.410.776
A-51	598.491	7.409.653	D-17	598.540	7.409.705	E-083	605.766	7.410.789
A-52	598.483	7.409.654	D-18	598.578	7.409.679	E-085	606.038	7.410.912
A-53	598.414	7.409.660	D-19	598.564	7.409.639	E-086	606.040	7.410.915
A-54	598.419	7.409.645	D-20	598.550	7.409.621	E-087	605.556	7.410.590
A-55	598.388	7.409.586	D-21	598.537	7.409.624	E-088	605.563	7.410.582
A-56	598.359	7.409.612	D-22	598.529	7.409.626	E-089	605.561	7.410.584
A-57	598.341	7.409.607	D-23	598.523	7.409.626	E-090	605.498	7.410.577
A-58	598.407	7.409.807	D-24	598.098	7.409.610	E-091	605.497	7.410.576
A-59	597.880	7.409.705	D-25	598.160	7.409.448	E-092	605.495	7.410.569
A-60	597.318	7.409.687	D-26	598.113	7.409.501	E-093	605.495	7.410.563
A-61	597.595	7.409.927	D-27	598.112	7.409.457	E-094	605.509	7.410.561
A-62	597.697	7.409.914	D-28	598.055	7.409.453	E-095	605.494	7.410.559
A-63	597.715	7.409.919	D-29	598.107	7.409.879	E-096	605.493	7.410.561
A-64	597.703	7.409.910	D-30	598.086	7.409.900	E-097	605.489	7.410.563
A-65	597.718	7.409.904	D-31	598.078	7.409.861	E-098	605.484	7.410.567
A-66	597.731	7.409.907	D-32	598.111	7.409.798	E-099	605.485	7.410.558
A-67	597.746	7.409.922	D-33	598.103	7.409.491	E-100	605.484	7.410.549
A-68	597.767	7.409.938	D-34	598.695	7.409.488	E-101	605.486	7.410.550
A-69	598.076	7.409.878	D-35	598.660	7.409.708	E-102	605.482	7.410.548
A-70	598.028	7.409.873	D-36	599.272	7.409.717	E-103	605.439	7.410.545
A-71	597.817	7.409.786	D-37	599.230	7.409.965	E-104	605.436	7.410.548
AX-01	598.305	7.409.804	D-38	598.117	7.409.982	E-108	605.297	7.410.425
AX-02	597.020	7.409.942	D-39	598.116	7.410.175	E-109	605.295	7.410.415
AX-03	597.037	7.409.920	D-40	598.119	7.410.182	E-110	605.305	7.410.418
AX-76	597.609	7.409.906	D-41	598.118	7.410.189	E-111	605.303	7.410.418
B-01	598.922	7.409.874	D-42	598.118	7.410.190	E-112	605.308	7.410.411
B-02	599.016	7.409.889	D-43	598.117	7.410.207	E-113	605.305	7.410.406

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-03	599.710	7.409.937	D-45	598.189	7.410.214	E-114	605.307	7.410.403
B-04	600.761	7.410.288	D-46	598.516	7.409.866	E-115	605.304	7.410.393
B-05	601.215	7.410.461	D-47	598.509	7.409.637	E-116	605.322	7.410.402
B-06	601.266	7.410.440	D-48	598.679	7.409.661	E-117	605.324	7.410.401
B-07	601.306	7.410.495	D-49	598.728	7.409.705	E-118	605.326	7.410.400
B-08	601.379	7.410.552	D-50	598.745	7.409.637	E-119	605.330	7.410.403
B-09	601.420	7.410.585	D-51	598.760	7.409.632	E-120	605.313	7.410.411
B-10	601.403	7.410.509	D-52	598.755	7.409.662	E-121	605.311	7.410.414
B-11	601.603	7.410.548	D-53	598.795	7.409.668	E-122	605.310	7.410.416
B-12	601.635	7.410.587	D-54	598.822	7.409.663	E-123	605.307	7.410.422
B-13	601.683	7.410.612	D-55	598.810	7.409.679	E-124	605.305	7.410.426
B-14	601.711	7.410.666	D-56	598.829	7.409.698	E-125	605.313	7.410.423
B-15	601.710	7.410.672	D-57	598.741	7.409.702	E-126	605.316	7.410.418
B-16	601.856	7.410.736	D-58	599.249	7.409.692	E-127	605.319	7.410.425
B-17	601.972	7.410.806	D-59	601.641	7.409.977	E-128	605.318	7.410.425
B-18	602.174	7.410.934	D-60	599.289	7.410.610	E-129	605.324	7.410.414
B-19	602.256	7.410.943	D-61	598.987	7.409.931	E-130	605.390	7.410.434
B-20	602.261	7.410.998	D-62	598.743	7.409.858	E-132	605.468	7.410.532
B-21	602.313	7.410.998	D-63	598.714	7.409.654	E-133	605.476	7.410.527
BX-01	602.298	7.411.023	D-64	599.100	7.409.620	E-134	605.472	7.410.529
C-01	598.556	7.409.676	D-65	599.076	7.409.867	E-135	604.455	7.411.156
C-02	598.553	7.409.678	D-66	599.083	7.409.951	E-137	603.033	7.411.234
C-03	598.559	7.409.682	D-67	598.742	7.409.874	E-138	603.606	7.411.329
C-04	598.559	7.409.682	D-68	598.114	7.409.681	E-139	603.585	7.411.343
C-05	598.561	7.409.683	D-69	598.138	7.410.168	E-140	604.510	7.411.144
C-06	598.567	7.409.681	D-70	598.138	7.409.964	E-141	603.675	7.411.341
C-07	598.568	7.409.678	D-71	599.083	7.409.952	E-142	603.724	7.411.353
C-08	598.570	7.409.679	D-72	599.015	7.409.952	E-143	603.733	7.411.365
C-09	598.577	7.409.681	D-73	598.997	7.409.873	E-144	606.042	7.410.953

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

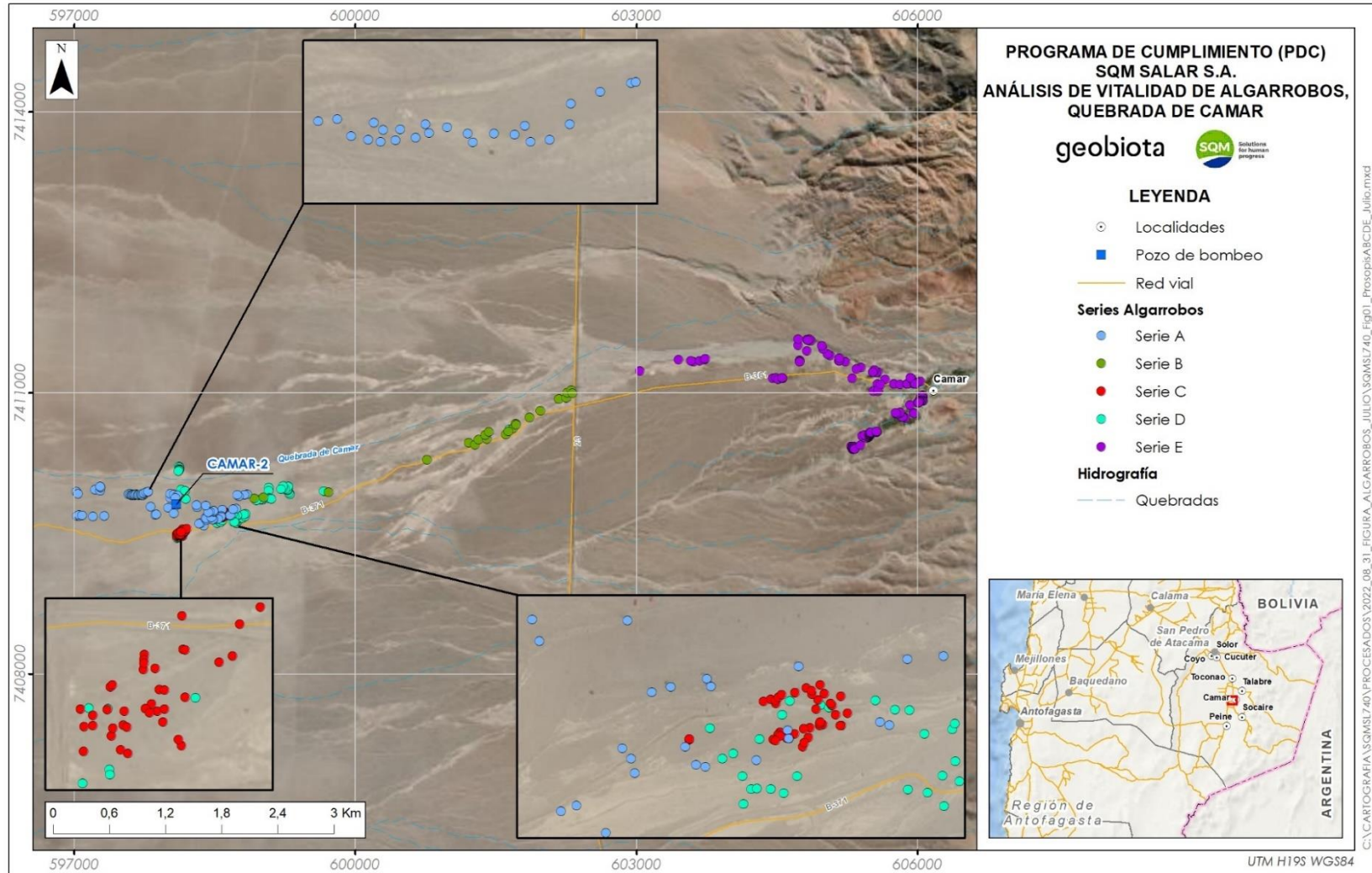
Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
C-10	598.588	7.409.673	D-74	598.944	7.409.858	E-145	606.048	7.410.944
C-11	598.587	7.409.674	D-75	598.488	7.409.853	E-146	606.051	7.410.921
C-12	598.586	7.409.673	D-76	598.502	7.409.655	E-147	606.018	7.410.911
C-13A	598.593	7.409.689	D-77	598.701	7.409.630	E-148	605.873	7.410.732
C-13B	598.586	7.409.688	E-001	606.029	7.411.124	E-149	605.975	7.411.097
C-14	598.602	7.409.693	E-002	605.751	7.411.098	E-150	605.971	7.411.097
C-15	598.603	7.409.693	E-003	605.752	7.411.099	E-151	605.993	7.411.112
C-16	598.618	7.409.703	E-004	605.648	7.411.143	E-152	605.937	7.411.151
C-17	598.623	7.409.690	E-005	605.574	7.411.225	E-153	605.932	7.411.156
C-18	598.624	7.409.692	E-006	605.555	7.411.222	E-154	605.925	7.411.155
C-19	598.630	7.409.704	E-007	605.534	7.411.243	E-155	605.923	7.411.161
C-20	598.539	7.409.722	E-008	605.513	7.411.217	E-156	605.522	7.411.221
C-21	598.557	7.409.718	E-009	605.392	7.411.271	E-157	605.522	7.411.220
C-22	598.560	7.409.720	E-010	605.342	7.411.255	E-158	605.306	7.411.156
C-23	598.595	7.409.728	E-011	605.157	7.411.342	E-159	604.850	7.411.570
C-24	598.595	7.409.721	E-013	605.163	7.411.368	E-160	604.743	7.411.332
C-25	598.599	7.409.719	E-014	604.976	7.411.510	E-161	606.043	7.410.945
C-26	598.606	7.409.726	E-015	604.863	7.411.556	E-162	605.165	7.411.340
C-27	598.598	7.409.709	E-016	604.835	7.411.561	E-163	604.990	7.411.468
C-28	598.614	7.409.713	E-017	604.820	7.411.568	E-164	604.745	7.411.334
C-29	598.625	7.409.722	E-018	604.725	7.411.511	E-165	604.489	7.411.159
C-30	598.620	7.409.721	E-019	604.818	7.411.448	E-166	605.975	7.411.096
C-31	598.097	7.409.466	E-020	604.744	7.411.349	E-167	606.058	7.410.915
C-32	598.113	7.409.482	E-021	604.553	7.411.155	E-168	606.057	7.410.912
C-33	598.113	7.409.480	E-022	604.553	7.411.155	E-169	605.977	7.411.091
C-34	598.117	7.409.483	E-023	604.555	7.411.161	E-170	605.040	7.411.515
C-35	598.118	7.409.482	E-024	605.524	7.411.020	E-171	603.458	7.411.354
C-36	598.121	7.409.469	E-025	605.577	7.411.022	E-172	606.047	7.410.952
C-37	598.121	7.409.490	E-026	605.577	7.411.040	E-173	606.044	7.410.954

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-38	598.119	7.409.490	E-027	605.574	7.411.097	E-174	605.069	7.411.397
C-39	598.133	7.409.492	E-028	605.608	7.411.093	E-175	604.719	7.411.504
C-40	598.135	7.409.494	E-029	605.811	7.411.093	E-176	604.733	7.411.567
C-41	598.133	7.409.490	E-030	605.885	7.411.098	E-177	604.691	7.411.544
C-42	598.137	7.409.491	E-031	605.891	7.411.099	E-178	604.840	7.411.567
C-43	598.141	7.409.484	E-032	605.894	7.411.099	E-179	605.161	7.411.344
C-44	598.152	7.409.484	E-033	605.970	7.411.100	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia



## 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).

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

Componente	Subcomponente	Variable	Parámetro utilizado
Biota terrestre	Plantas	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)
		Fisiología	Potencial hídrico Conductancia Estomática

Fuente: Elaboración propia

### 4.2.2.1 Estado vital y sanitario

La determinación del estado vital y sanitario se realiza en cada ejemplar levantado en el censo. En las siguientes Tabla 4-3 y Tabla 4-5 y Tabla 4-6 se especifican los criterios utilizados para evaluar cada parámetro indicado anteriormente.

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.
---	---------------------------	--

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

**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%

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

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

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

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

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

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

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

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.

#### 4.2.2.2 Fisiología

Se desarrolla de manera trimestral un monitoreo 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 sp.* pertenecientes a la serie A, distribuidos en las proximidades del pozo Camar-2, que luego son comparados con una muestra de 4 individuos testigos de la serie B, ubicados fuera del área de estudio, 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>

Fuente: Elaboración propia

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

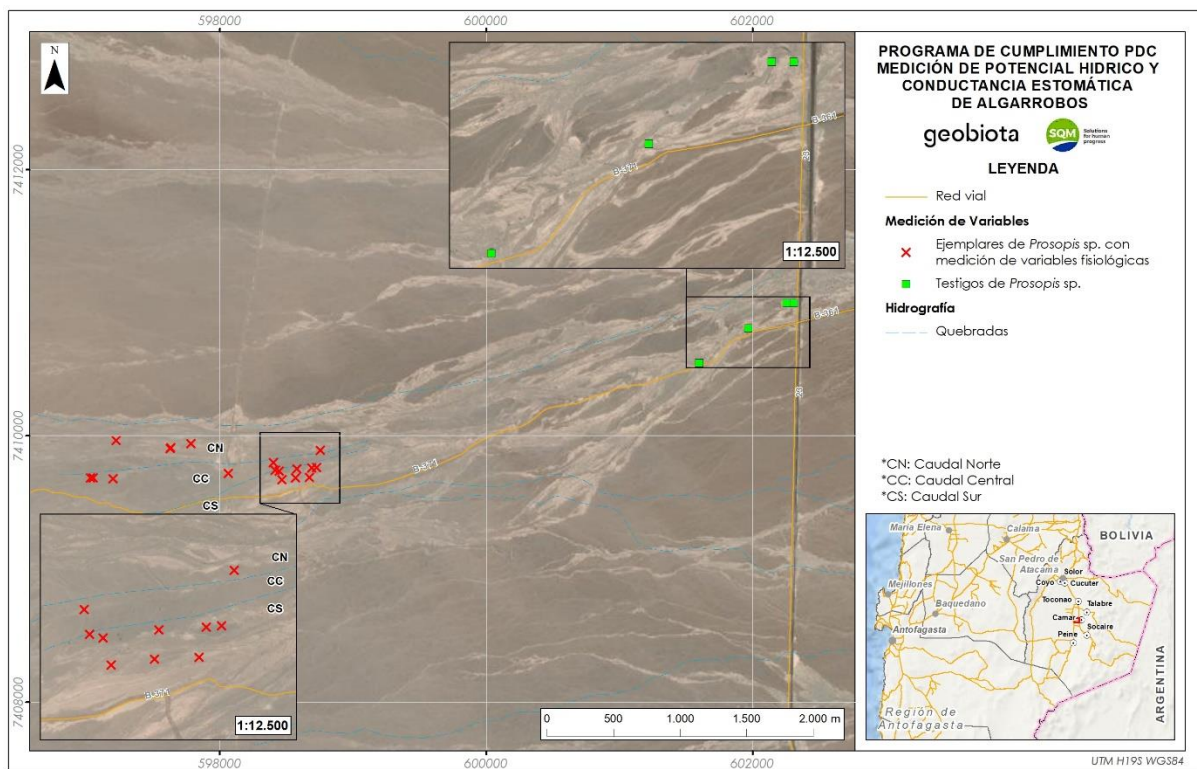
Árbol	Coordenadas UTM		Tipo de muestra
	Este	Norte	
A04	598.066	7.409.720	Objetivo
A07	597.031	7.409.692	Objetivo
A08	597.052	7.409.693	Objetivo
A11	597.201	7.409.691	Objetivo
A12	597.223	7.409.975	Objetivo
A21	597.632	7.409.915	Objetivo
A22	597.634	7.409.921	Objetivo
A30	597.788	7.409.952	Objetivo
A33	598.759	7.409.902	Objetivo
A36	598.732	7.409.766	Objetivo
A37	598.698	7.409.766	Objetivo

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

Árbol	Coordenadas UTM		Tipo de muestra
	Este	Norte	
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

Fuente: Elaboración propia

Figura 4-3 Ubicación de los ejemplares de *Prosopis* sp., con medición de variables fisiológicas.



Fuente: Elaboración propia

### 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 (Figura 4-2) 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 el acápite 4.2.2.1. 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 para 18 individuos de la serie A y 4 testigos de la serie B, la muestra se indica en la Tabla 4-8. El procedimiento de muestreo se realiza a todos los ejemplares de la muestra.

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. El equipo para el procedimiento cuenta con certificado de calidad, incluido en el Anexo 5. 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 4-4 y Figura 4-5.

