



Estudio Historia de Vida de Especies Vegetales Azonales del Salar de Atacama Informe consolidado Primer Semestre 2020

28.10.2020

| Rev. | Fecha | Descripción | Preparó | Revisó / Chequeó | Aprobó Gte. Proyecto | Aprobó Gte. Rec. Hídricos y Medio Ambiente | Aprobó Cliente |
|------|------------|--|--|---------------------|--|--|---------------------|
| B | 28/10/2020 | Informe Consolidado: 1er Semestre 2020 | Patricio Olivares Maritza Mihoc, María José Santa María, | Patricio Olivares |  Patricio Olivares |  Agustín Alvarez | Paulette San Martín |

Tabla de Contenidos

| | | |
|-------------|--|----------|
| 1 | Capítulo: Revisión Bibliográfica | 2 |
| 1.1 | Introducción | 2 |
| 1.2 | Recopilación de información bibliográfica | 3 |
| 1.2.1 | Clasificación de los documentos | 3 |
| 1.2.2 | Otras fuentes de información | 5 |
| 1.2.2.1 | Bases de datos en línea | 5 |
| 1.2.3 | Colecciones de herbario | 6 |
| 1.3 | Resultados | 8 |
| 1.3.1 | Área de Estudio | 8 |
| 1.3.2 | Variables abióticas | 9 |
| 1.3.2.1 | Variable climática | 9 |
| 1.3.2.2 | Variable Geomorfológica | 13 |
| 1.3.2.3 | Variable de Disponibilidad del recurso hídrico | 14 |
| 1.3.2.3.1 | Acuíferos | 14 |
| 1.3.2.4 | Variable disponibilidad de Suelos | 15 |
| 1.3.3 | Variables bióticas | 16 |
| 1.3.3.1 | Flora y Vegetacion | 16 |
| 1.3.3.1.1 | Flora Azonal | 19 |
| 1.3.3.1.2 | Flora Zonal | 19 |
| 1.3.3.2 | Vegetación Zonal | 20 |
| 1.3.3.3 | La vegetación natural de Chile. Gajardo, R. (1994). | 21 |
| 1.3.3.3.1 | Región del desierto | 22 |
| 1.3.3.3.1.1 | Subregión del Desierto Andino | 22 |
| 1.3.3.4 | Sinopsis Bioclimática y Vegetacional de Chile. Luebert & Pliscoff (2006) | 22 |
| 1.3.3.4.1 | Matorral bajo desértico tropical interior de <i>Adesmia atacamensis</i> y <i>Cistanthe salsoloides</i> | 24 |
| 1.3.3.4.2 | Matorral desértico tropical interior de <i>Atriplex atacamensis</i> y <i>Tessaria absinthioides</i> | 24 |
| 1.3.3.5 | Distritos ecológicos | 25 |
| 1.3.3.5.1 | Distrito Tilocalar | 25 |
| 1.3.3.5.2 | Distrito Tilomonte | 25 |
| 1.3.3.6 | Plan de Manejo Biotico. Albemarle (2019). | 25 |
| 1.3.3.6.1 | Matorral con dominancia de <i>Atriplex atacamensis</i> | 26 |
| 1.3.3.6.2 | Matorral con dominancia de <i>Aloysia deserticola</i> | 26 |
| 1.3.3.6.3 | Matorral de <i>Atriplex imbricata</i> | 26 |
| 1.3.3.6.4 | Matorral de <i>Ephedra breana</i> | 27 |
| 1.3.3.6.5 | Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> | 27 |
| 1.3.3.7 | Vegetación Azonal | 27 |
| 1.3.3.7.1 | Vega de <i>Phragmites australis</i> , <i>Distichlis spicata</i> y <i>Schoenoplectus californicus</i> | 28 |
| 1.3.3.7.2 | Vega con dominancia de <i>Distichlis spicata</i> | 28 |
| 1.3.3.7.3 | Vega con dominancia de <i>Juncus balticus</i> | 28 |
| 1.3.3.7.4 | Vega con dominancia de <i>Schoenoplectus californicus</i> | 29 |
| 1.3.3.7.5 | Vega de con dominancia de <i>Triglochin concinna</i> | 29 |
| 1.3.3.7.6 | Vega de <i>Nitrophila atacamensis</i> y <i>Triglochin concinna</i> | 29 |
| 1.3.3.7.7 | Matorral – Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> y <i>Distichlis spicata</i> | 29 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1.3.3.7.8 | Matorral hídrico con dominancia de <i>Lycium humile</i> | 29 |
| 1.3.3.7.9 | Matorral hídrico con dominancia de <i>Sarcocornia fruticosa</i> | 29 |
| 1.3.3.7.10 | Matorral hídrico – Vega con dominancia de <i>Lycium humile</i> | 30 |
| 1.3.3.7.11 | Matorral hídrico – Vega con dominancia de <i>Sarcocornia fruticosa</i> | 30 |
| 1.3.3.7.12 | Matorral hídrico – Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> , <i>Lycium humile</i> y <i>Distichlis spicata</i> | 30 |
| 1.3.4 | Usos tradicionales y culturales de plantas en las comunidades del área del Salar de Atacama | 31 |
| 1.3.4.1 | Usos tradicionales de las plantas | 32 |
| 1.3.4.1.1 | Plantas para Forraje | 36 |
| 1.3.4.1.2 | Plantas Medicinales | 37 |