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. Esfuerzo de muestreo por formación vegetacional

Formación vegetacional	Superficie (ha)	Esfuerzo de muestreo	
		Vegetación (N° observaciones)	Flora (N° transectos)
Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	234,15	43	129

Matorral de <i>Tiquilla atacamensis</i>	115,50	9	27
Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i> - <i>Atriplex imbricata</i>	20,10	6	18
Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> - <i>Ephedra multiflora</i>	41,10	7	22
Pradera de <i>Distichlis spicata</i>	0,48	0	0
Bosque de <i>Prosopis sp</i>	9,34		
Total	420,67	65	196
Zona de Vegetación Escasa (ZVE)	3.570,83	9	27
Total	3.991,50	74	223

Fuente: Elaboración propia

, 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		Este	Norte		Este	Norte
P-002	601.657	7.410.733	P-038	594.524	7.410.472	P-071	594.887	7.409.219
P-003	601.536	7.410.893	P-039	594.594	7.411.822	P-072	594.751	7.408.997
P-005	599.869	7.412.141	P-041	594.759	7.411.441	P-073	594.842	7.408.770
P-006	599.712	7.409.334	P-043	594.398	7.410.944	P-075	595.068	7.408.828
P-007	598.815	7.409.176	P-044	594.766	7.411.049	P-076	595.249	7.408.774
P-008	598.275	7.409.916	P-045	594.869	7.410.665	P-077	595.224	7.408.528
P-011	599.504	7.409.210	P-046	594.594	7.410.174	P-078	595.233	7.408.692
P-012	594.476	7.412.621	P-047	594.458	7.410.065	P-079	594.734	7.408.575
P-013	594.647	7.412.538	P-048	594.310	7.410.156	P-081	594.978	7.408.486
P-016	596.832	7.412.012	P-050	594.551	7.409.783	P-082	594.902	7.408.361
P-019	597.402	7.411.957	P-051	594.434	7.409.625	P-083	595.073	7.408.259
P-021	597.760	7.412.043	P-052	594.510	7.409.592	P-087	595.456	7.408.058
P-022	597.659	7.410.082	P-054	594.794	7.410.329	P-088	597.674	7.408.933
P-023	594.792	7.412.591	P-055	594.847	7.410.478	P-089	595.669	7.407.802
P-025	594.423	7.412.385	P-056	595.011	7.410.118	P-090	595.127	7.408.042
P-026	594.791	7.412.410	P-057	594.973	7.409.994	P-091	594.869	7.408.102
P-027	594.829	7.412.290	P-058	594.815	7.410.058	P-093	594.630	7.408.428
P-028	594.748	7.412.266	P-060	594.254	7.409.589	P-094	594.490	7.408.318
P-029	594.975	7.412.050	P-061	594.579	7.409.512	P-095	594.567	7.407.848
P-030	594.653	7.412.106	P-064	594.637	7.408.702	P-096	594.746	7.407.873

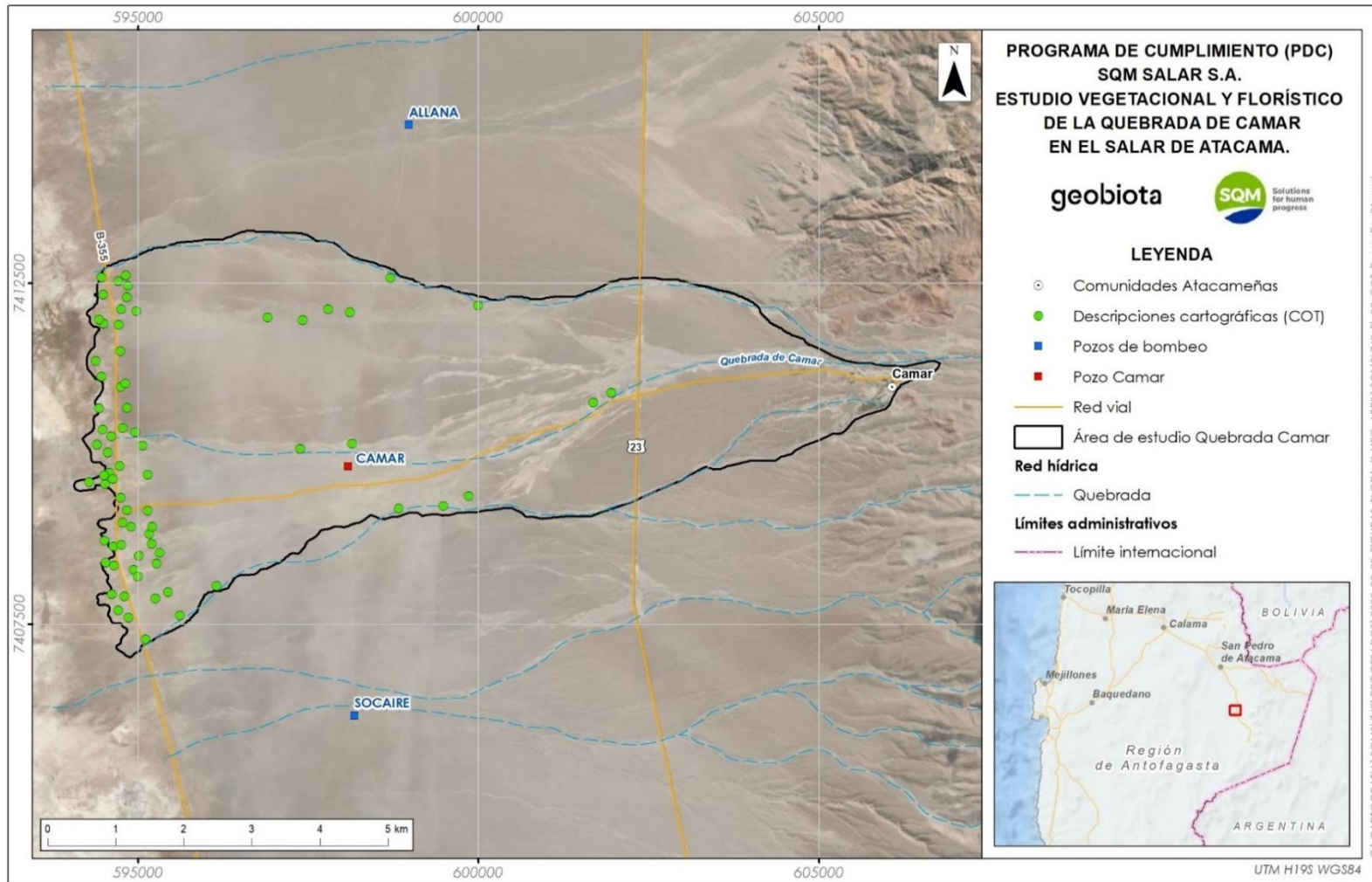
Tabla 4-9. Ubicación de los puntos de monitoreo de vegetación en la quebrada de Camar

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
P-031	594.493	7.411.772	P-065	594.624	7.408.761	P-097	594.713	7.407.775
P-032	594.409	7.412.028	P-067	595.104	7.409.656	P-098	594.771	7.407.559
P-035	594.405	7.411.237	P-068	594.698	7.409.824	P-100	595.164	7.407.370
P-036	594.510	7.411.091	P-069	594.777	7.409.248	P-102	598.236	7.412.069
P-037	594.489	7.410.529	P-070	595.121	7.409.234	P-108	598.827	7.412.586

Fuente: Elaboración propia



Figura 4-4. Esfuerzo de muestreo de vegetación



Fuente: Elaboración propia

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	601.798	7.410.806	P-038 T1	594.608	7.410.416	P-071 T3	594.976	7.409.285
P-002 T2	601.767	7.410.852	P-038 T2	594.588	7.410.474	P-072 T1	594.721	7.408.997
P-002 T3	601.749	7.410.787	P-038 T3	594.573	7.410.525	P-072 T2	594.754	7.408.999
P-003 T1	601.709	7.410.788	P-039 T1	594.616	7.411.773	P-072 T3	594.790	7.408.998
P-003 T2	601.666	7.410.832	P-039 T2	594.614	7.411.711	P-073 T1	594.838	7.408.858
P-003 T3	601.622	7.410.872	P-039 T3	594.604	7.411.655	P-073 T2	594.853	7.408.893
P-005 T1	600.070	7.412.167	P-041 T1	594.705	7.411.373	P-073 T3	594.884	7.408.932
P-005 T2	600.119	7.412.166	P-041 T2	594.695	7.411.450	P-075 T1	595.114	7.409.745
P-005 T3	600.168	7.412.162	P-041 T3	594.698	7.411.528	P-075 T2	595.077	7.408.747
P-006 T1	599.655	7.409.252	P-043 T1	594.738	7.410.985	P-075 T3	595.031	7.408.743
P-006 T2	599.718	7.409.312	P-043 T2	594.734	7.410.929	P-076 T1	595.337	7.408.680
P-006 T3	599.800	7.409.307	P-043 T3	594.733	7.410.880	P-076 T2	595.293	7.408.773
P-007 T1	598.808	7.409.185	P-044 T1	594.863	7.411.055	P-076 T3	595.227	7.408.894
P-007 T2	598.732	7.409.172	P-044 T2	594.813	7.411.052	P-077 T1	595.285	7.408.673
P-007 T3	598.835	7.409.225	P-044 T3	594.766	7.411.041	P-077 T2	595.265	7.408.601
P-008 T1	598.137	7.410.156	P-045/P-055 T1	594.877	7.410.675	P-077 T3	595.208	7.408.554
P-008 T2	598.196	7.410.110	P-045 P-055 T2	594.844	7.410.621	P-078 T1	595.160	7.408.601
P-008 T3	598.218	7.410.071	P-045 P-055 T3	594.792	7.410.646	P-078 T2	595.176	7.408.563
P-011 T1	599.467	7.409.202	P-045 P-055 T4	594.930	7.410.347	P-078 T3	595.217	7.408.674
P-011 T2	599.518	7.409.223	P-046 T1	594.632	7.410.130	P-079 T1	594.760	7.408.585
P-011 T3	599.568	7.409.229	P-046 T2	594.630	7.410.185	P-079 T2	594.752	7.408.627
P-012 T1	594.505	7.412.633	P-046 T3	594.608	7.410.232	P-079 T3	594.756	7.408.675
P-012 T2	594.508	7.412.582	P-047 T1	594.503	7.410.044	P-081 T1	594.993	7.408.492
P-012 T3	594.475	7.412.529	P-047 T2	594.481	7.410.107	P-081 T2	594.957	7.408.551
P-013 T1	594.681	7.412.613	P-047 T3	594.464	7.410.156	P-081 T3	594.909	7.408.499
P-013 T2	594.684	7.412.550	P-048 T1	594.616	7.410.016	P-082 T1	595.026	7.408.305
P-013 T3	594.680	7.412.496	P-048 T2	594.527	7.409.964	P-082 T2	595.019	7.408.349

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

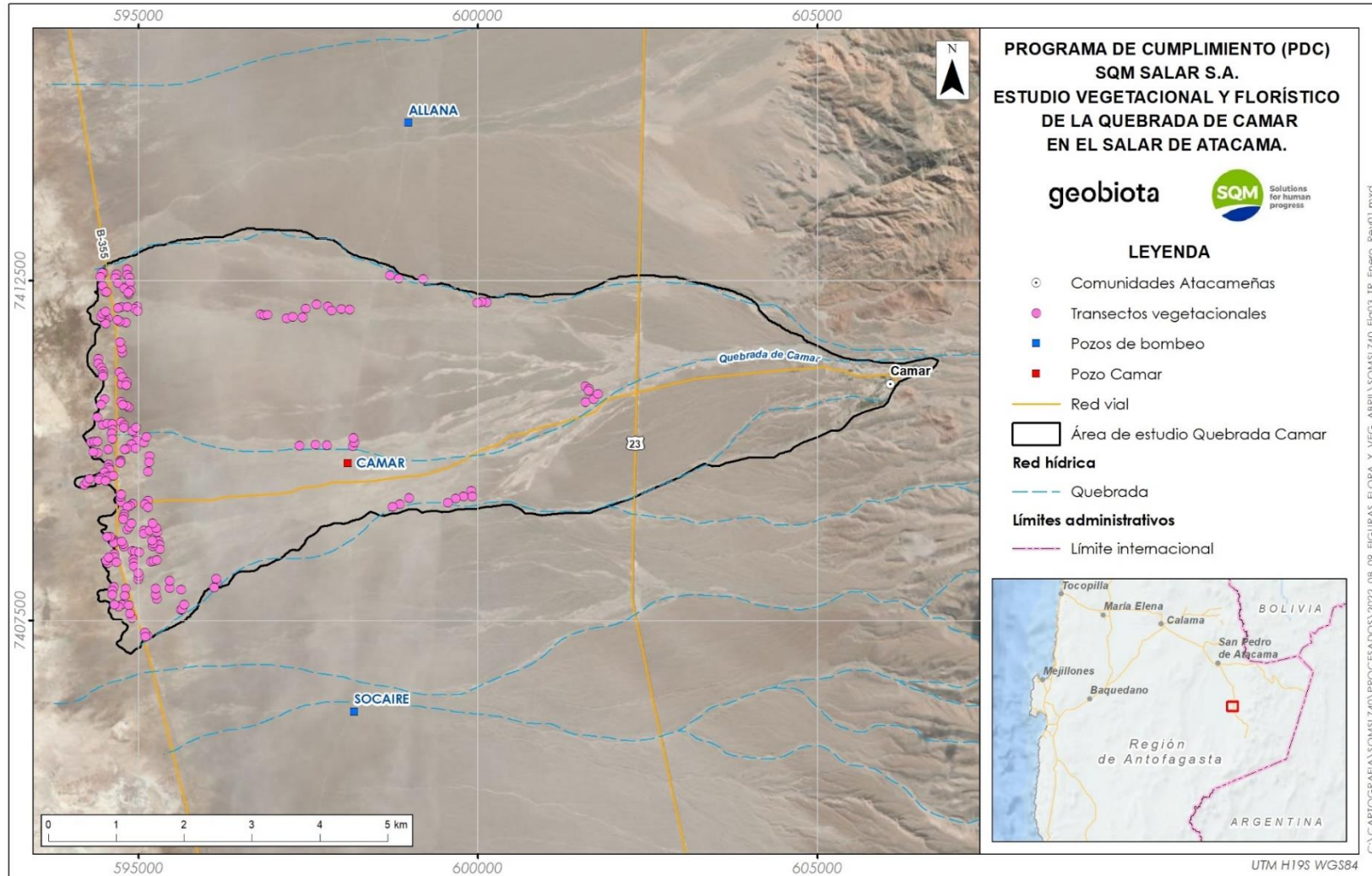
Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Norte	Este		Este	Norte
P-016 T1	596.853	7.412.001	P-048 T3	594.449	7.409.986	P-082 T3	595.017	7.408.388
P-016 T2	596.784	7.412.002	P-050 T1	594.558	7.409.720	P-083 T1	595.159	7.408.360
P-016 T3	596.713	7.411.997	P-050 T2	594.552	7.409.773	P-083 T2	595.155	7.408.402
P-019 T1	597.158	7.411.945	P-050 T3	594.533	7.409.830	P-083 T3	595.158	7.408.443
P-019 T2	597.273	7.411.966	P-051 T1	594.445	7.409.661	P-087 T1	595.424	7.407.962
P-019 T3	597.429	7.411.960	P-051 T2	594.479	7.409.659	P-087 T2	595.459	7.407.978
P-021 T1	597.612	7.412.143	P-051 T3	594.533	7.409.688	P-087 T3	595.499	7.407.985
P-021 T2	597.681	7.412.133	P-052 T1	594.557	7.409.591	P-088 T1	595.624	7.407.493
P-021 T3	597.762	7.412.119	P-052 T2	594.589	7.409.634	P-088 T2	595.634	7.407.646
P-022 T1	597.692	7.410.081	P-052 T3	594.474	7.409.598	P-088 T3	595.665	7.407.701
P-022 T2	597.766	7.410.075	P-054 T1	594.737	7.410.436	P-090 T1	595.214	7.407.845
P-022 T3	597.835	7.410.076	P-054 T2	594.793	7.410.398	P-090 T2	595.202	7.407.884
P-023 T1	594.852	7.412.545	P-054 T3	594.851	7.410.299	P-090 T3	595.189	7.407.928
P-023 T2	594.840	7.412.599	P-056 T1	595.058	7.410.113	P-091 T1	595.016	7.408.087
P-023 T3	594.834	7.412.650	P-056 T2	595.099	7.410.150	P-091 T2	595.007	7.408.132
P-025 T1	594.467	7.412.462	P-056 T3	594.999	7.410.138	P-091 T3	594.981	7.408.174
P-025 T2	594.456	7.412.408	P-057 T1	594.888	7.410.112	P-093 T1	594.598	7.408.434
P-025 T3	594.457	7.412.452	P-057 T2	594.935	7.410.060	P-093 T2	594.605	7.408.393
P-026 T1	594.787	7.412.396	P-057 T3	594.990	7.410.031	P-093 T3	594.618	7.408.352
P-026 T2	594.817	7.412.431	P-058 T1	594.443	7.410.151	P-094 T1	594.488	7.408.314
P-026 T3	594.848	7.412.474	P-058 T2	594.795	7.410.015	P-094 T2	594.515	7.408.355
P-027 T1	594.923	7.412.182	P-058 T3	594.867	7.410.029	P-094 T3	594.514	7.408.393
P-027 T2	594.863	7.412.231	P-060 T1	594.197	7.409.506	P-095 T1	594.595	7.407.918
P-027 T3	594.835	7.412.279	P-060 T2	594.220	7.409.543	P-095 T2	594.590	7.407.958
P-028 T1	594.767	7.412.314	P-060 T3	594.265	7.409.584	P-095 T3	594.577	7.408.000
P-028 T2	594.856	7.412.254	P-061 T1	594.437	7.409.574	P-096 T1	594.827	7.407.876
P-028 T3	594.726	7.412.196	P-061 T2	594.500	7.409.563	P-096 T2	594.817	7.407.923
P-029 T1	594.929	7.412.096	P-061 T3	594.576	7.409.549	P-096 T3	594.799	7.407.956
P-029 T2	594.976	7.412.099	P-064 T1	594.657	7.408.598	P-097 T1	594.750	7.407.775
P-029 T3	595.009	7.412.095	P-064 T2	594.654	7.408.640	P-097 T2	594.746	7.407.740

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-030 T1	594.665	7.412.224	P-064 T3	594.652	7.408.683	P-097 T3	594.751	7.407.708
P-030 T2	594.727	7.412.118	P-065 T1	594.639	7.408.800	P-098 T1	594.838	7.407.567
P-030 T3	594.821	7.412.126	P-065 T2	594.597	7.408.807	P-098 T2	594.840	7.407.521
P-031 T1	594.373	7.411.881	P-065 T3	594.557	7.408.816	P-098 T3	594.834	7.407.477
P-031 T2	594.444	7.411.866	P-067 T1	595.036	7.409.949	P-100 T1	595.102	7.407.285
P-031 T3	594.503	7.411.911	P-067 T2	595.056	7.409.896	P-100 T2	595.107	7.407.260
P-032 T1	594.581	7.412.105	P-067 T3	595.092	7.409.806	P-100 T3	595.037	7.407.275
P-032 T2	594.548	7.412.055	P-068 T1	594.696	7.409.841	P-102 T1	597.998	7.412.088
P-032 T3	594.477	7.412.031	P-068 T2	594.750	7.409.854	P-102 T2	598.066	7.412.070
P-035 T1	594.451	7.411.346	P-068 T3	594.702	7.409.783	P-102 T3	598.138	7.412.068
P-035 T2	594.444	7.411.293	P-069 T1	594.833	7.409.361	P-108 T1	598.952	7.412.562
P-035 T3	594.449	7.411.242	P-069 T2	594.732	7.409.313	P-108 T2	598.882	7.412.582
P-036 T1	594.426	7.411.242	P-069 T3	594.737	7.409.206	P-108 T3	598.815	7.412.604
P-036 T2	594.437	7.411.110	P-070 T1	595.145	7.409.110	--	--	--
P-036 T3	594.488	7.411.074	P-070 T2	595.094	7.409.256	--	--	--
P-037 T1	594.568	7.410.604	P-070 T3	595.067	7.409.338	--	--	--
P-037 T2	594.519	7.410.641	P-071 T1	594.879	7.409.155	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

Figura 4-5. Esfuerzo de muestreo de flora



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-11. Esfuerzo de muestreo por formación vegetacional

Formación vegetacional	Superficie (ha)	Esfuerzo de muestreo	
		Vegetación (N° observaciones)	Flora (N° transectos)
Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	234,15	43	129
Matorral de <i>Tiquilla atacamensis</i>	115,50	9	27
Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i> - <i>Atriplex imbricata</i>	20,10	6	18
Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> - <i>Ephedra multiflora</i>	41,10	7	22
Pradera de <i>Distichlis spicata</i>	0,48	0	0
Bosque de <i>Prosopis sp</i>	9,34		
Total	420,67	65	196
Zona de Vegetación Escasa (ZVE)	3.570,83	9	27
Total	3.991,50	74	223

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.2 Parámetros utilizados para caracterizar variables ambientales

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

Componente	Subcomponente	Variable	Parámetro	Metodologías utilizadas	Límites propuestos <sup>6</sup>	
Biota Terrestre	Plantas	Vegetación de la quebrada de Camar	Cobertura de la vegetación medida como superficie	Carta de Ocupación de Tierras	Tipo vegetacional:	Superficie (ha):
		Afectación antrópica		Descripción visual en terreno	Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> - <i>Ephedra multiflora</i>	21,15 - 40,40
					Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i> - <i>Atriplex imbricata</i>	20,41 - 23,55
					Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	236,77 - 251,94
					Matorral de <i>Tiquilia atacamensis</i>	114,69 -116,03
					Pradera de <i>Distichlis spicata</i>	0,23 - 3,18
					Total vegetación	411,99 - 436,67
		Flora	Abundancia de especies	Transectos lineales	<u>Especie</u>	<u>Cobertura (%)</u>
			Riqueza de especies		<i>Aloysia deserticola</i>	0,28 - 0,90
					<i>Atriplex atacamensis</i>	0,68 - 1,49
					<i>Atriplex imbricata</i>	0,003 - 0,10
					<i>Cistanthe celosioides</i>	0,00 - 0,05
					<i>Distichlis spicata</i>	0,16 - 0,39
					<i>Ephedra multiflora</i>	0,00 - 0,05
					<i>Tarasa operculata</i>	0,00 - 0,07
					<i>Tessaria absinthioides</i>	6,20 - 8,54

<sup>6</sup> Límites basados en intervalos de confianza (IC) construidos en base a los valores medios obtenidos durante este primer periodo de monitoreo (año 2022), con un 95% de confianza y un valor de t = 1,96





### 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>7</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. Trimestralmente, la actualización de la COT se realiza en gabinete, mediante verificación visual, lo que permite rectificar la segmentación en caso de ser necesario. 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)

<sup>7</sup> Aprobado favorablemente por la RCA N° 226/2006 de la Comisión Regional del Medio Ambiente Región de Antofagasta

5 - 10	2	Ralo
10 - 25	3	Muy abierto
25 - 50	4	Abierto
50 - 75	5	Semidenso
>75	6	Denso

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

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
4 - 8 m	--	--	--
2 - 4 m	--	--	--
<2 m	--	--	--

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

**Etapa IV: Procesamiento de datos y clasificación de la vegetación.** Esta etapa permitió sintetizar la información de tipos biológicos, cobertura y altura que caracterizan cada unidad vegetacional descrita en terreno, con el fin de asignarle un nombre. Se contemplan las actividades que a continuación se indican:

- a. Simplificación de la cobertura: para aquellas unidades cartográficas que presentan varias estratas de un mismo tipo biológico se simplificó la información a fin de obtener un solo porcentaje de recubrimiento promedio por tipo. Para ello se utilizaron los valores extremos medidos en terreno.
- b. Análisis de altura: para caracterizar los distintos tipos biológicos segregados, se analizó la información de altura para las distintas estratas de la vegetación
- c. Simplificación y clasificación de las formaciones vegetacionales: sobre la base del recubrimiento como criterio de abundancia se establece la dominancia de cada tipo biológico y sus especies dominantes. 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 4-6.

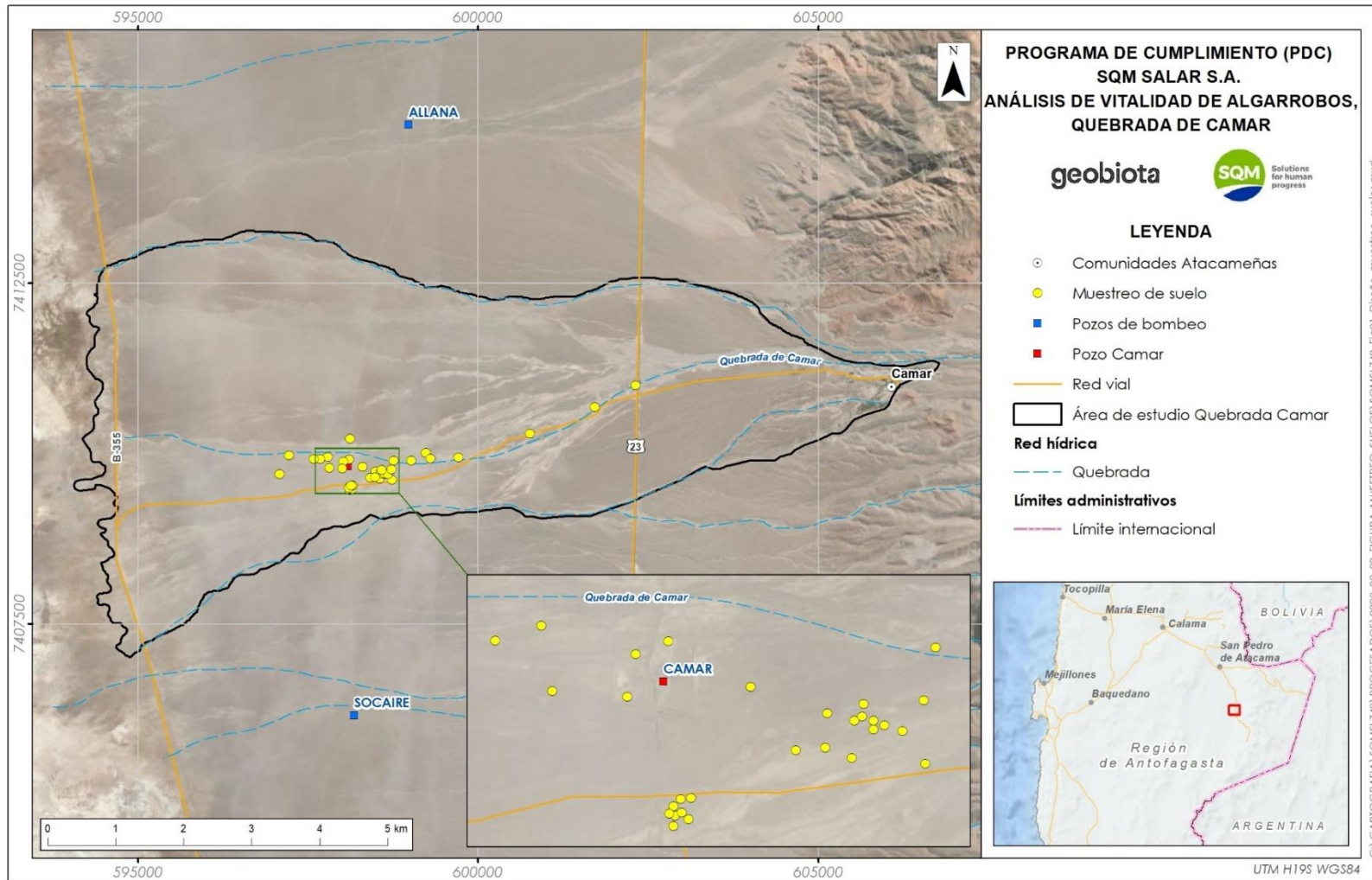
Tabla 4-15. Ubicación de los puntos de monitoreo mensual de contenido de humedad del suelo

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

Fuente: Elaboración propia

Figura 4-6. Esfuerzo de muestreo de suelo, monitoreo mensual de contenido de humedad



Fuente: Elaboración propia

#### 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 4-7).

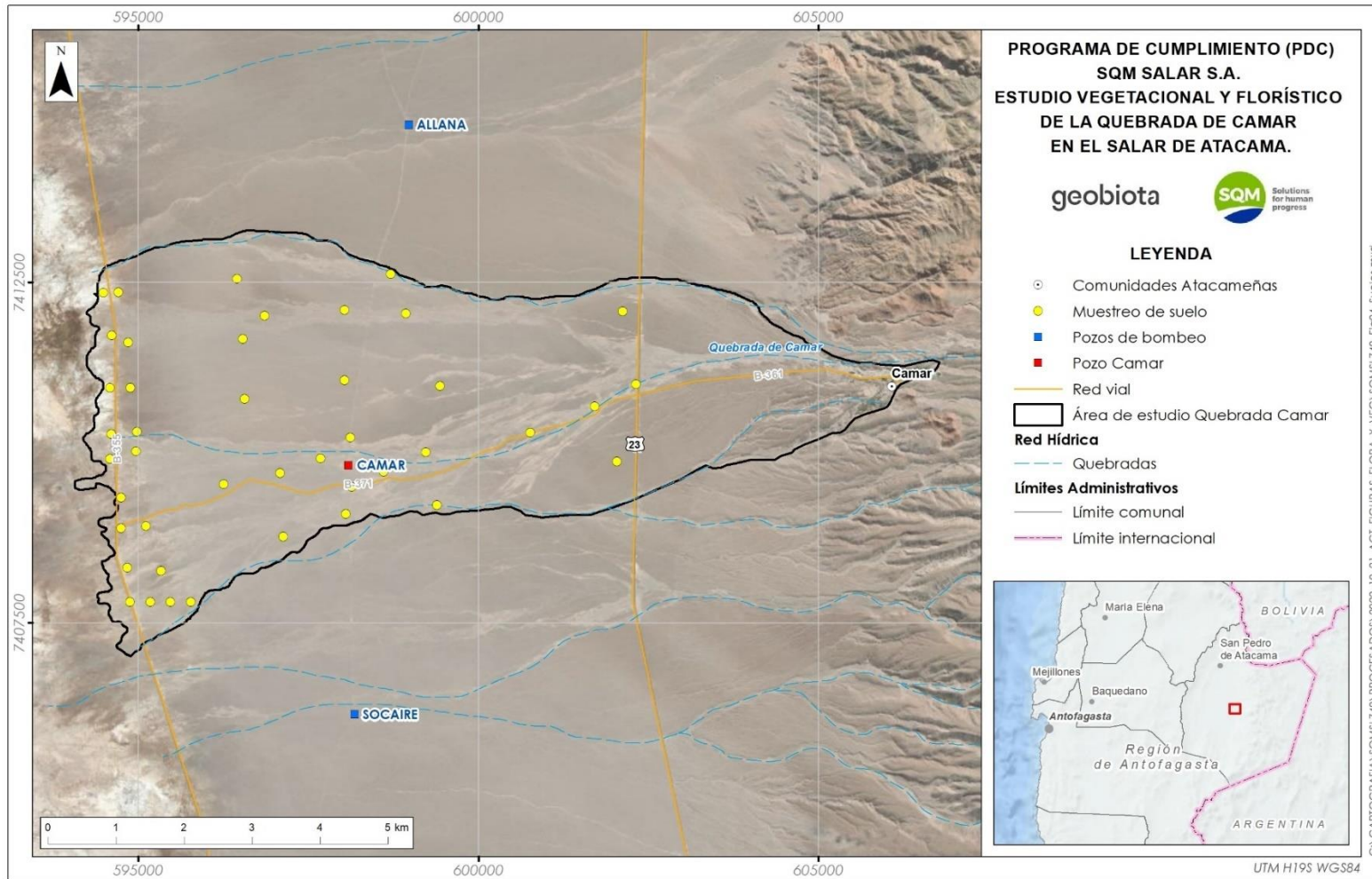
Tabla 4-16. Ubicación de los puntos de monitoreo de suelo de la quebrada de Camar

Punto	Coordenadas UTM (datum WGS84 H19)		Punto	Coordenadas UTM (datum WGS84 H19)		Punto	Coordenadas UTM (datum WGS84 H19)	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
A-10	597.084	7.409.693	CHPCE-10	595.330	7.408.258	CHPCE-25	599.433	7.410.972
A-27	597.676	7.409.910	CHPCE-11	594.838	7.408.302	CHPCE-26	599.390	7.409.226
B-04	600.761	7.410.288	CHPCE-12	594.742	7.409.334	CHPCE-27	602.117	7.412.073
B-15	601.710	7.410.672	CHPCE-13	598.034	7.412.093	CHPCE-28	602.037	7.409.866
B-21	602.313	7.410.998	CHPCE-14	598.709	7.412.622	D-07	599.227	7.410.004
C-41	598.133	7.409.490	CHPCE-15	598.934	7.412.040	D-14	598.603	7.409.715
CHPCE-01	594.609	7.411.718	CHPCE-16	598.050	7.409.090	D-43	598.117	7.410.214
CHPCE-02	594.848	7.411.613	CHPCE-17	597.131	7.408.762	TF-3-01	594.879	7.410.951
CHPCE-03	594.485	7.412.346	CHPCE-18	594.706	7.412.355	TF-3-02	594.579	7.410.951
CHPCE-04	594.981	7.410.302	CHPCE-19	596.253	7.409.530	TF-4-02	595.773	7.407.802
CHPCE-05	594.604	7.410.270	CHPCE-20	596.452	7.412.549	TF-4-03	595.473	7.407.802
CHPCE-06	594.969	7.410.012	CHPCE-21	596.533	7.411.670	TF-4-04	595.173	7.407.801
CHPCE-07	594.580	7.409.901	CHPCE-22	596.857	7.412.007	TF-4-05	594.873	7.407.801
CHPCE-08	595.108	7.408.917	CHPCE-23	598.028	7.411.061			
CHPCE-09	594.743	7.408.885	CHPCE-24	596.559	7.410.783			

Fuente: Elaboración propia



Figura 4-7. Esfuerzo de muestreo de suelo, monitoreo trimestral CHS, pH y CE



Fuente: Elaboración propia

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

Para la evaluación de las variables de suelo, se realizó la toma 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<sup>8</sup> autorizada por la SMA según se acredita en Anexo 7. 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	Límites considerados
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	4,22 – 9,50 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	pH	8,68 – 8,84 unidad pH
Humedad	MLAB-S-01 Rev.8 Based on NCh1515.Of79	%	1,00 – 1,90 %

Fuente: Elaboración propia

#### 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 con un rango de medición hasta 600 PSI (4,2 MPa) y un Porómetro Decagon SC-1 que tiene un entorno operativo de entre 5-40 C° y de 0-90% de humedad relativa (sin condensación) 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.

Tabla 4-18 Materiales y equipos utilizados.

Variable de medición	Estudio	Material/equipo utilizado

<sup>8</sup> Código ETFA N°015 – 01

Vegetación y flora	Caracterización de flora y vegetación	GPS Garmin MAP62 Tablet Galaxy tab A7 lite con aplicación para registro en terreno Cámara fotográfica Huincha de medir
Población objeto estudio Prosopis sp.	Estado vital y sanitario Copa Viva Fenología Intervención antrópica y daño	GPS Garmin MAP62 Tablet Galaxy tab A7 lite con aplicación para registro en terreno Cámara fotográfica
Población objeto estudio Prosopis sp.	Potencial hidrico y conductancia estomática	Cámara de presión tipo Scholander (Presión máxima de funcionamiento 600 PSI /400 BARES) Porómetro Decagon SC-1 (entorno operativo 5-40 C° y 0.90 % humedad relativa sin condensación)
Suelo	CHS - pH - Ce	GPS Cinta métrica Bolsas herméticas Chuzo Pala Etiquetas Guantes Piceta Caja aislante

Fuente: Elaboración propia

## 4.6 Fechas de monitoreo

Las fechas de cada campaña de monitoreo realizada en el marco del Programa de Cumplimiento se detallan en la Tabla 4-19, Tabla 4-20 y Tabla 4-21.

Tabla 4-19. Fechas de monitoreo de algarrobos

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreo algarrobos - julio 2022	26/07/2022 - 28/07/2022
Monitoreo fisiología algarrobos - julio 2022	27/07/2022 - 28/07/2022
Monitoreo algarrobos - agosto 2022	23/08/2022 - 25/08/2022

Monitoreo algarrobos – septiembre 2022	27/09/2022 – 29/09/2022
Monitoreo algarrobos – octubre 2022	25/10/2022 – 27/10/2022
Monitoreo fisiología algarrobos – octubre 2022	26/10/2022 – 27/10/2022
Monitoreo algarrobos – noviembre 2022 <sup>1</sup>	28/11/2022 – 30/11/2022
Monitoreo algarrobos – diciembre 2022	20/12/2022 – 23/12/2022

Fuente: Elaboración propia

<sup>1</sup>Monitoreo de noviembre 2022 fue reprogramado debido al robo de las pertenencias del equipo de profesionales en terreno por lo que sólo pudieron ser monitoreadas las series A, B, C y D, quedando la serie E sin monitorear. Anexo 11, se entrega medio verificador de no ejecución de la campaña a la Serie E.

Tabla 4-20. Fechas de muestreo monitoreo de flora y vegetación

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreo flora y vegetación – julio 2022	26/07/2022 – 29/07/2022
Monitoreo flora y vegetación – octubre 2022	25/10/2022 – 28/10/2022

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-21. Fechas de muestreo de monitoreo de suelo

Campaña	Fecha de monitoreo
Monitoreo trimestral CHS, pH y CE – julio 2022	26/07/2022 – 29/07/2022
Monitoreo mensual CHS – agosto 2022	24/08/2022 – 26/08/2022
Monitoreo mensual CHS – septiembre 2022	27/09/2022 – 29/09/2022
Monitoreo trimestral CHS, pH y CE – octubre 2022	25/10/2022 – 28/10/2022
Monitoreo mensual CHS – noviembre 2022	22/11/2022 – 24/11/2022
Monitoreo mensual CHS – diciembre 2022	27/12/2022 – 29/12/2022

Fuente: Elaboración propia

## 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. En Anexo 10, se presenta el listado de profesionales que realizaron el seguimiento acorde a las metodologías plateadas durante el segundo semestre del 2022.

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

Durante las prospecciones mensuales realizadas entre julio y diciembre de 2022, se han incorporado 5 individuos nuevos al monitoreo, aumentando el universo que en el periodo anterior (enero – junio 2022) era de 420 individuos a 425 individuos en diciembre 2022. De estos, 347 corresponden a algarrobos que se encuentran en pie hasta la fecha y que son monitoreados mensualmente. Además, se ha notificado el desprendimiento de 62 ejemplares (desaparecidos), de los cuales tres (3) fueron desprendidos entre los meses de julio y agosto debido a la remodelación de la plaza del pueblo de Camar y siete (7) fueron desprendidos y/o desaparecidos por intervención antrópica o causas animales. 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 ejemplares nuevos (5) incorporados durante este semestre de monitoreo, 2 fueron encontrados en septiembre 2022 y 3 en diciembre 2022, de estos, tres (3) corresponden a algarrobos ubicados dentro del pueblo de Camar (serie E) y dos (2) a algarrobos que han sido encontrados en el sector de la quebrada ubicado al oeste de la ruta internacional y que se han incorporado a la serie D. La data que respalda estos resultados y los parámetros evaluados por individuo durante el segundo semestre 2022, puede ser revisada en el Anexo 2, del presente informe.

Durante el periodo de noviembre 2022, el monitoreo de la Serie E, correspondiente a los ejemplares dentro del pueblo de Camar, no pudo llevarse a cabo, ya que se reprogramó la campaña de ese mes, debido a que los profesionales encargados de la toma de datos sufrieron el robo de la camioneta la cual contenía todos los implementos y equipos necesarios para una correcta toma de datos en terreno, razón por la cual la campaña fue reprogramada y ajustada acorde a los permisos otorgados por la Comunidad de Camar, por lo que existe una proporción de 46,78% de individuos no registrados. En Anexo 11 se presenta el medio verificador.

Por otra parte, debido a la remodelación de la Plaza al interior de la localidad de Camar, donde se ejecuta el monitoreo de la serie E, tampoco fue factible ingresar durante ese mes. Por tanto, debido a lo anterior, estos individuos a nivel de análisis fueron ingresados como “no registrado” en los periodos, noviembre y diciembre, y las comparaciones de periodos para el periodo de diciembre 2022, en cuanto a la serie E, fueron realizadas con los antecedentes de octubre. Lo que se verá reflejado en las gráficas de los parámetros, como columnas en blanco.

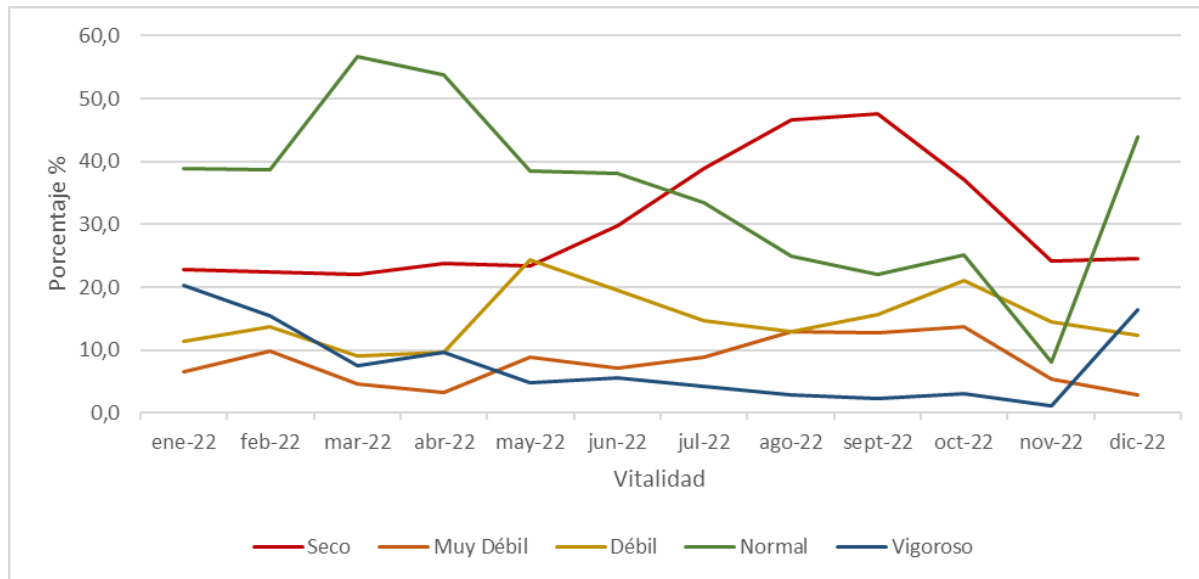
A continuación, se presentan los resultados asociados a la variación mensual que han tenido las variables de vitalidad, porcentaje de copa viva y fenología de la población de algarrobos en la quebrada de Camar. La base datos obtenida en las campañas de monitoreo del segundo semestre del año 2022 se presentan en el Anexo 2 (BDD monitoreo de algarrobos) y Anexo 3 (BDD de vegetación) y Anexo 4 (BDD de Flora).