| 1.3.4.1.3 | Plantas Alimenticias | 43 |
| 1.3.4.1.4 | Plantas utilizadas en Construcción y Artesanía | 43 |
| 1.3.4.1.5 | Plantas para Combustible | 44 |
| 1.3.4.1.6 | Plantas Tintóreas | 44 |
| 1.3.4.1.7 | Plantas de uso en Ceremonias y Rituales | 45 |
| 1.3.4.1.8 | Plantas Ornamentales | 45 |
| 1.3.4.1.9 | Plantas Perjudiciales | 46 |
| 1.3.4.1.10 | Otros usos | 46 |
| 1.3.4.2 | Cultivos tradicionales | 46 |
| 1.3.4.3 | Árboles autóctonos. Chañar y Algarrobo | 47 |
| 1.3.5 | Usos de suelo | 49 |
| 1.3.6 | Servicios Ecosistémicos provistos por la flora y vegetación | 50 |
| 1.4 | Vulnerabilidad de las formaciones y o especies vegetales | 52 |
| 1.4.1 | Vulnerabilidad de los ecosistemas | 53 |
| 1.4.2 | Vulnerabilidad de las especies | 55 |
| 1.5 | Selección de especies relevantes | 57 |
| 1.6 | Síntesis, Análisis y Evaluación de la Información Recopilada | 60 |
| 1.6.1 | Tipo de información | 60 |
| 1.6.2 | Resultado geoespacial del informe | 62 |
| 1.7 | Discusión | 64 |
| 1.8 | Conclusiones | 65 |
| 1.9 | Referencias | 65 |
| 2 | Capítulo: Prospección de los Ecosistemas Azonales en el Área de Estudio | 73 |
| 2.1 | Resumen | 73 |
| 2.2 | Objetivos | 73 |
| 2.2.1 | Objetivos específicos | 73 |
| 2.3 | Materiales y Métodos | 73 |
| 2.3.1 | Área de estudio | 73 |
| 2.3.2 | Flora | 74 |
| 2.3.3 | Vegetación | 79 |
| 2.3.4 | Prospección | 81 |
| 2.4 | Resultados | 82 |
| 2.4.1 | Sitios Prospectados | 82 |
| 2.4.2 | Formaciones vegetales | 84 |
| 2.4.2.1 | Formaciones zonales | 84 |
| 2.4.2.2 | Formaciones Azonales | 86 |
| 2.4.3 | Especies registradas | 88 |
| 2.5 | Discusión | 96 |
| 2.6 | Referencias | 98 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 3 | Capítulo: Colecta de Semillas y Material Vegetativo de las Especies más Representativas y Prioritarias | 99 |
| 3.1 | Resumen | 99 |
| 3.2 | Objetivos | 99 |
| 3.3 | Objetivos específicos | 99 |
| 3.4 | Materiales y Métodos | 100 |
| 3.4.1 | Antecedentes | 100 |
| 3.4.1.1 | Formaciones zonales | 100 |
| 3.4.1.2 | Formaciones azonales | 100 |
| 3.4.2 | Colecta de material vegetativo | 104 |
| 3.4.3 | Colecta de semillas | 106 |
| 3.4.4 | Mantenimiento de las muestras vegetativas y semillas | 107 |
| 3.4.5 | Recuperación de las muestras vegetativas | 108 |
| 3.5 | Resultados | 108 |
| 3.5.1 | Sitios de colecta y formaciones reportadas | 108 |
| 3.5.2 | Material colectado | 110 |
| 3.5.3 | Recuperación del material | 112 |
| 3.5.4 | Limpieza de semillas | 117 |
| 3.6 | Discusión | 118 |
| 4 | Capítulo: Diseño Experimental | 119 |
| 4.1 | Resumen | 119 |
| 4.2 | Objetivos | 119 |
| 4.2.1 | Objetivos específicos | 119 |
| 4.3 | Establecimiento de protocolos de reproducción de las especies | 119 |
| 4.3.1 | Reproducción | 120 |
| 4.3.2 | Tipos de reproducción | 121 |
| 4.3.3 | Variables a considerar | 122 |
| 4.3.4 | Ensayos de reproducción | 123 |
| 4.3.4.1 | Ensayo reproducción asexual | 123 |
| 4.3.4.2 | Colecta y mantenimiento del material vegetativo | 123 |
| 4.3.4.3 | Recuperación del material | 125 |
| 4.3.4.3.1 | Condiciones de mantención de las muestras | 125 |
| 4.3.4.3.2 | Condiciones de mantención de las muestras | 126 |
| 4.3.4.4 | División del material vegetativo, obtención de Rametes | 132 |
| 4.3.4.5 | Condiciones para establecer las tasas de crecimiento de los individuos | 135 |
| 4.3.5 | Ensayo de reproducción sexual | 136 |
| 4.3.5.1 | Colecta y mantención de semillas | 137 |
| 4.3.5.2 | Limpieza de semillas | 138 |
| 4.3.5.3 | Determinación de la viabilidad de las semillas | 139 |
| 4.3.5.4 | Estratificación de las semillas y ensayos de germinación | 139 |
| 4.3.5.5 | Trasplante de plántulas o gametes | 141 |
| 4.3.5.6 | Crecimiento | 142 |
| 4.4 | Respuesta de las especies a las variables hídricas y de salinidad | 142 |
| 4.4.1 | Evaluación de condiciones estresantes | 144 |
| 4.5 | Discusión | 145 |
| 4.6 | Literatura citada | 146 |