### 5.1.1 Vitalidad

Con respecto a la vitalidad de los ejemplares de algarrobos, durante el segundo semestre del año 2022 la mayor variación fue dada por la proporción de individuos con vitalidad normal y secos. A partir de la Figura 5-1, se observa un aumento en la proporción de individuos secos (línea roja) durante los meses del invierno, partiendo en junio con 29,8% y alcanzando un máximo de 47,5% en septiembre con el fin de la estación. En

octubre se registró la primera disminución en la proporción de individuos secos, presentando un 10,5% menos que el mes anterior. En consecuencia, a partir del mismo mes comenzó a aumentar la proporción de los individuos con vitalidad normal (línea verde) y vigorosa (línea azul), luego de haber registrado una fuerte disminución durante los meses del invierno, alcanzando el valor más bajo durante el mes de septiembre (21,94%). Finalmente, es posible observar que los valores registrados en diciembre 2022 se asemejan a lo registrado en enero de 2022, indicando que la vitalidad de los individuos se encuentra dentro de los rangos normales.

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



Fuente: Elaboración propia

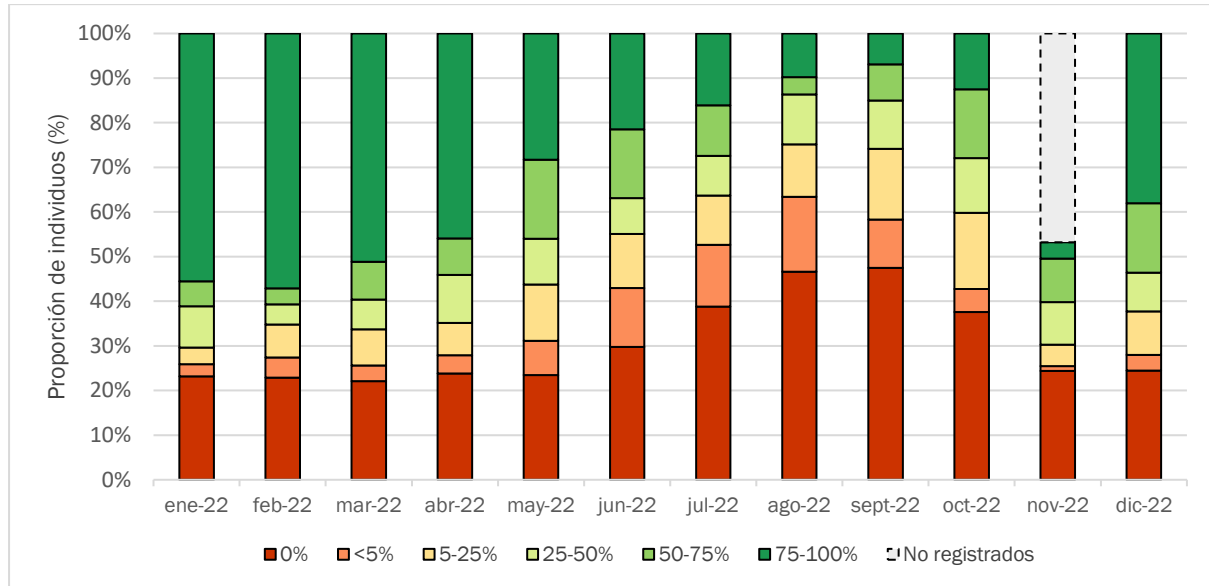
### 5.1.2 Copa viva

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 durante el segundo semestre del 2022 la proporción de individuos que poseen entre un 75 - 100% de follaje verde disminuyó durante los meses de la estación de invierno, comenzando julio con 16,07% y llegando a 6,94% en septiembre, la proporción más baja del año 2022. A partir de octubre, se observa el comienzo de la fase de crecimiento vegetativo y, en consecuencia, se observa un leve aumento en el porcentaje de copa viva de los individuos (aumento de 7,33% y 5,59% en las categorías de mayor porcentaje de copa viva “50 - 75%” y “75 - 100%” respectivamente).

Consecuente con lo anterior, la proporción de individuos con 0% de copa viva aumentó durante los meses de invierno, lo que a registrándose alrededor de 47% de individuos en esta categoría en los meses agosto y septiembre. Al igual que el resto de las variables, se observa una mejoría a partir del mes de octubre, disminuyendo la proporción de individuos con 0% de copa viva en un 9,89% con respecto a septiembre. En diciembre, ya es posible observar que la proporción de individuos de esta categoría se acerca a los valores registrados en enero del mismo año (23,15% en enero 2022 vs 24,50% en diciembre 2022). En efecto, la proporción

de individuos pertenecientes a las categorías de mayor porcentaje de copa viva (“50 – 75%” y “75 – 100%”) al término de este periodo de monitoreo fue de 53,60%, lo que corresponde a un 16,69% más que lo reportado al término del periodo anterior (junio 2022).

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

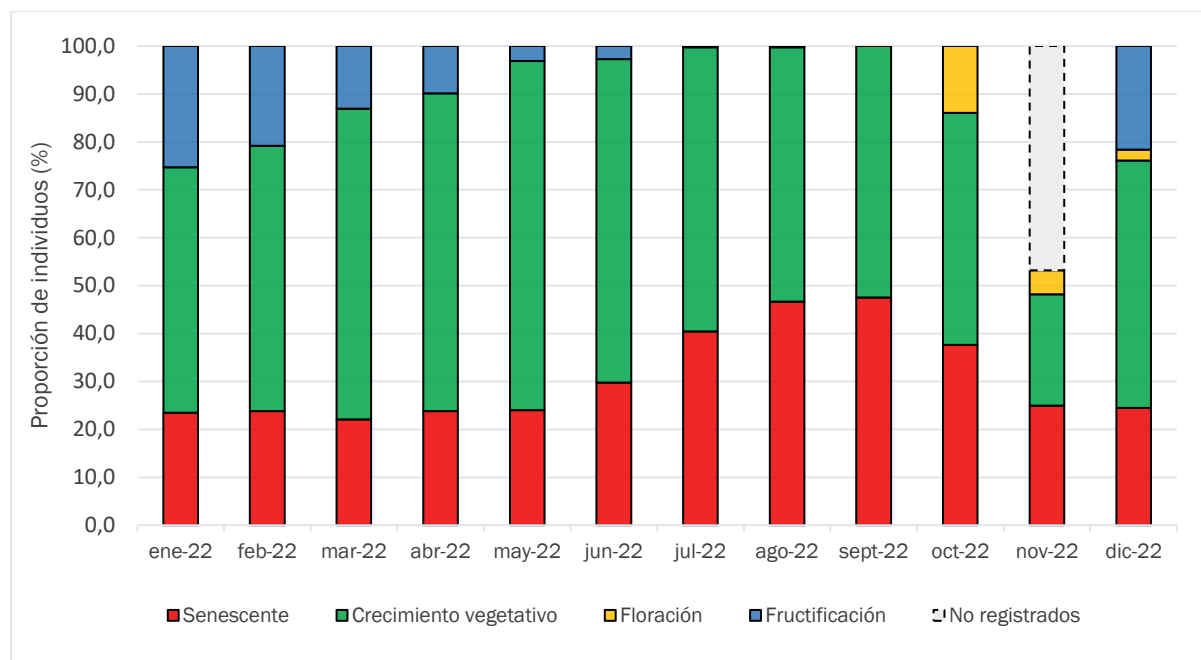


Fuente: Elaboración propia

### 5.1.3 Fenología

Los resultados del monitoreo mensual de fenología del segundo semestre del año 2022 se resumen en la Figura 5-3. A partir de los datos obtenidos se observa que durante los meses de julio y septiembre la proporción de individuos en estado senescente (línea roja) se ve aumentada, pasando de 29,75% en junio a 47,50% en septiembre, asociado a los procesos de senescencia foliar durante el invierno. Al mismo tiempo, la proporción de individuos en crecimiento vegetativo es menor durante esos meses, pasando de 67,49% en junio a 52,50% en septiembre. Durante este periodo de monitoreo se presentaron procesos de floración y fructificación a partir del mes de octubre, con un 13,96% de individuos con flores. Se espera que el máximo desarrollo de flores se haya producido en noviembre debido a que la proporción de individuos con frutos en diciembre (21,61%) fue mayor a la proporción de individuos con flores en octubre, sin embargo, debido a la interrupción de la campaña de noviembre no fue posible registrar la totalidad de individuos en flor. En diciembre se registraron los primeros individuos en fructificación pudiendo encontrar flores y frutos verdes en un mismo individuo (Figura 5-4).

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



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-4. Estructuras reproductivas en individuos de *Prosopis sp.* registradas en el mes de diciembre.



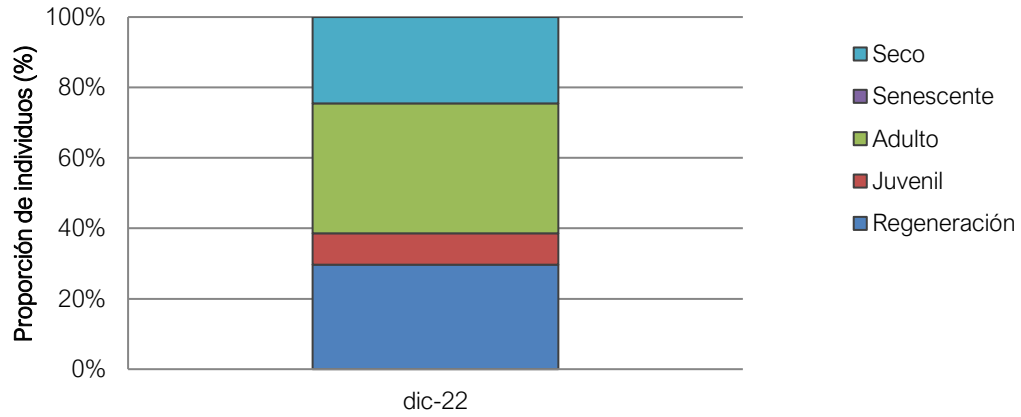
Fuente: Individuo correspondiente a serie E, dentro del pueblo de Camar, registros fotográficos obtenidos en campaña de terreno diciembre 2022

### 5.1.4 Etapa de crecimiento

Con respecto a la etapa de crecimiento, al término de este periodo de monitoreo (diciembre 2022) existen 262 individuos (75,5%) en alguna etapa de crecimiento. De estos, 103 corresponden a individuos en etapa de regeneración, 31 en etapa juvenil, 128 en etapa adulta y 0 en etapa de senescencia, lo que en proporción de individuos corresponde al 29,68%, 8,93%, 36,89% y 0%, respectivamente (Figura 5-5).



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

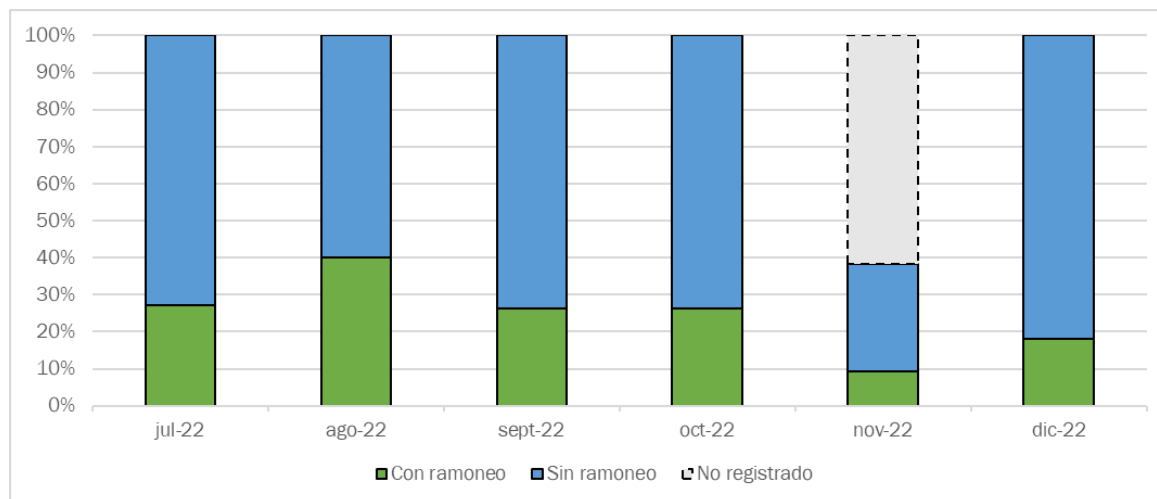


Fuente: Elaboración propia

### 5.1.5 Afectación animal y antrópica

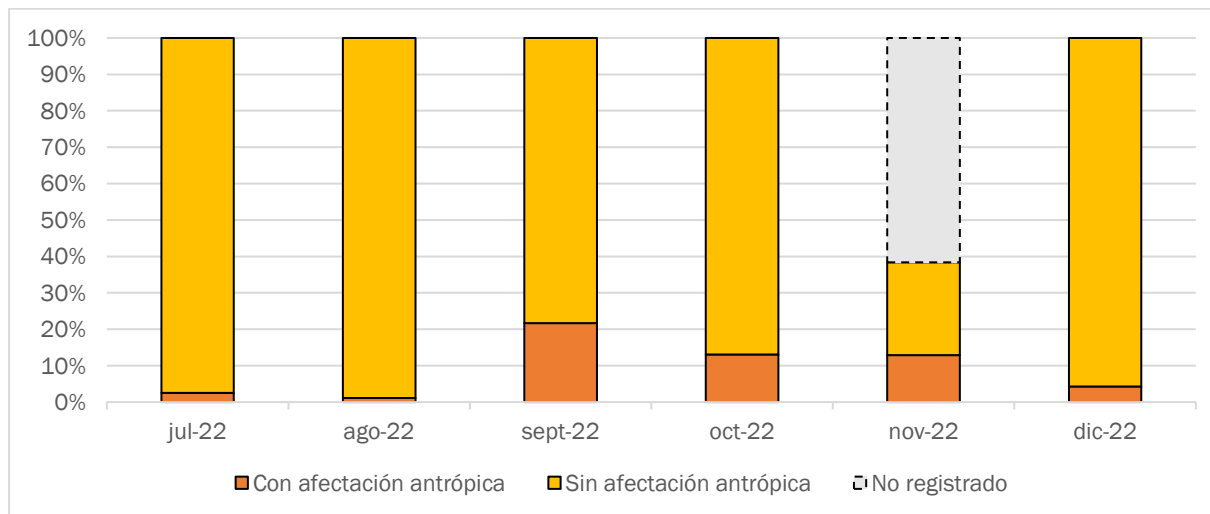
Con respecto a la afectación animal y antrópica que presentan los individuos de la población de algarrobos presente en la quebrada de Camar, los resultados se presentan en la Figura 5-6 y Figura 5-7 expresados como la proporción de individuos que presentó signos recientes de afectación animal (ramoneo) 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 diciembre y noviembre (18,05% y 9,23%, respectivamente), sin embargo, se debe considerar que, durante el mes de noviembre, sólo pudieron ser analizados un 38,38% (104 individuos) del total de la muestra (271), ya que no se consideró la serie E (167 individuos) debido a la reprogramación de la campaña. Lo que se puede evidenciar en la gráfica, Figura 5-6. El mes que registró la mayor proporción de individuos con signos de ramoneo reciente corresponde al mes de agosto con 40,06% (145 individuos) de una muestra total de 362 analizados.

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


Fuente: Elaboración propia

Por su parte, la afectación antrópica presente en la población es bastante menor a la afectación animal, alcanzando un máximo de 21,67% de individuos con presencia de signos de afectación antrópica en el mes de septiembre 2022, los que corresponderían mayoritariamente a individuos de la serie E que se desarrollan dentro del pueblo, por lo que el tipo de afectación corresponde principalmente a individuos podados dentro de las plazas.

 Figura 5-7. Proporción de individuos de *Prosopis sp.* con presencia de signos de intervención antrópica


Fuente: Elaboración propia

### 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 julio y diciembre de 2022. En julio, la población objetivo de algarrobos medida alcanzó valores de potencial hídrico pre alba entre  $<-4,20$  y  $-2,50$  MPa, obteniendo un valor promedio de  $-3,48$  MPa, con un error estándar de  $0,34$ . Mientras que en octubre, esta misma muestra alcanzó valores menos negativos entre  $-4,1$  y  $-1,8$  MPa, con un promedio de  $-2,40$  MPa y un error estándar de  $0,22$ . Con respecto a los valores medidos en mediodía, en el mes de julio los valores de potencial se encuentran entre  $<-4,20$  y  $-3,0$  MPa, con un valor promedio de  $-3,93$  MPa y un error estándar de  $0,31$ . Mientras que en octubre, los valores registrados se encuentran entre  $<-4,20$  y  $-2,2$ , con un valor promedio de  $-3,22$  MPa y un error estándar de  $0,25$ .

Por otra parte, la muestra de individuos testigo ubicados en condiciones hídricas más favorables alcanzó valores de potencial medidos en pre-alba entre  $-4,20$  y  $-3,45$  MPa, obteniendo un valor promedio de  $-3,74$  MPa con un error estándar de  $0,18$ , en el mes de julio. Por su parte, en el mes de octubre, los valores pre-alba se encontraron entre  $-2,3$  y  $-1,8$  MPa, con un valor promedio de  $-1,98$  MPa y un error estándar de  $0,12$ . Al mediodía, los valores alcanzados de la muestra testigo en julio y octubre fue de entre  $-2,3$  y  $-1,8$  MPa y de  $-2,65$  y  $-1,95$  MPa, con valores promedio de  $-3,96$  y  $2,24$  respectivamente.

Los valores obtenidos en las mediciones de terreno son comparables a los señalados en la literatura especializada en plantas del desierto, a saber;  $-3$  MPa en *Prosopis tamarugo* (Garrido y Acevedo 2016);  $-4,0$  MPa en el desierto de Utah (Hecke, 2000; Jacobsen, 2007);  $-9,5$  MPa en especies del Chaparral (Jacobsen, 2007);  $-5,5$  MPa en el desierto de Mohave (Mahall, 2017);  $-4$ MPa en Fray Jorge (Muñoz et al, 2008). ). Los resultados del estudio, así como también el análisis de los datos, se adjuntan en el Anexo 6).

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

Árbol		Julio		Octubre 2022	
		$\Psi_{pa}$ (MPa)	$\Psi_{md}$ (MPa)	$\Psi_{pa}$ (MPa)	$\Psi_{md}$ (MPa)
A04	Objetivo	-3,40	$<-4,20$	-2,80	-2,20
A07		-3,15	-3,90	-1,95	-2,35
A08		-	-	-1,80	$<-4,20$
A11		-2,95	$<-4,20$	-2,10	-2,40
A36		-2,50	$<-4,20$	-2,05	-2,75
A37		-3,20	-3,30	-2,05	-2,80
A38		-3,50	$<-4,20$	-4,10	$<-4,20$
A40		-3,20	-3,50	-2,05	-2,65
A41		-4,20	$<-4,20$	-3,20	$<-4,20$
A43		$<-4,20$	$<-4,20$	-1,80	$<-4,20$
A44		-3,10	-3,00	-1,95	-2,75

A47		-2,85	-3,60	-2,15	-2,45
A58		<-4,20	<-4,20	-2,00	-3,00
A12		-4,10	<-4,20	-3,00	<-4,20
A21		-	<-4,20	-4,00	-3,80
A22		<-4,20	<-4,20	-	-
A30		-	-	-1,80	-3,80
A33		-3,40	-3,60	-2,05	-2,80
B11	Testigo	-3,85	-4,15	-2,30	-2,65
B17		-3,45	-3,75	-1,80	-2,15
B20		-4,20	-4,20	-1,80	-1,95
B21		-3,45	-3,75	-2,00	-2,20

- (-) No se pudo obtener ramillas de medición en individuo.

<-4,20 – valor menor a 4,20 Megapascales (unidad métrica)

Con respecto a la conductancia estomática, los resultados se presentan en la Tabla 5-2. En julio, los Algarrobos de la muestra objetivo alcanzaron valores de conductancia entre 82,8 y 197,0  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , obteniendo un valor promedio de 135,6  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , con un error estándar de 16,0. Los árboles testigo, presentaron valores de conductancia entre 141,6 y 193,8  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , obteniendo un valor promedio de 171,7  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , con un error estándar de 13,1.

En octubre, por su parte, los Algarrobos de la muestra objetivo alcanzaron valores de conductancia entre 93,6 y 183,3  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , obteniendo un valor promedio de 134,6  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , con un error estándar de 13,1. Uno de los mecanismos de las plantas al estrés hídrico, es por ejemplo el cierre de las estomas (Taiz y Zeiger, 2006). Los árboles testigo alcanzaron valores de conductancia entre 119,0 y 193,5  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , obteniendo un valor promedio de 165,0  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , mayor a lo reportado en la muestra objetivo y con un error estándar de 16,0.

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

Muestra	Árbol	Julio 2022	Octubre
		gs ( $\text{mmol/m}^2 \text{s}^{-1}$ )	gs ( $\text{mmol/m}^2 \text{s}^{-1}$ )
Objetivo	A04	132,7	97,4
	A07	197,0	159,5
	A08	-	93,6
	A11	122,4	150,5
	A36	82,8	128,8
	A37	119,7	118,5
	A38	177,8	-
	A40	143,7	120,1

	A41	-	124,3
	A43	144,8	147,4
	A44	134,8	183,7
	A47	144,5	129,8
	A58	131,0	131,3
	A12	-	-
	A21	145,3	139,0
	A22	-	-
	A30	-	144,1
	A33	86,9	151,9
Testigo	B11	157,8	119,0
	B17	193,5	193,5
	B20	141,6	183,1
	B21	193,8	164,4

- Individuos no pudieron ser medidos por falta de hojas

### Análisis estadístico

El análisis estadístico entre ambas muestras (objeto de estudio serie A y control serie B) indica que para el mes de julio no presentaron diferencias significativas de potencial hídrico entre los árboles objetivo y los árboles testigos, ubicados en condiciones hídricas más favorables. Con respecto a la conductancia estomática, tampoco se encontraron diferencias significativas,

En octubre, se presentaron diferencias significativas en cuanto al potencial hídrico medido al mediodía (valor-p = 0,0006) y a la conductancia estomática (valor-p = 0,0473), 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 2022	-2,68	-2,68	0,9767	No
Mediodía		-3,45	-3,44	0,6080	No
Pre alba	Abril 2022	-2,74	-2,70	0,8926	No
Mediodía		-3,60	-3,21	0,0833	No
Pre alba	Julio 2022	-3,48	-3,74	0,2926	No
Mediodía		-3,93	-3,96	0,6047	No
Pre alba	Octubre 2022	-2,40	-1,98	0,2218	No

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		
Mediodía		-3,22	-2,24	0,0006	Sí

Fuente: Informe Fisiología U Chile 2022

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 2022	230,90	231,00	0,9968	No
Abril 2022	172,50	215,30	0,0299	Sí
Julio 2022	135,64	171,66	0,0535	No
Octubre 2022	134,64	164,99	0,0473	Sí

Fuente: Informe Fisiología U Chile 2022

## 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 420,67 ha (10,40%) están ocupadas por vegetación y 3.623,37 ha (89,60%) 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 reportadas a lo largo del periodo de monitoreo 2022.

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

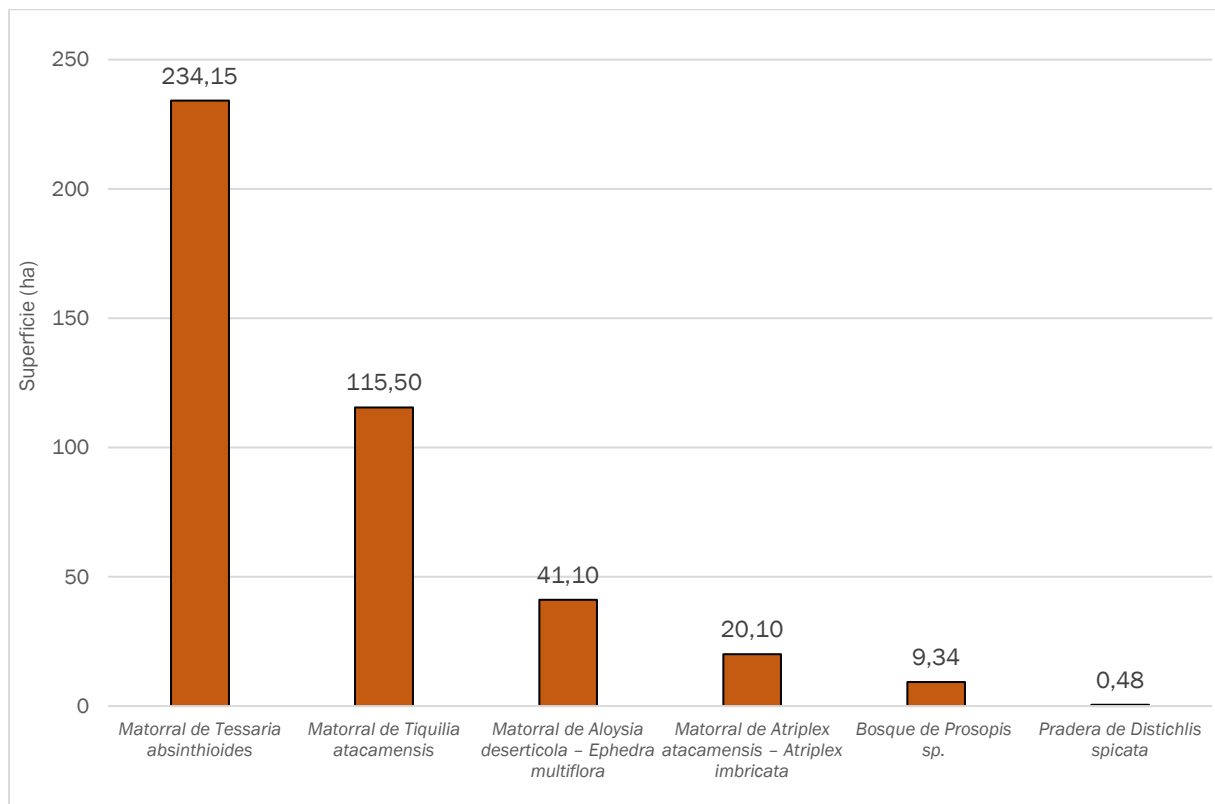
Formación vegetal	Cobertura	Enero 2022		Abril 2022		Julio 2022		Octubre 2022	
		Superficie (ha)	Porcentaje (%)	Superficie (ha)	Porcentaje (%)	Superficie (ha)	Porcentaje (%)	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> - <i>Ephedra multiflora</i>	Rala	2,02	0,05%	7,17	0,18%	2,02	0,05%	5,26	0,13%
	Muy abierta	16,83	0,42%	30,03	0,74%	35,84	0,89%	35,84	
<b>Total</b>		<b>18,85</b>	<b>0,47</b>	<b>37,20</b>	<b>0,92</b>	<b>37,86</b>	<b>0,94</b>	<b>41,10</b>	<b>1,01%</b>
Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i> - <i>Atriplex imbricata</i>	Rala	8,57	0,21%	9,99	0,25%	12,3	0,30%	9,99	0,25%
	Muy abierta	15,08	0,37%	10,11	0,25%	10,11	0,25%	10,11	
<b>Total</b>		<b>23,65</b>	<b>0,58</b>	<b>20,10</b>	<b>0,50</b>	<b>22,41</b>	<b>0,55</b>	<b>20,10</b>	<b>0,50%</b>
Matorral de <i>Tessaria ab-sinthioides</i>	Rala	97,84	2,42%	99,51	2,46%	71,96	1,78%	66,27	1,64%
	Muy abierta	110,93	2,74%	98,1	2,43%	124,14	3,07%	138,14	3,42%
	Abierta	38,06	0,94%	50,38	1,25%	55,33	1,37%	28,93	0,72%
	Semidensa	2,08	0,05%	0,81	0,02%	2,1	0,05%	0,81	0,02%
	Densa	0,17	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0,00	
<b>Total</b>		<b>249,08</b>	<b>6,16</b>	<b>248,90</b>	<b>6,15</b>	<b>252,53</b>	<b>6,27</b>	<b>234,15</b>	<b>5,79%</b>
Matorral de <i>Tiquilia atacamensis</i>	Rala	61,14	1,51%	68,99	1,71%	59,22	1,46%	77,51	1,92%
	Muy abierta	54,98	1,36%	48,35	1,20%	53,99	1,34%	37,82	0,94%
	Abierta	1,58	0,04%	0,17	<0,01%	0,17	<0,01%	0,17	
<b>Total</b>		<b>117,70</b>	<b>2,91</b>	<b>117,51</b>	<b>2,91</b>	<b>113,38</b>	<b>2,80</b>	<b>115,50</b>	<b>2,86%</b>
Bosque de <i>Prosopis</i> sp (Algarrobo)	-	8,88	0,22%	9,34	0,23%	9,34	0,23%	9,34	

<b>Total</b>		<b>8,88</b>	<b>0,22%</b>	<b>9,34</b>	<b>0,23%</b>	<b>9,34</b>	<b>0,23%</b>	<b>9,34</b>	<b>0,23%</b>
Pradera de <i>Distichlis spicata</i>	Rala	0,24	0,01%	0,24	0,01%	0,24	0,01%	0,24	0,01%
	Muy abierta	0,24	0,01%	3,31	0,08%	3,31	0,08%	0,24	
<b>Total</b>		<b>0,48</b>	<b>0,02</b>	<b>3,55</b>	<b>0,09</b>	<b>3,55</b>	<b>0,09</b>	<b>0,48</b>	<b>0,01%</b>
Zona agrícola	-	7,40	0,18%	7,32	0,18%	7,32	0,18%	7,32	0,18%
Zona de vegetación escasa	-	3.612,89	89,34%	3.554,91	87,90%	3.551,43	87,82%	3.570,83	88,30%
Zona poblada	-	5,13	0,13%	5,13	0,13%	5,13	0,13%	5,13	0,13%
Áreas intervenidas	-	-	-	8,51	0,21%	8,51	0,21%	8,51	0,21%
Tranque	-	-	-	0,24	0,01%	0,24	0,01%	0,24	0,01%
Red vial	-	-	-	31,34	0,77%	31,34	0,77%	31,34	
<b>Total otras superficies</b>		<b>3.624,42</b>	<b>89,65</b>	<b>3.607,45</b>	<b>89,20</b>	<b>3.603,97</b>	<b>89,12</b>	<b>3.623,37</b>	<b>89,60</b>
<b>Total general</b>		<b>4.044,05</b>	<b>100,00</b>	<b>3.607,45</b>	<b>89,20</b>	<b>3.603,97</b>	<b>89,12</b>	<b>3.623,37</b>	<b>89,60</b>



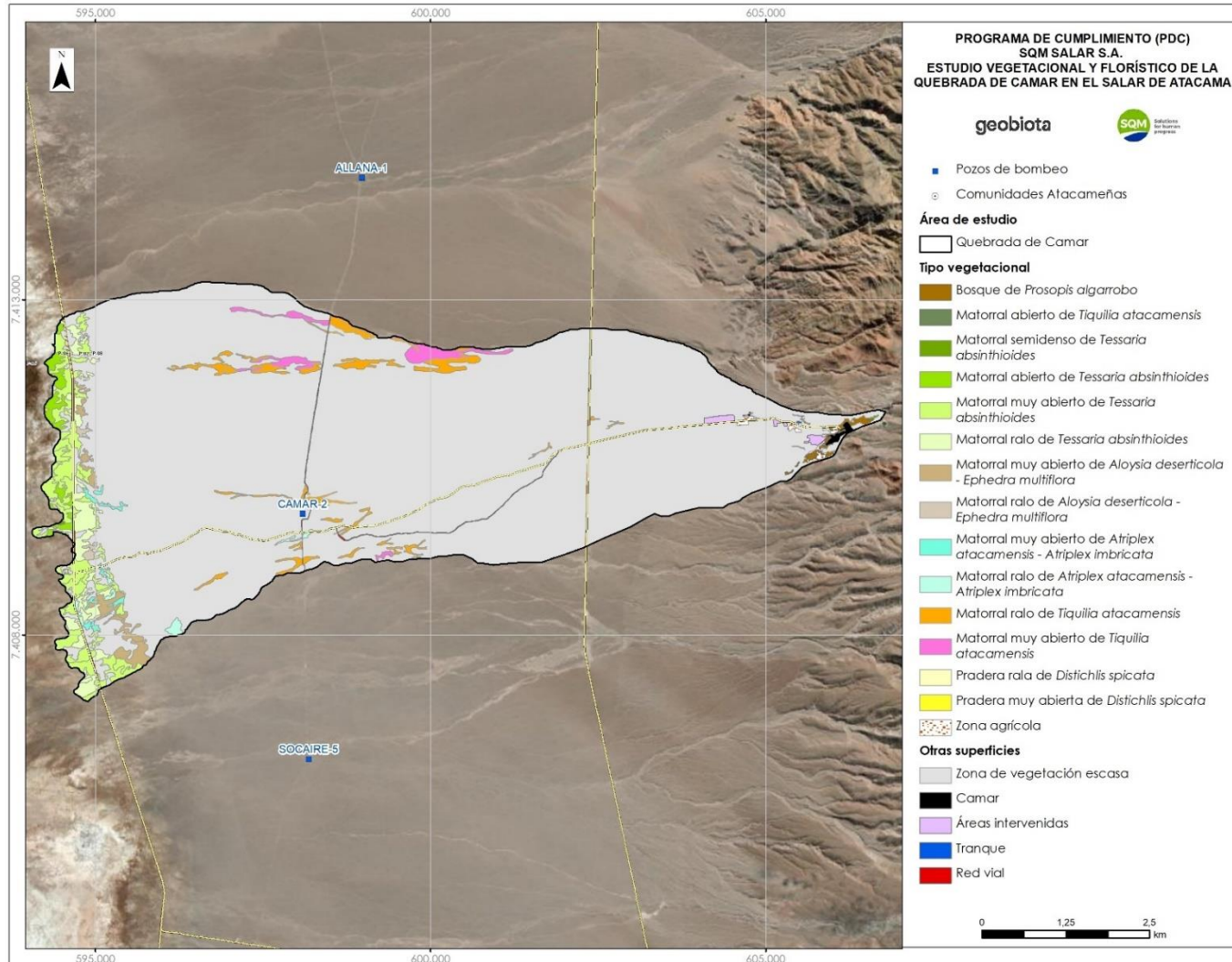
Tal como se observa en la tabla anterior, las formaciones vegetales con mayor superficie dentro de la quebrada corresponden a los matorrales con 410,85 ha, lo que representa el 10,16% de la superficie total de la quebrada. En menor proporción, se encuentran las formaciones boscosas con 9,34 ha (0,23% de la quebrada) y praderas con 0,48 ha (0,01% de la quebrada) (Figura 5-8). La mayor parte de la quebrada corresponde a zonas de vegetación escasa con 3.570,83 (88,30% de la quebrada), cuya cobertura de especies vegetales es menor al 5%. El 1,30% 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. La representación geográfica de estos resultados se ilustra en el mapa de vegetación presentado en la Figura 5-9 el cual se adjunta en Anexo 1.

Figura 5-8. Superficie ocupada por formaciones vegetacionales dentro de la quebrada de Camar (octubre 2022)



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-9. Mapa de vegetación quebrada de Camar, actualizado a octubre 2022



Fuente: Elaboración propia

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 410,85 ha (10,16% 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 234,15 ha, lo que corresponde al 5,79% 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 5-1 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** presenta una imagen descriptiva para este tipo vegetacional.

Figura 5-10. Registro fotográfico del tipo vegetacional Matorral de *Tessaria absinthioides*



Coordenadas UTM 594618E – 7408352N



Coordenadas UTM 595037E – 7407275N

Fuente: Registros fotográficos obtenidos en campaña de terreno octubre 2022

- 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* (Lukupa). Se desarrolla en los sectores medios de la quebrada de Camar, en pequeñas quebradas y sobre suelos arenosos.

La formación ocupa una superficie de 115,50 ha, lo que corresponde al 2,86% del área definida para la quebrada de Camar. La

Figura 5-11. Registro fotográfico del tipo vegetacional Matorral de *Tiquilia atacamensis*



Coordenadas UTM 598822E – 7412582N



Coordenadas UTM 599655E – 7409252N

presenta una imagen descriptiva para este tipo vegetacional.

Figura 5-11. Registro fotográfico del tipo vegetacional Matorral de *Tiquilia atacamensis*



Coordenadas UTM 598822E – 7412582N



Coordenadas UTM 599655E – 7409252N

Fuente: Registros fotográficos obtenidos en campaña de terreno octubre 2022

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

El matorral de *Atriplex atacamensis* – *Atriplex imbricata* (cachiyuyo – ojaral), 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, ojaral; 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. (lukupa).

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 5-12** **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** presenta una imagen descriptiva para este tipo vegetacional.

**Figura 5-12.** Registro fotográfico del tipo vegetacional Matorral de *Atriplex atacamensis* – *Atriplex imbricata*



Coordenadas UTM 594581E – 7412105N



Coordenadas UTM 594581E – 7412105N

Fuente: Registro fotográfico obtenido en campaña de terreno octubre 2022

- 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 41,10 ha, lo que corresponde al 1,02% del área definida para la quebrada de Camar. La **Figura 5-13** **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** presenta una imagen descriptiva para este tipo vegetacional.

Figura 5-13. Registro fotográfico del tipo vegetacional Matorral de *Aloysia deserticola* – *Ephedra multiflora*



Coordenadas UTM 594877E – 7410675N



Coordenadas UTM 594930E – 7410347N

Fuente: Registro fotográfico obtenido en campaña de terreno octubre 2022

### 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 0,48 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 de Camar se presenta con coberturas mayoritariamente ralas (5 – 10%).

Este tipo vegetacional corresponde al menos abundante dentro del área de estudio, con un 0,09% dentro de la quebrada. La Figura 5-14 presenta una imagen descriptiva, para este tipo vegetacional.

Figura 5-14. Registro fotográfico del tipo vegetacional Matorral de *Distichlis spicata*



Coordenadas UTM 594750E - 7407775N



Coordenadas UTM 594451E - 7411346N

Fuente: Registros fotográficos obtenidos en campaña de terreno octubre 2022

### 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 5-15 presenta imágenes descriptivas para este tipo vegetacional, obtenidas del monitoreo de algarrobos realizado durante el mes de octubre 2022.

Figura 5-15. Registro fotográfico del bosque de *Prosopis sp.* (algarrobos).



Fuente: Registros fotográficos obtenidos en campaña de terreno octubre 2022

#### 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 3.570,83 ha (88,30% del total de la quebrada). La **Figura 5-16** presenta una imagen descriptiva para este tipo vegetacional.

**Figura 5-16. Registro fotográfico zona de vegetación escasa**



Coordenadas UTM 594475E - 7412529N



Coordenadas UTM 594852E - 7412545N

*Fuente: Registros fotográficos obtenidos en campaña de terreno octubre 2022*

#### 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 recursos naturales (como la agricultura y ganadería).

- Zona agrícola

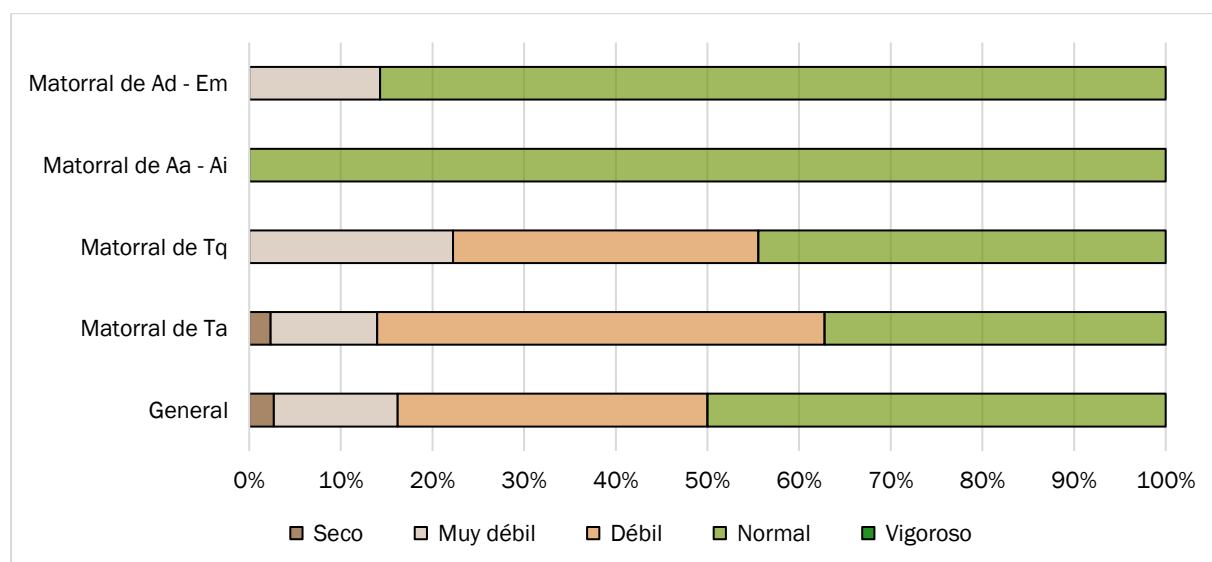
La zona agrícola se ubica en los alrededores del poblado y destaca por la utilización de andenes y terrazas, así como del aprovechamiento de canales de regadío. Posee una superficie de 7,4 ha representado el 0,18% del área determinada para la quebrada de Camar.