Indice de Tablas

| | | |
|-------------|---|-----|
| Tabla 1-1: | Principales Repositorios Digitales | 4 |
| Tabla 1-2: | Páginas consultadas en el presente informe | 5 |
| Tabla 1-3: | Familias según origen | 16 |
| Tabla 1-4: | Especies y Categorías de Conservación en el área de estudio | 18 |
| Tabla 1-5: | Formaciones vegetales en el área de estudio (Incluyendo zonales y azonales) | 26 |
| Tabla 1-6: | Registro Bibliográfico de los Usos Medicinales de Plantas | 38 |
| Tabla 1-7: | Plantas de uso en ceremonias y rituales | 45 |
| Tabla 1-8: | Relaciones causales de servicios ecosistémicos | 51 |
| Tabla 1-9: | Sitios Prioritarios y Áreas silvestres protegidas en la comuna de San Pedro | 52 |
| Tabla 1-10: | Clasificación de los pisos de vegetación según Pliscoff (2015) | 55 |
| Tabla 1-11: | Especies con referencia específica en el área de estudio | 58 |
| Tabla 2-1: | Especies de Mayor Relevancia en el Área de Estudio | 76 |
| Tabla 2-2: | Formaciones Vegetales en el Área de Estudio (Incluyendo Zonales y Azonales), según PMB (2019 a y b) | 80 |
| Tabla 2-4: | categorización de Frecuencia y abundancia | 82 |
| Tabla 2-4: | Sitios de Muestreo Considerados | 83 |
| Tabla 2-5: | Especies Registradas en la Etapa de Prospección | 89 |
| Tabla 2-6: | Sitios de Muestreos Considerados | 90 |
| Tabla 3-1: | Especies de Mayor Relevancia en el Área de Estudio según Revisión Bibliográfica y criterios establecidos. | 102 |
| Tabla 3-2: | Sitios de Muestreo Considerados | 109 |
| Tabla 3-3: | Material Colectado de las 17 especies encontradas y calificadas como aptas para continuar con las siguientes fases del presente estudio | 111 |
| Tabla 3-4: | Número de Clones por Especie Reproducidas en Laboratorio | 115 |
| Tabla 4-1: | Clones por especie | 134 |
| Tabla 4-2: | Tratamientos Propuestos para Evaluar las Tasas de Crecimiento de las Diferentes Especies | 136 |