## 5.2.2 Vitalidad y estado sanitario

La vitalidad y estado sanitario de la vegetación se comenzó a registrar a partir de octubre 2022, los resultados de estas evaluaciones se muestran en la Figura 5-17 y Tabla 5-6. De los resultados del monitoreo, 32 puntos (49,23% del total) presentaron una vitalidad normal, mientras que 24 puntos se presentaron como débiles (36,92%) y 8 como muy débiles (12,31%). En el detalle, los tipos vegetacionales que poseen una mayor proporción de puntos registrados con vitalidad normal corresponden al Matorral de *Atriplex atacamensis* - *Atriplex imbricata* (100%) y al Matorral de *Aloysia deserticola* - *Ephedra multiflora* (85,71%). Los Matorrales de *Tessaria absinthioides* y de *Tiquilia atacamensis* presentaron categorías variables de vitalidad, predominando aquellas formaciones con características de vitalidad normal y débil. Sólo un (1) punto del monitoreo se registró como seco; correspondiente a un Matorral de *Tessaria absinthioides*, lo que equivale al 1,54% del total de puntos monitoreados.

Figura 5-17. Clasificación de los puntos de monitoreo de la quebrada de Camar en categorías de vitalidad de la vegetación



Fuente: Elaboración propia

Ad = *Aloysia deserticola*; Em = *Ephedra multiflora*; Aa = *Atriplex atacamensis*; Ai = *Atriplex imbricata*; Tq = *Tiquilia atacamensis*; Ta = *Tessaria absinthioides*.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-6. Frecuencia de puntos monitoreados por categoría de vitalidad de la vegetación para el mes de octubre 2022

Vitalidad	General	Matorral de Tessaria absinthioides	Matorral de Tiquilia atacamensis	Matorral de Atriplex atacamensis - Atriplex imbricata	Matorral de Aloysia deserticola - Ephedra multiflora
Seco	1	1	0	0	0

Muy débil	8	5	2	0	1
Débil	24	21	3	0	0
Normal	32	16	4	6	6
Vigoroso	0	0	0	0	0
Total	65 <sup>1</sup>	43	9	6	7

<sup>1</sup>Los puntos clasificados como Zonas de Vegetación escasa (9) no son considerados para el análisis de vitalidad de la vegetación.

### 5.2.3 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.

#### 5.2.3.1 Riqueza florística

Se determina una riqueza total en la quebrada de Camar de 20 especies de flora. En la Tabla 5-7 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 5-7. 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 de la especie, respecto del total de taxas pertenecientes a la clase presentes 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
Total		20	100	5.471	0,36

Fuente: Rodríguez et al., 2018

Las especies identificadas en la quebrada de Camar pertenecen a 10 familias distintas, cuyo detalle se presenta en la Tabla 5-8. 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 5-8. Familias identificadas en la quebrada de Camar**

Familia	N° de especies	Representación en la quebrada
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

Fuente: Rodríguez et al., 2018

### 5.2.3.2 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 5-9. 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 5-9. Especies encontradas en la quebrada de Camar, de acuerdo con su 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

Fuente: Rodríguez et al., 2018

### 5.2.3.3 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 5-10 presenta la distribución de las especies registradas en la quebrada de Camar (Rodríguez et al., 2018).

Tabla 5-10. 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</i> sp.	AYP, TAR, ANT, ATA
<i>Prosopis tamarugo</i>	AYP, TAR, ANT
<i>Solanum chilense</i>	TAR, ANT
<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.

Fuente: Rodríguez et al., 2018

### 5.2.3.4 Hábito de crecimiento

Las especies registradas en la quebrada de Camar *Distichlis spicata*, *Hoffmannseggia doellii*, *Lupinus oreophilus*, *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.

#### 5.2.3.5 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 sin interferir en la dinámica de la especie y no a través de los transectos establecidos en la metodología de muestreo.

#### 5.2.3.6 Cobertura de especies o taxa

Durante el presente periodo de monitoreo (julio y octubre 2022), nueve (9) de las 20 especies identificadas en la quebrada de Camar fueron registradas en los transectos de terreno, mientras que el resto (11 especies), fueron registradas a través de colectas libres (fuera de los transectos). De estas, nueve fueron registradas en julio, mientras que octubre sólo se registraron siete (7). En la Tabla 5-11 se muestra la abundancia en términos de cobertura (%) de cada especie dentro del tipo vegetacional en el que se desarrollan para los monitoreos efectuados durante los periodos de monitoreos en el año 2022.

A modo general, 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 5-11. Análisis de la cobertura de las especies muestreadas a través de transectos de terreno

Especie	Cobertura (%)			
	Enero 2022	Abril 2022	Julio 2022	Octubre 2022
<i>Adesmia atacamensis</i>	-	-	<0,01	-
<i>Aloysia deserticola</i>	0,74	0,72	0,90	0,38
<i>Atriplex atacamensis</i>	1,37	1,44	1,73	0,78
<i>Atriplex imbricata</i>	0,15	0,12	0,09	0,03
<i>Cistanthe celosioides</i>	0,15	0,06	0,01	0,02
<i>Distichlis spicata</i>	0,30	0,60	0,41	0,22
<i>Ephedra multiflora</i>	0,27	0,05	0,06	-
<i>Phragmites australis</i>	0,01	-	-	-
<i>Tessaria absinthioides</i>	8,00	10,99	7,22	7,15

Tabla 5-11. Análisis de la cobertura de las especies muestreadas a través de transectos de terreno

Especie	Cobertura (%)			
	Enero 2022	Abril 2022	Julio 2022	Octubre 2022
<i>Tiquillia atacamensis</i>	3,22	2,01	1,34	0,92

(-) indica que la especie no fue registrada mediante los transectos de terreno en ese mes

## 5.2.4 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 53,33% de ellas, mientras que en el 46,67% de ellas no se observaron signos, por lo que no tendrían intervención aparente (Figura 5-19).

Dentro de los polígonos intervenidos, destaca la presencia de huellas vehiculares, las que se presentan en el 87,5% de estos. El resto de las intervenciones presentes se dividen en la presencia de obras (7,5%) y basura (5,0%) (Figura 5-18; *Error! No se encuentra el origen de la referencia.*).

Figura 5-18. Registros fotográficos de presencia de basura y huellas informales de camioneta en el área de estudio



No se registraron coordenadas

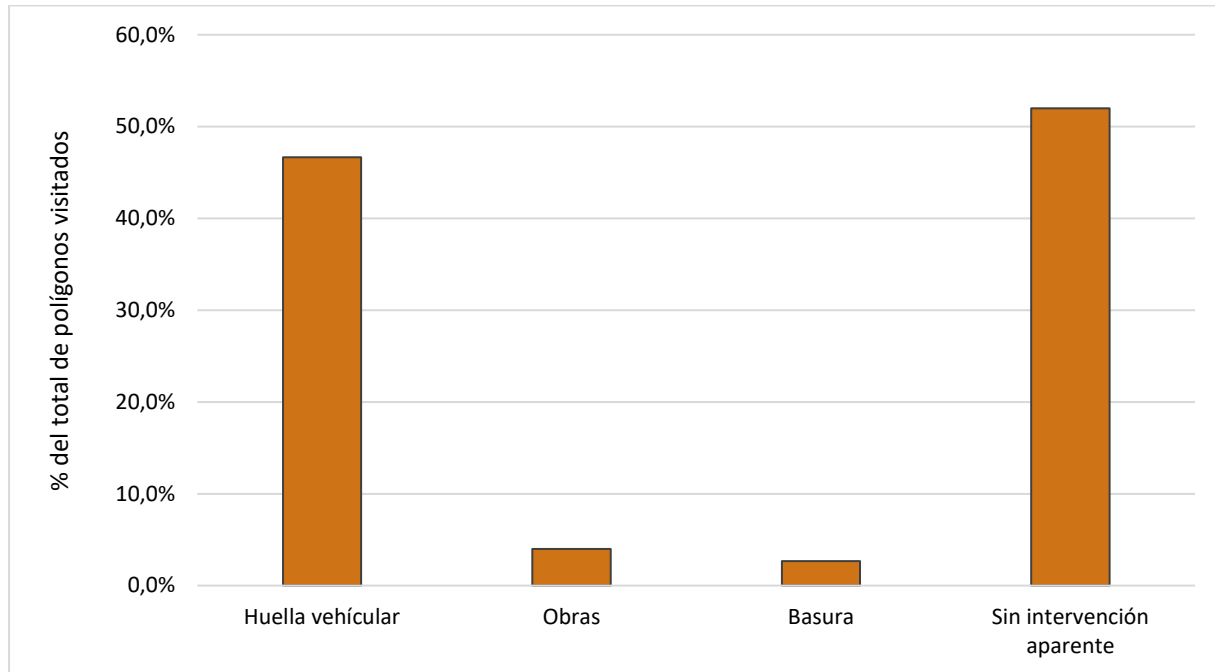


No se registraron coordenadas

Fuente: Registros fotográficos obtenidos en campaña de terreno octubre 2022

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 sp* ubicados en las proximidades de la ruta internacional.

Figura 5-19. Tipos de intervención antrópica presente en la quebrada de Camar, monitoreo segundo semestre 2022



Fuente: Elaboración propia

## 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, durante este periodo de monitoreo los resultados del CHS dentro de la quebrada de Camar y para todos los meses se caracterizan por ser valores bajos, con promedios mensuales que van desde 0,24% a 0,59%. Los meses que registraron mayores promedios corresponden a diciembre con 0,59%, seguido por septiembre y agosto con 0,45% y 0,44%, respectivamente. Además, en noviembre y diciembre se registraron valores máximos de 5,03% y 5,62%. Por su parte, en el mes de octubre se registraron los valores más bajos de CHS, con un promedio mensual de 0,24%.

En detalle, los resultados del monitoreo obtenidos en julio de 2022 indican un promedio de  $0,44 \pm 0,16\%$ , presentando valores relativamente homogéneos, con mínimos de 0,23% (A-33) y máximos de 1,14% (A-10) y 0,75% (D-43). En agosto, el valor promedio disminuyó a  $0,35 \pm 0,35\%$ , sin embargo, los valores máximos escapan de la media presentando 2,23% (C-15) y 0,98% (D-43), mientras que el valor mínimo corresponde a 0,11% (C-77). Durante septiembre, el promedio mensual fue de  $0,45 \pm 0,29\%$ , con máximos que se presentaron nuevamente en los puntos A-10 y D-43 con 1,60% y 1,28% de CHS respectivamente. Como se mencionó anteriormente, en octubre fue el mes en que se presentaron los menores valores de CHS con un promedio mensual de  $0,24 \pm 0,14\%$ , el valor máximo fue de 0,69% (A-47) y el mínimo de 0,04% (A-51).



En noviembre, mes en el cual se implementó la Acción 28 de Plan de cumplimiento (implementación de un sistema de riego en algunos individuos de algarrobos), de la cual su ejecución comenzó en diciembre de 2022, el promedio de CHS mensual aumentó a  $0,39 \pm 1,06\%$ , presentando mayor variabilidad que los meses anteriores.

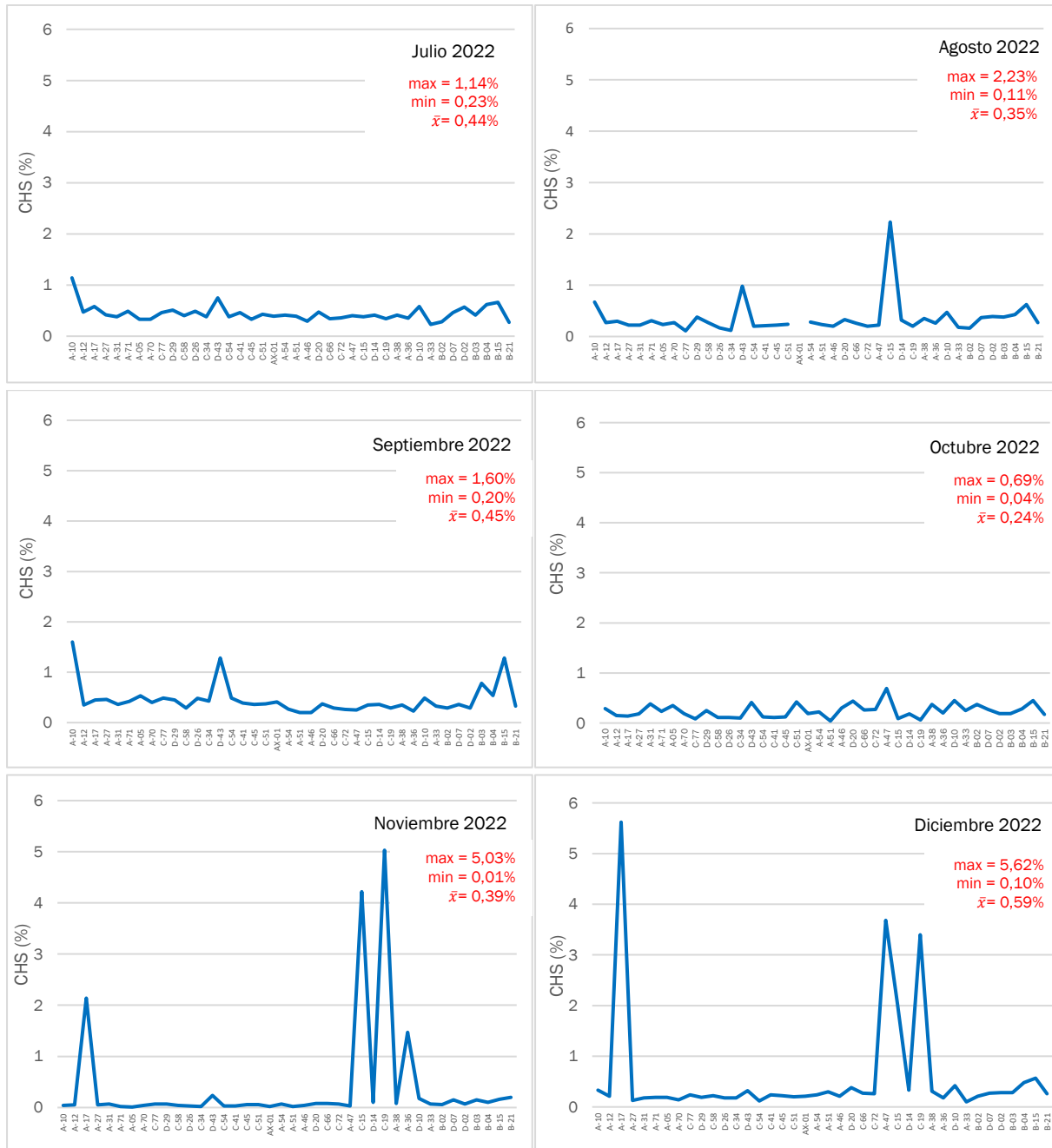
**Tabla 5-12. CHS en individuos con y sin sistema de riego (Sistema de riego incorporado en noviembre de 2022)**

Individuo	Coordenada		Sin instalacion de sistema de riego				Con instalacion de sistema de riego	
	Este	Norte	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
A-12	597.223	7.409.975	0,47	0,27	0,35	0,15	0,05	0,21
A-17	597.603	7.409.916	0,58	0,30	0,45	0,14	2,14	5,62
A-31	597.792	7.409.953	0,38	0,22	0,36	0,38	0,07	0,18
A-33	598.759	7.409.902	0,23	0,18	0,33	0,25	0,07	0,1
A-36	598.732	7.409.766	0,35	0,26	0,23	0,37	0,08	0,31
A-38	598.677	7.409.695	0,41	0,35	0,35	0,37	0,08	0,31
A-46	598.492	7.409.741	0,20	0,20	0,30	0,3	0,04	0,21
A-47	598.581	7.409.758	0,22	0,25	0,69	0,69	0,03	3,68
C-15	598.603	7.409.693	0,38	2,23	0,35	0,09	4,22	2,04
C-19	598.630	7.409.704	0,34	0,20	0,29	0,06	5,03	3,4

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico de ese mes, se observan cuatro (4) puntos que presentaron valores por sobre la media correspondientes a los puntos C-19 (5,03%), C-15 (4,22%), A-17 (2,14%) y A-36 (1,47%), al mismo tiempo, en noviembre se registraron los valores más bajos de este periodo de monitoreo en los puntos A-05, A-51, C-34, AX-01 y A-71 con CHS de entre 0,01% y 0,02%. Finalmente, en diciembre se registró el promedio mensual más alto del periodo correspondiente a  $0,59 \pm 1,12\%$ . Al observar el gráfico se identifican cuatro (4) puntos que sobresalen con valores de CHS, correspondientes a A-17 (5,62%), A-47 (3,68%), C-19 (3,4%) y C-15 (2,04%), los que coinciden con los puntos de CHS más alto de noviembre. Los resultados de laboratorio se presentan en Anexo 8 y la Base de datos de los parámetros medidos se presentan en Anexo 9.

Figura 5-20. Contenido de humedad gravimétrico del suelo (CHS) medido mensualmente en la quebrada de Camar



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

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5-12 se detallan los individuos a los cuales se les aplicó el sistema de riego y que coinciden con el diseño de muestreo de medición del CHS realizado. Como es de esperar, se observa un aumento del CHS medido en diciembre respecto a los meses anteriores, lo cual además coincide con los datos de la Red Agrometeorológica del INIA<sup>9</sup> la cual registra, para este periodo (julio a diciembre) precipitaciones durante ese mes.

**Tabla 5-12. CHS en individuos con y sin sistema de riego (Sistema de riego incorporado en noviembre de 2022)**

Individuo	Coordenada		Sin instalacion de sistema de riego				Con instalacion de sistema de riego	
	Este	Norte	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
A-12	597.223	7.409.975	0,47	0,27	0,35	0,15	0,05	0,21
A-17	597.603	7.409.916	0,58	0,30	0,45	0,14	2,14	5,62
A-31	597.792	7.409.953	0,38	0,22	0,36	0,38	0,07	0,18
A-33	598.759	7.409.902	0,23	0,18	0,33	0,25	0,07	0,1
A-36	598.732	7.409.766	0,35	0,26	0,23	0,37	0,08	0,31
A-38	598.677	7.409.695	0,41	0,35	0,35	0,37	0,08	0,31
A-46	598.492	7.409.741	0,20	0,20	0,30	0,3	0,04	0,21
A-47	598.581	7.409.758	0,22	0,25	0,69	0,69	0,03	3,68
C-15	598.603	7.409.693	0,38	2,23	0,35	0,09	4,22	2,04
C-19	598.630	7.409.704	0,34	0,20	0,29	0,06	5,03	3,4

Fuente: Elaboración propia

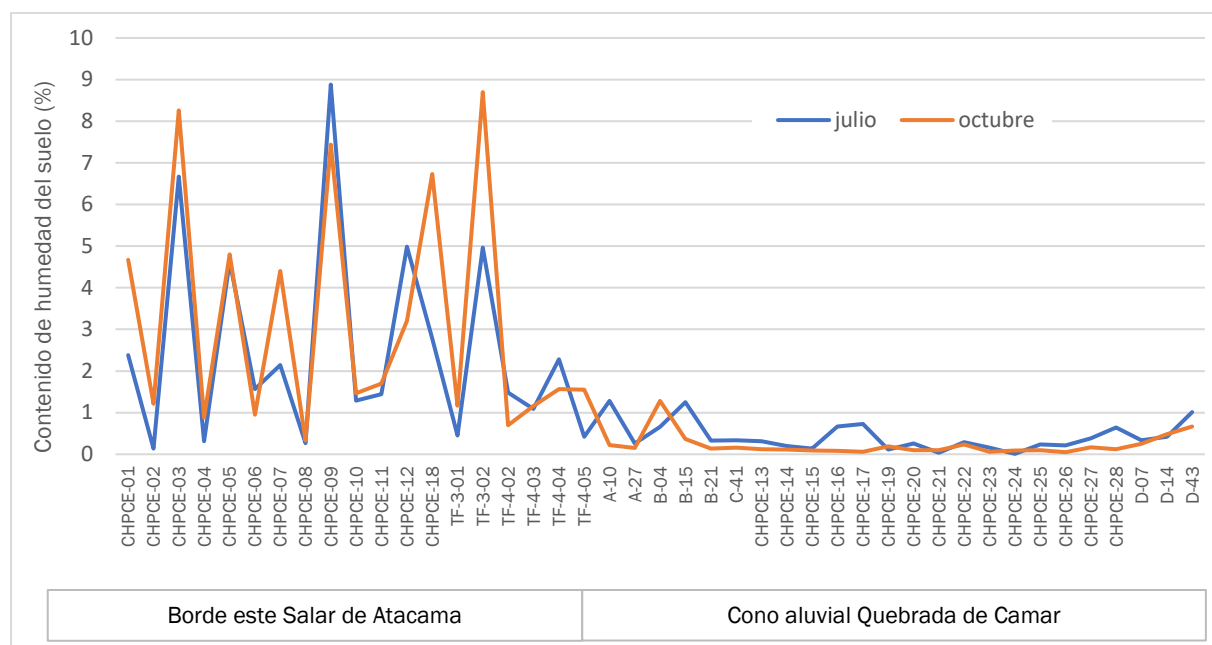
## 5.3.2 Monitoreo trimestral (CHS, pH y CE)

### 5.3.2.1 Contenido de humedad

Los resultados asociados al contenido de humedad del suelo medidos en julio y octubre 2022 se muestran en la Figura 5-21. En general, los puntos de monitoreo ubicados en el sector del borde este del Salar de Atacama presentan un mayor contenido de humedad que aquellos ubicados en el cono aluvial de la quebrada de Camar. Específicamente, en julio el 60,47% de los puntos de monitoreo presentó valores menores al 1%, ubicados en su mayoría en la zona del cono aluvial, en donde predominan las zonas de vegetación escasa. El 18,60% presentó valores entre 1% y 2% y el 20,93% de los puntos monitoreados presentó valores sobre el 2% de contenido de humedad, ubicados en el borde este del salar, donde existe un mayor desarrollo de la vegetación. En octubre el comportamiento fue similar, el 62,79% de los puntos de monitoreo presentó valores menores al 1%. El 18,60% presentó valores entre 1% y 2% y el 18,60% de los puntos monitoreados presentó valores sobre el 2% de contenido de humedad.

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

<sup>9</sup> Red Agrometeorológica de INIA. Estación Camar, San Pedro de Atacama. [www.agrometeorologia.cl](http://www.agrometeorologia.cl)



Fuente: Elaboración propia

### 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 5-13). En julio, la mayoría de los puntos monitoreados se registraron como muy fuertemente alcalino (44,19%) y fuertemente alcalinos (39,53%), mientras que los puntos restantes se catalogaron como moderadamente alcalinos (16,28%). Por su parte en octubre, el 55,81% de los puntos se registraron como fuertemente alcalino, 23,26% como moderadamente alcalino y 20,83% como muy fuertemente alcalino (Figura 5-22).

Tabla 5-13. Resultados de pH del suelo

Categorías de pH	pH	N° de puntos julio 2022	% julio 2022	N° de puntos octubre 2022	% octubre 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	7	16,28	10	23,26
Fuertemente alcalino	8,5 - 9,0	17	39,53	24	55,81
Muy fuertemente alcalino	> 9,0	19	44,19	9	20,83

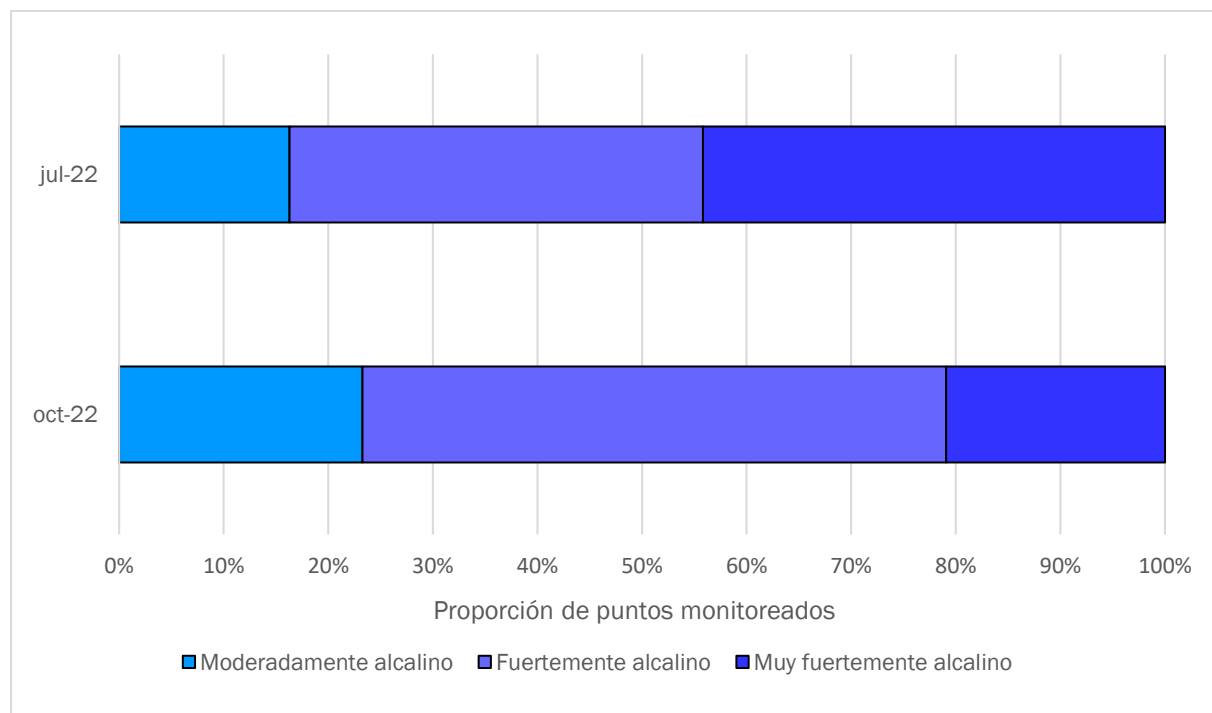
Tabla 5-13. Resultados de pH del suelo

Total	43	100	43	100
-------	----	-----	----	-----

“-“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



Fuente: elaboración propia a partir de Schoeneberger et al., 2002

### 5.3.2.3 Salinidad del sustrato

Los resultados asociados a la conductividad eléctrica y salinidad del suelo se muestran en la Tabla 5-14 y Figura 5-23. Al respecto, en julio la mayoría de los puntos indicaron suelos no salinos (79,07%), 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 (4,65%) y fuertemente salinos (11,63%). Cabe destacar que según datos de la Red Agrometeorológica del INIA<sup>10</sup> durante este periodo sólo se registraron precipitaciones durante el mes de diciembre. En octubre, como se puede evidenciar en la Figura 5-23 el comportamiento en relación a la salinidad fue diferente, presentando altos valores de conductividad eléctrica en el 62,79% de los puntos, clasificados como suelos fuertemente salinos ubicados hacia el borde este del Salar de Atacama. El 20,93% de los puntos se catalogaron como no

<sup>10</sup> Red Agrometeorológica de INIA. Estación Camar, San Pedro de Atacama. [www.agrometeorologia.cl](http://www.agrometeorologia.cl)

salinos. No existe data estacional (4 trimestres consecutivos) para comparar estacionalmente el aumento de la conductividad eléctrica en el muestreo de suelo. Todos los resultados correspondientes al monitoreo de suelos del 2do semestre están disponibles en el Anexo 8 y 9.

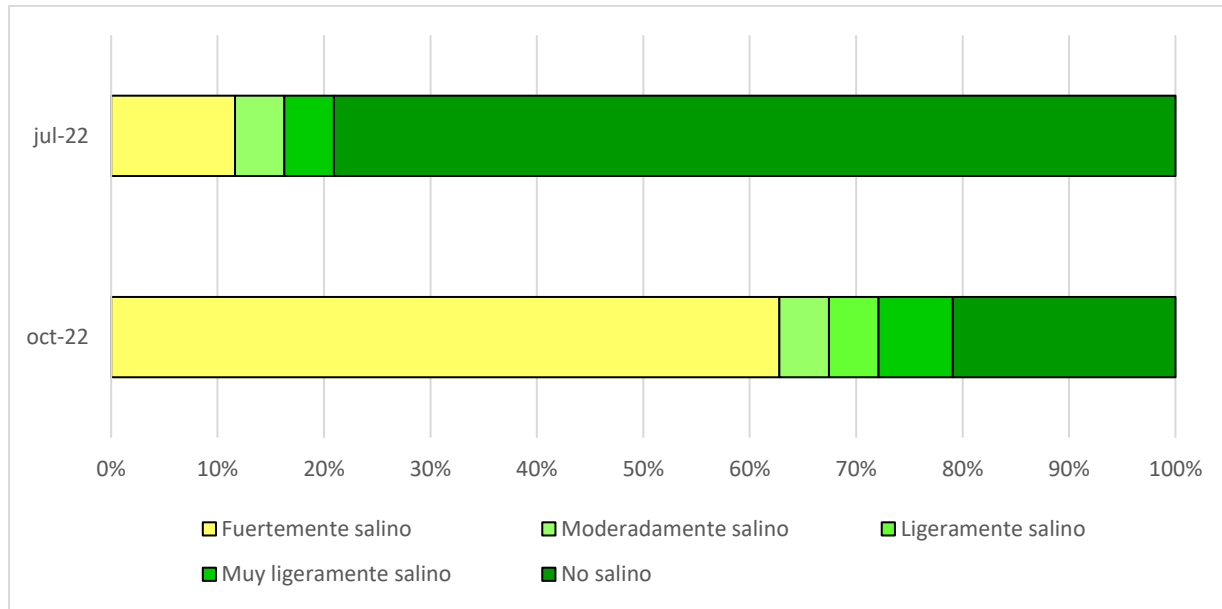
Tabla 5-14. Resultados de conductividad eléctrica del suelo

Categorías de salinidad	Conductividad eléctrica (dS/m)	N° de puntos julio 2022	% julio 2022	N° de puntos octubre 2022	% octubre 2022
No salino	0 - 0,98	34	79,07	9	20,93
Muy ligeramente salino	0,98 - 1,71	2	4,65	3	6,98
Ligeramente salino	1,71 - 3,16	-	-	2	4,65
Moderadamente salino	3,16 - 6,07	2	4,65	2	4,65
Fuertemente salino	> 6,07	5	11,63	27	62,79
<b>Total</b>		<b>43</b>	<b>100</b>	<b>43</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



Fuente: Elaboración propia a partir de USDA NRCS, 2001

## 6 Discusiones

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

A la fecha entre todas las series monitoreadas existen 425 ejemplares de *Prosopis sp.* censados mensualmente. Del total de la muestra, 16 corresponden a ejemplares de *Prosopis tamarugo* y 62 se encuentran desprendidos y/o desaparecidos por causas antrópicas o efecto animal, de los cuales 15 corresponden a

ejemplares desaparecidos a la fecha de la serie A, el resto que son 47 individuos, corresponden a ejemplares de la serie B,C y D, del total de desaparecidos y/o desprendidos a la fecha tres (3) fueron desprendidos entre los meses de julio y agosto del 2022 debido a la remodelación de la plaza del pueblo de Camar y siete (7) fueron desprendidos por causas antrópicas o intervención animal. Del resto, 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, 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 e individuos de *P. tamarugo* son excluidos de los análisis. De esta forma, se analizan los resultados de los 347 ejemplares que se encuentran en pie hasta la fecha (diciembre 2022).

A lo largo del periodo de monitoreo (julio a diciembre 2022), en términos de vitalidad se observó un aumento de los individuos descritos como secos (sin presencia de follaje verde) durante los meses del invierno, alcanzando su máximo en septiembre (171 individuos correspondiente al 47,50% del total). A partir del mes de octubre comienzan a disminuir los individuos secos y, en consecuencia, aumentaron los individuos en condiciones normales, alcanzando un máximo de 152 individuos en diciembre (43,80%). Al mismo tiempo, los individuos débiles y muy débiles, cuya proporción se encontraba en aumento al término del periodo anterior, disminuyeron fuertemente en el mes de diciembre, acercándose a los valores reportados en enero 2022 (17,90% en enero, 26,72% en junio y 15,27% en diciembre).

En relación con el porcentaje de copa viva, se observó un aumento sostenido de los individuos con 0% de follaje verde durante los meses del invierno hasta septiembre. Luego, se observa que la proporción de individuos pertenecientes a las categorías de mayor porcentaje de copa viva (50 - 75% y 75 - 100%) comienzan a aumentar a partir del mes de octubre, alcanzando un máximo de 53,60% en el mes de diciembre, en concordancia a lo registrado en la vitalidad y coincidente con los valores de contenido de humedad del suelo más altos (noviembre y diciembre). Cabe destacar, que al término del periodo de monitoreo anterior (junio 2022) la suma de la proporción de individuos en ambas categorías era de 36,91%.

Desde el punto de vista fenológico, los resultados del monitoreo semestral indican que el proceso de floración comienza durante la primavera, presentándose los primeros individuos con flores en el mes de octubre (13,96% de los individuos). Este proceso se extendería hasta noviembre, comenzando a fructificar en el mes de diciembre (21,61% de individuos en fructificación). Además, durante los meses de invierno fue posible observar un proceso de senescencia foliar, evidenciado mediante la pérdida parcial y total del follaje en algunos individuos (alcanzando un 47,5% de individuos senescentes en el mes de septiembre).

El aumento de individuos secos y senescentes durante los meses de invierno se explicaría debido a la pérdida de follaje como respuesta a las condiciones ambientales asociadas a esta estación, situación que se pudo observar en las prospecciones realizadas mes a mes (Figura 6-1). Al respecto, 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 corresponde a un deterioro a largo plazo de la vitalidad de los individuos.

En efecto, se observó que a partir del mes de octubre comenzaron a aumentar los individuos con vitalidad normal y pertenecientes a las categorías de mayor porcentaje de copa viva, alcanzando en diciembre valores similares a los reportados al comienzo del monitoreo en enero del 2022 (Figura 6-2). Lo anterior es concorde con el comportamiento de la temperatura del aire durante el 2022 (Figura 6-3), en donde se observa que a partir de octubre aumentan las temperaturas mínimas y máximas según lo reportado por la estación meteorológica ubicada en Camar del INIA, lo que coincide con el mes de octubre, en que se reactivaron los procesos fenológicos de crecimiento vegetativo y floración.

Figura 6-1. Pérdida de follaje debido a senescencia foliar en estación de invierno, árbol A-34



A34 (Coordenadas 598.819E 7.409.920N)

Fuente: Registros fotográficos obtenidos en campañas de terreno, junio 2022



Figura 6-2. Reactivación de procesos de crecimiento vegetativo en primavera y verano, árbol A-34

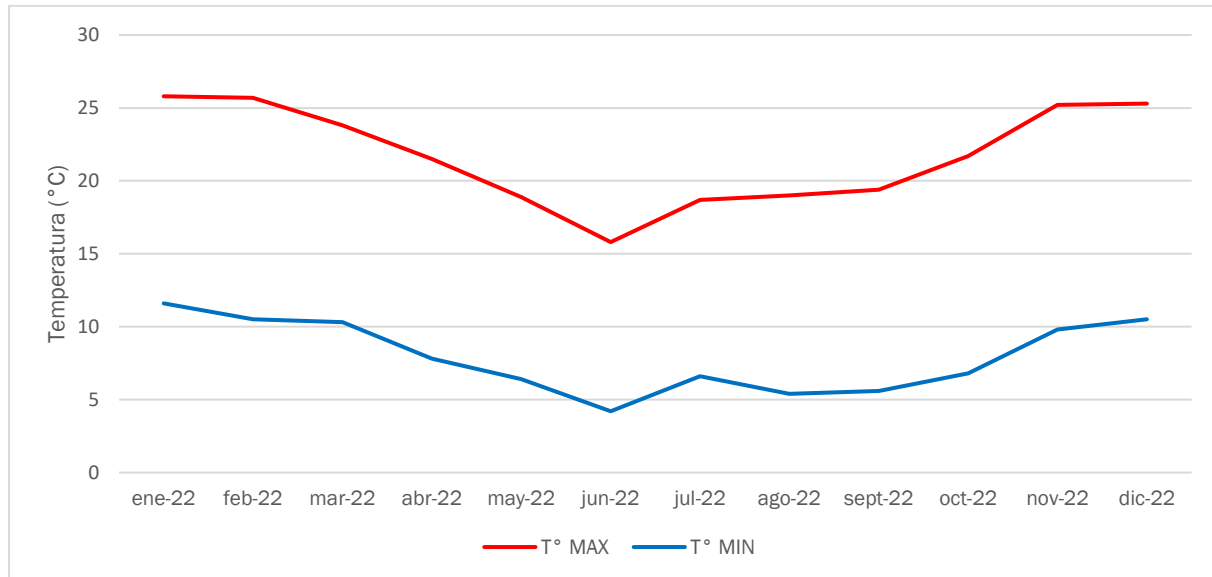


A34 (598.819E 7.409.920N) (octubre 2022)

A34 (598.819E 7.409.920N) (diciembre 2022)

Fuente: Registros fotográficos obtenidos en campañas de terreno 2022

Figura 6-3. Temperaturas máximas y mínimas del aire registradas en Camar durante el 2022



Fuente: Elaboración propia en base a lo registrado por Red Agrometeorológica de INIA. Estación Camar, San Pedro de Atacama. [www.agrometeorologia.cl](http://www.agrometeorologia.cl)

Otro factor que influye en la pérdida de follaje verde corresponde a la presencia de burros en la quebrada. A lo largo de las prospecciones mensuales, se han observado signos directos e indirectos (fecas, huellas y desgarrado de ramas, entre otros) de ramoneo en algunos ejemplares Figura 6-4 y Figura 6-5 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 6-4 Signos de la presencia de burros en el área de estudio



Fecas de burro

Figura 6-5 Signos de ramoneo



Rama de algarrobo con signos de ramoneo  
Coordenadas UTM 601403E - 7410509N (B-10)

Figura 6-7 Presencia de daños, efecto del ramoneo,



C25 (598.599E-7.409.719N) (julio 2022)

Figura 6-6 Presencia de daños, efecto del ramoneo.



C25 (598.599E-7.409.719N) (agosto 2022)

Fuente: Registros fotográficos obtenidos en campaña de terreno agosto 2022

Con respecto al monitoreo trimestral del estado fisiológico de los individuos de algarrobos realizado durante los meses de julio y octubre del presente periodo, los resultados indican que durante el mes de julio no hubo diferencias significativas de potencial hídrico 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. La ausencia de diferencias puede ser efecto de la estación del año, donde es posible encontrar valores bajos de potencial en todos los árboles durante el invierno, a pesar de que los árboles testigo sean de mayor tamaño y posean mejores condiciones hídricas. En efecto, este cambio estacional de potenciales coincide con lo evaluado en *Prosopis tamarugo* donde se observó un patrón de menor potencial hídrico de pre-alba en la época de invierno (SAP, 2021). Además, se ha reportado el efecto que posee la disminución de temperaturas en distintas especies, aumentando el déficit hídrico debido a las alteraciones en el grado de control estomático y a la disminución de la conductividad hidráulica de las raíces (Allen y Ort, 2001; Vernieri *et al.*, 2001).

En octubre, en cambio, los valores de potencial hídrico fueron mayores a los reportados en julio y no hubo diferencias significativas entre los árboles objeto de estudio y los árboles testigo en cuanto al potencial hídrico medido en pre-alba, pero sí se presentaron diferencias en el potencial hídrico medido al mediodía. Los árboles testigo registraron valores de potencial hídrico menos negativos que aquellos ubicados en las cercanías del pozo Camar-2, indicando una mejor condición hídrica.

Con respecto a la conductancia estomática, sí hubo diferencias estadísticamente significativas durante ambos monitoreos (julio y octubre) entre los árboles objeto de estudio y los árboles testigo, siendo mayor en los árboles testigo los cuales corresponden a los ejemplares de la serie B. La conductancia estomática, podría además estar afectada por las condiciones ambientales específica al momento de realizar la medición, sin embargo, cabe destacar que estos individuos que representan un mejor nivel de conductancia estomática, también, presentan mayor desarrollo foliar que la unidad muestral de la serie A. Por lo cual, la condición de sus hojas, para el análisis podrá ser significativo y se ve representado en las estadísticas. (En Anexo 6 se presentan los informes con los resultados).

## 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 “Dinámica de la biota terrestre y acuática en el Borde Este del Salar de Atacama” (2021)”, correspondiente mayoritariamente a las praderas de *Distichlis spicata*, y a los matorrales de *Tessaria absinthioides* y de *Atriplex atacamensis* – *Atriplex imbricata*. Tal como detalla el mismo informe, en esta zona la profundidad de la napa varía entre 0 m, en la zona más cercana al salar, y 6 m de profundidad. Coincidentemente con lo anterior, los resultados de contenido de humedad del suelo indican en esta zona un mayor porcentaje de humedad que en la zona media y alta de la quebrada y, debido a la cercanía al salar, corresponden a suelos moderada y fuertemente salinos.

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 “Dinámica de la biota terrestre y acuática en el Borde Este del Salar de Atacama” (2021)”. Estas formaciones vegetacionales se abastecen principalmente del agua proveniente de las precipitaciones y su escurrimiento superficial, como sería el caso de los matorrales de *Tiquilia atacamensis* y los individuos aislados de *Prosopis sp* que se desarrollan en la quebrada. “Dinámica de la biota terrestre y acuática en el Borde Este del Salar de Atacama” (2021).

Cabe mencionar que lo anterior, es decir, que las especies más xéricas se desarrollan en altitudes desconectadas al acuífero, no implica que algunas otras formaciones vegetacionales presentes en la quebrada, se presenten y desarrollen como parte de la vegetación conectada al acuífero y también desconectada del acuífero, como ocurre con el matorral de *Tessaria absinthioides* que, según el mismo informe “Dinámica de la biota terrestre y acuática en el Borde Este del Salar de Atacama” (2021), 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. Este valor se mantiene con respecto a lo reportado en el periodo anterior.

De las especies encontradas dentro de los transectos de terreno *Tessaria absinthioides*, *Tiquilia atacamensis* y *Atriplex atacamensis* (cachiyuyo) registraron las mayores frecuencias. *Tessaria absinthioides* se registró en 137 de 220 transectos de terreno (62,27% del total), *Tiquilia atacamensis* en 33 de ellos (15,0% y *Atriplex atacamensis* en 18 de ellas (8,18% del total).

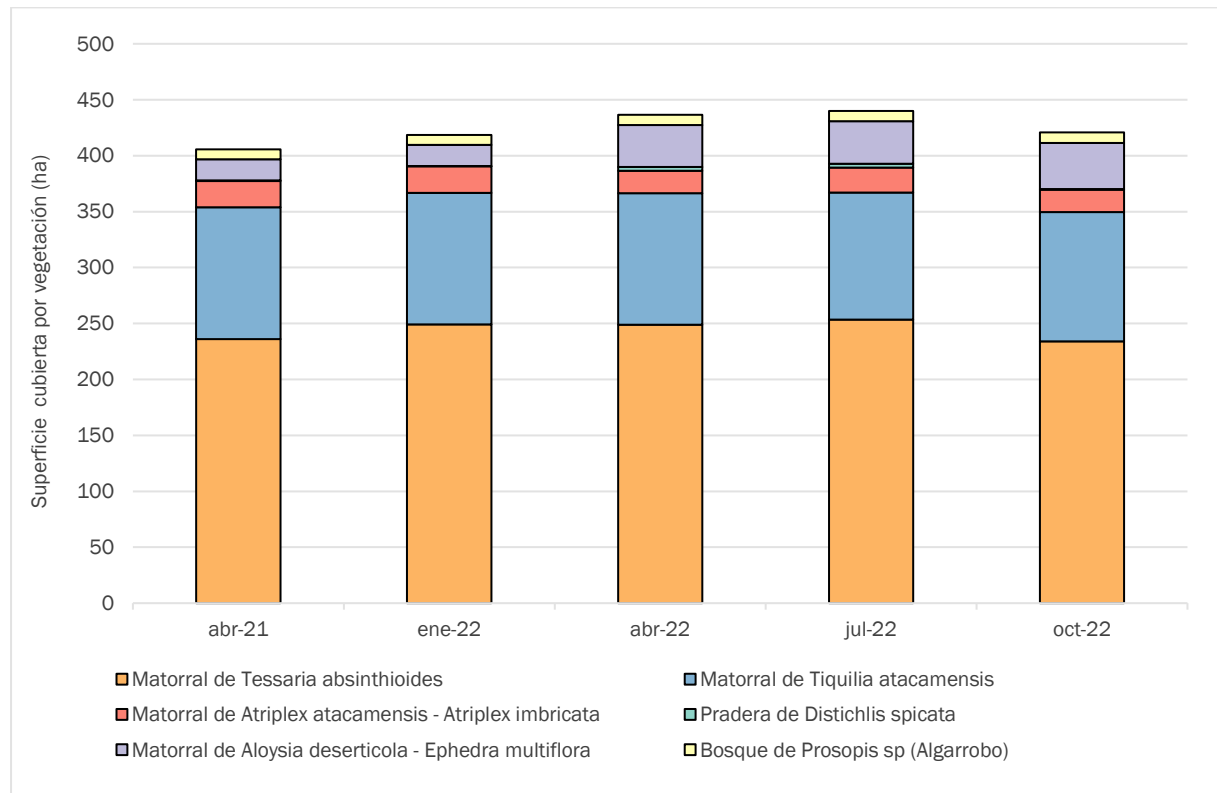
Según lo reportado en el informe N° 16 del PSA Biótico del Proyecto Cambios y Mejoras en la Operación Minera del Salar de Atacama (2022), los matorrales de *Tessaria absinthioides* y de *Atriplex atacamensis* – *Atriplex imbricata* poseen una amplia distribución "Según Rodríguez et al., (2018), esta 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." dentro del Borde Este del Salar de Atacama, cubriendo superficies de 7.359,95 ha y 1.780,87 ha respectivamente, mientras que el matorral de *Tiquilia atacamensis* es de las formaciones menos abundantes del Borde Este del Salar, cubriendo 858,53 ha. La superficie ocupada por estas formaciones en el área de la quebrada de Camar corresponde al 3,18%, 1,13% y 13,45% de la superficie total que ocupan dentro del borde este.

En cuanto a la superficie total cubierta por vegetación dentro de la quebrada, en el presente periodo disminuyó levemente, registrando un 4,41% menos de superficie cubierta por vegetación en octubre 2022 versus lo reportado en julio 2022 (Figura 6-8). Cabe destacar que las variaciones en superficie de las formaciones vegetacionales se encuentran dentro de los límites normales establecidos.

Por otro lado, con respecto a la superficie que poseen las formaciones vegetacionales dentro de la quebrada, estas variaron levemente con respecto a los periodos anteriores. Durante el monitoreo del mes de julio la variación en la superficie en las formaciones sólo superó el 1% en el caso del matorral de *Tiquilia atacamensis*, el cual disminuyó su superficie en un 1,15%, del resto de las formaciones las variaciones en superficie fueron menores al 0,5%. En el mes de octubre, el matorral de *Tessaria absinthioides* disminuyó su superficie en un 1,95% con respecto al mes de julio y la pradera de *Distichlis spicata* en un 0,69%. Mientras que los

matorrales de *Tiquilia atacamensis* y de *Aloysia deserticola* - *Ephedra multiflora* aumentaron en 1,69% y 1,17% respectivamente.

Figura 6-8. Evolución de la superficie de las formaciones vegetacionales presentes en la quebrada de Camar



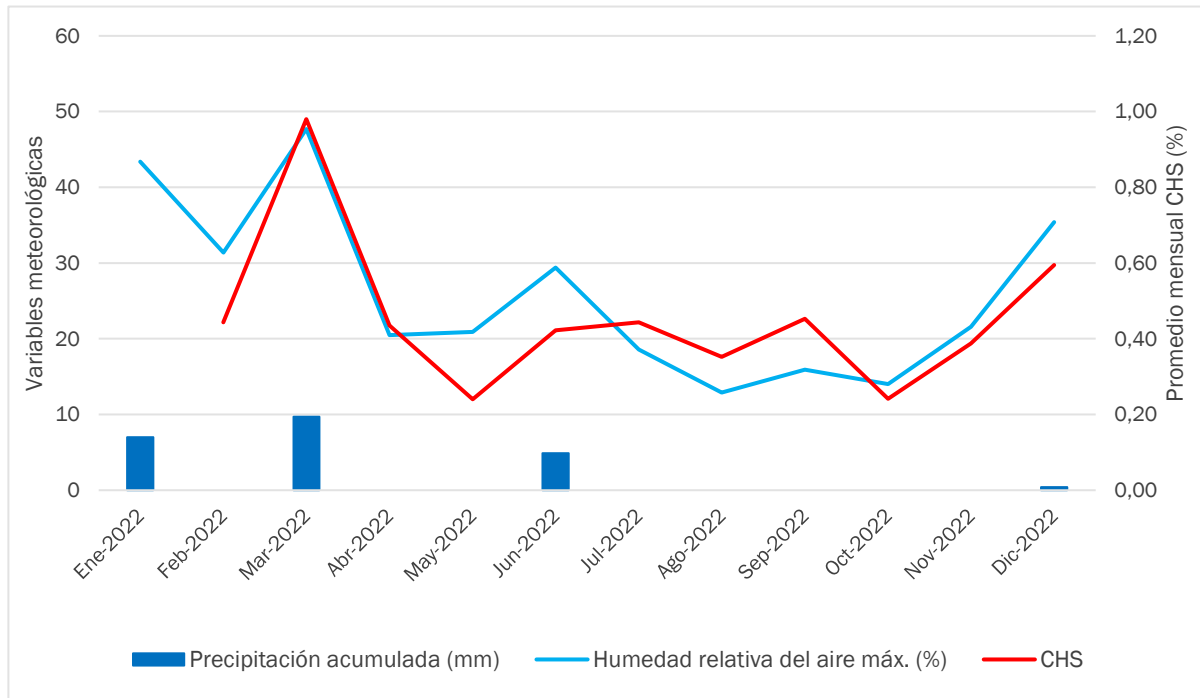
Fuente: Elaboración propia

## 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, cuyos promedios mensuales no superan el 2%. Además, al analizar en detalle los datos, se observó un marcado comportamiento estacional durante el verano el cual se ve influenciado por la ocurrencia de lluvias durante los meses de enero, marzo, junio y diciembre, meses que presentan los valores de CHS más altos (Figura 6-9). No obstante, a partir del gráfico es posible observar que el comportamiento del CHS durante los meses con ausencia de precipitación tiene un comportamiento similar al de la humedad relativa del aire, aumentando en los meses en que se registró una mayor humedad relativa del aire.

Figura 6-9. Contenido de humedad del suelo registrado en la quebrada de Camar durante el año 2022, versus las precipitaciones y humedad relativa del aire registradas.



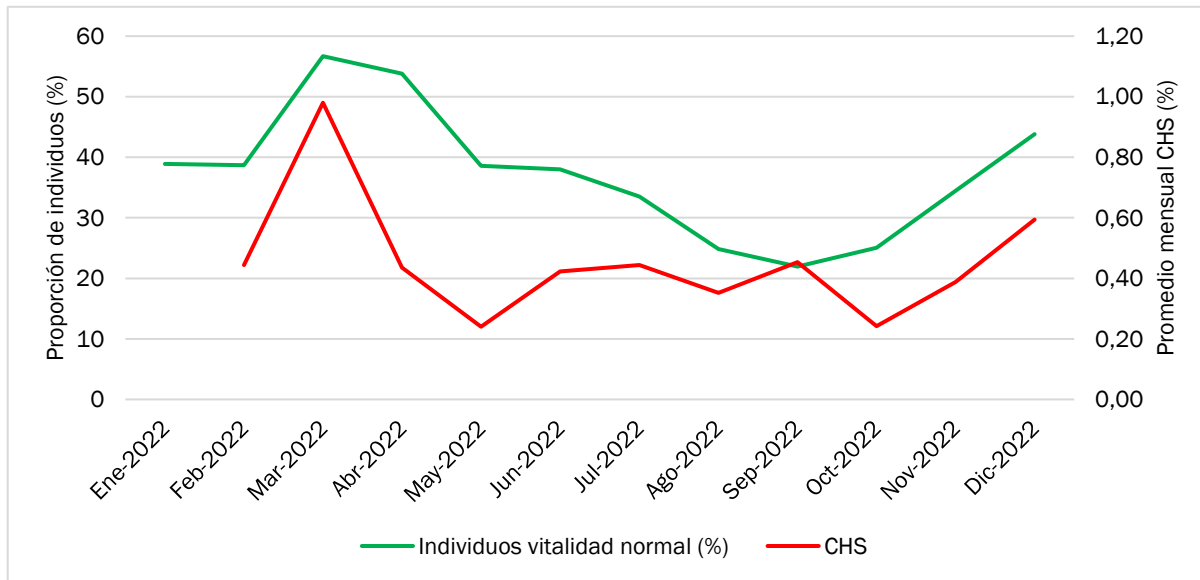
Fuente: Elaboración propia en base a lo registrado por Red Agrometeorológica de INIA. Estación Camar, San Pedro de Atacama. [www.agrometeorologia.cl](http://www.agrometeorologia.cl)

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.

En 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. En efecto, al observar la Figura 6-10 se aprecia que durante los meses en que el contenido de humedad del suelo es mayor, aumenta la proporción de individuos catalogados con una vitalidad normal, alcanzando sus máximos justamente en los meses en que ocurrieron eventos de precipitación (marzo, junio y diciembre).

Figura 6-10. Contenido de humedad del suelo mensual versus proporción de individuos de algarrobo con vitalidad normal



Fuente: Elaboración propia

### 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. Los datos reportados durante el periodo son entregados en el Anexo 08, conjunto a las cadenas de custodia de las muestras y resultados de laboratorio.

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 (Megano, 1999; Vromann *et al.*, 2016). Esto considerando que la zona con mayor cobertura vegetal dentro del área de estudio corresponde justamente al borde este del salar de Atacama. Por otro lado, en la zona media de la quebrada, donde se encuentran los suelos no salinos, predominan las zonas de vegetación escasa y unidades



vegetacionales de baja cobertura, por lo que probablemente la expresión de la vegetación dentro del área de estudio estaría dada por la disponibilidad de agua 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 valores anualmente reportados para el esfuerzo de muestreo y las formaciones vegetales, presentes dentro de la quebrada de Camar Tabla 4-12 y Tabla 4-13 de los límites normales, lo que se respalda además con los monitoreos históricos (2006 – 2022) (Tabla 4-12 Los informes anuales del PSA indican que en este sector los suelos varían entre ligeramente salino y fuertemente salino (PSAb 16) Es importante señalar que los límites propuestos, están basados en intervalos de confianza (IC) construidos en base a los valores medios obtenidos durante este primer periodo de monitoreo (año 2022), con un 95% de confianza y un valor de  $t = 1,96$ . Y la estimación, se realizó en respecto al tipo vegetacional y especies, presentes dentro de la Quebrada de Camar.

## 7 Conclusiones

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

Durante el segundo semestre del año 2022, la población de algarrobos que se desarrolla en la quebrada de Camar presentó 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 individuos secos (sin presencia de follaje verde) durante los meses del invierno, alcanzando su máximo en septiembre. A partir del mes de octubre se observó la disminución de los individuos secos en conjunto con el aumento de individuos en condiciones normales, alcanzando su máximo en diciembre. Al mismo tiempo, los individuos débiles y muy débiles, cuya proporción se encontraba en aumento al término del periodo anterior, disminuyeron fuertemente en el mes de diciembre, acercándose a los valores reportados en enero 2022 (17,90% en enero, 26,72% en junio y 15,27% en diciembre).

En relación con el porcentaje de copa viva, se observó un aumento sostenido de los individuos con 0% de follaje verde durante los meses del invierno hasta septiembre. Luego, se observa que la proporción de individuos pertenecientes a las categorías de mayor porcentaje de copa viva (50 – 75% y 75 – 100%) comienzan a aumentar a partir del mes de octubre, alcanzando un máximo de 53,60% en el mes de diciembre, en concordancia a lo registrado en la vitalidad.

Desde el punto de vista fenológico, durante los meses de invierno fue posible observar un proceso de senescencia foliar evidenciado mediante la pérdida parcial y total del follaje en algunos individuos durante los meses de menores temperaturas. El proceso de floración comenzó durante la primavera, presentándose los primeros individuos con flores en el mes de octubre. Este proceso se extendió hasta noviembre, comenzando

a fructificar en el mes de diciembre, completando el ciclo completo de fenología a lo largo del monitoreo del año 2022.

## 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. En el presente periodo de monitoreo, se ha identificado la presencia de 420,67 ha de vegetación, representando un 10,40% del total de la superficie de estudio, segregada en: Pradera de *Distichlis spicata* (0,48 ha), Matorral de *Aloysia deserticola* – *Ephedra multiflora* (41,10 ha), Matorral de *Atriplex atacamensis* – *Atriplex imbricata* (20,10 ha), Matorral de *Tessaria absinthioides* (234,15 ha), Matorral de *Tiquilia atacamensis* (115,50 ha) y Bosque de *Prosopis sp* (9,34 ha), ubicado en la parte alta de la quebrada, en la zona aledaña al pueblo de Camar.

Por otra parte, se identificó una zona de vegetación escasa, la cual abarca 3.570,83 ha correspondientes al 88,30% del área estudiada. Mientras que las superficies restantes (1,30%) están representadas por la superficie ocupada por la red vial dentro del área de estudio (34,34 ha), zonas agrícolas (7,32 ha), otras áreas intervenidas (8,51 ha) y la zona poblada (5,13 ha).

De acuerdo con lo monitoreado durante este periodo, a la superficie total cubierta por vegetación dentro de la quebrada disminuyó levemente, registrando un 4,41% menos de superficie cubierta por vegetación en octubre 2022 versus lo reportado en julio 2022. Cabe destacar que las variaciones en superficie de las formaciones vegetacionales se encuentran dentro de los límites normales establecidos.

### 7.2.2 Flora

De acuerdo con la flora vascular presente en la quebrada de Camar, se registraron 20 taxa (2 Liliopsida, 1 Gnetopsida y 17 Magnoliopsida) agrupados 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.

Se registraron seis (6) hierbas perennes y tres (3) hierbas anuales; además de dos (2) subarbustos y siete (7) arbustos. Se registraron dos (2) especies con hábito arbóreo (*Prosopis alba* y *Prosopis tamarugo*), las que además son las únicas especies con alguna categoría de conservación dentro de la quebrada. Sobre estas dos especies en categoría, *Prosopis alba* se encuentra catalogada en la categoría de Preocupación menor (LC) y *Prosopis tamarugo* en la categoría de En Peligro (EN), ambas clasificadas en el D.S N° 13/2012 del Ministerio del Medio Ambiente. 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* (7,15% de recubrimiento), *Tiquilia atacamensis* (0,92% de recubrimiento), *Atriplex atacamensis* (0,78%) seguido en menor medida de *Aloysia deserticola* (0,38%).

En cuanto al trimestre anterior, la riqueza de especies se mantuvo. Sin embargo, se presentaron variaciones leves en la abundancia de algunas especies dominantes, disminuyendo las coberturas de *Atriplex atacamen-sis* (-0,95%) y *Aloysia deserticola* (-0,52%). Esto se explicaría debido a la respuesta que poseen las especies a las condiciones ambientales desfavorables presentes en invierno (menores temperaturas y duración del fotoperiodo).

## 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. No obstante, en el periodo analizado se observó que el comportamiento del CHS durante los meses con ausencia de precipitación tiene un comportamiento similar al de la humedad relativa del aire, aumentando en los meses en que se registró una mayor humedad relativa del aire.

De acuerdo con estudios previos sobre la población de algarrobos presente en la quebrada de Camar<sup>11</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.

En efecto, se observó que, durante los meses con mayor contenido de humedad del suelo, aumentó la proporción de individuos catalogados con una vitalidad normal, alcanzando sus máximos justamente en los meses en que ocurrieron eventos de precipitación (marzo, junio y diciembre).

### 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 muy ligeramente salinos y 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 características fuertemente salinas 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 al estar conformadas principalmente por especies halófitas y semihalófitas (Poblete *et al.*, 1991; Degano, 1999; Braman *et al.*, 2016). No

---

<sup>11</sup> CRICYT, 2018

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.

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.

Garrido M, Silva P and Acevedo E (2016) Water Relations and Foliar Isotopic Composition of *Prosopis tamarugo* Phil., an Endemic Tree of the Atacama Desert Growing at Three Levels of Water Table Depth. Front. Plant Sci. 7:375.doi: 10.3389/fpls.2016.00375

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.

Hacke U, Sperry J, Pittermann J (2000). Drought experience and cavitation resistance in six shrubs from de great basin, Utah. *Basic Applied ecology* 1,31-41 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.

Jacobsen A, Brandon Pratt R, Davis S, Ewers F (2007) Cavitation resistance and seasonal hydraulics differ among three arid californian plant communities. *Plan Cell and Environment* 30, 1599-1609.

Mahall B, Fonteyn P, Callaway R, Schlesinger W (2017) *Journal of Ecology* 106 1057-1072. Meyer, W.S. & Ritchie, J.T. 1980. Resistance to Water Flow in the Sorghum Plant. *Plant Physiology* 65: 33-39.

Muñoz M.R., Squeo F.A., León M.F., Tracol Y., Gutiérrez J.R. (2008). Hydraulic lift in three shrub species from the Chilean coastal desert. *Journal of Arid Environments* 72 624-632

Nilsen, E.T. y D.M. Orcutt. 1996. *Physiology of plants under stress. Abiotic factors.* John Wiley and Sons, New York, NY.

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.

Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. *Plant physiology.* Sinauer Associates. Sunderland, MA, USA.

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.

<sup>i</sup> El valor, no representa un total, es la participación del número de especies en Chile, por sobre en n de especies identificados. Y esta en % como indica la tabla