Indice de Figuras

| | | |
|--------------|---|-----|
| Figura 1-1: | Registros del Herbario de Concepción en Cuenca del Salar de Atacama. Elaboración propia | 7 |
| Figura 1-2: | Registro del Herbario a una Sección más Acotada del Salar de Atacama. (Elaboración propia) | 8 |
| Figura 1-3: | Cuenca del Salar de Atacama (Fuente: https://www.worldclim.org) | 11 |
| Figura 1-4: | Variables bioclimáticas para el Salar de Atacama (Fuente: https://www.worldclim.org/data/bioclim.html) | 12 |
| Figura 1-5: | Principales morfoestructuras y unidades geológicas de la cuenca del Salar de Atacama (Fuente: Extraído de ICASS LTDA., 2014) | 13 |
| Figura 1-6: | Principales acuíferos de la Cuenca del Salar de Atacama | 15 |
| Figura 1-7: | Porcentaje de especies Azonales y Zonales según su origen | 20 |
| Figura 1-8: | Clasificación de la vegetación del Salar de Atacama según Gajardo (1994) | 21 |
| Figura 1-9: | Clasificación de la vegetación del Salar de Atacama según Luebert & Pliscoff (2006) | 23 |
| Figura 1-10: | Pisos vegetacionales según Luebert & Pliscoff (2006) | 24 |
| Figura 1-11: | Vegetación Azonal en el Salar de Atacama | 28 |
| Figura 1-12: | “El Yatiri”, Arturo Borda, 1918 | 32 |
| Figura 1-13: | Usos en San Pedro de Atacama, Toconao, Talabre, Camar, Socaire y Peine Fuente: Villagrán et al. 1998 | 34 |
| Figura 1-14: | Usos en Talabre. Fuente: Cárdenas 1998 | 34 |
| Figura 1-15: | Usos en Río Grande. Fuente: Romo et al. 1999 | 35 |
| Figura 1-16: | Usos en Caspana. Fuente: Villagrán et al. 1998 | 35 |
| Figura 1-17: | Uso Actual del Suelo en zona andina de la Región de Antofagasta | 49 |
| Figura 1-19: | Curva de rarefacción de especies de los registros para el Salar de Atacama | 56 |
| Figura 1-20: | Registro de especies en CONC según año de colecta para el Salar de Atacama | 56 |
| Figura 1-20: | Principales fuentes de información | 60 |
| Figura 1-21: | Fecha de las publicaciones | 61 |
| Figura 1-22: | Publicaciones por temática principal abordada | 62 |
| Figura 1-23: | Proyección de las diferentes capas en formato SIG generadas en este reporte | 63 |
| Figura 2-1: | Puntos de Prospectados | 83 |
| Figura 3-1: | Gráficos de Distribución Mensual de Colectas Según Grupo de Especies de Flora. Fuente elaboración propia | 104 |

Índice de Fotos

| | | |
|------------|---|-----|
| Foto 2-1: | Matorral con dominancia de <i>Atriplex atacamensis</i> / <i>Atriplex imbricata</i> (sector aldeaño campamento SQM) | 84 |
| Foto 2-2: | Matorral con dominancia de <i>Aloysia deserticola</i> (Tilopozo sector Cantera) | 85 |
| Foto 2-3: | Matorral de <i>Ephedra breana</i> (sector oeste de Tilopozo) | 85 |
| Foto 2-4: | Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> (sector de 062 Tilomonte) | 85 |
| Foto 2-5: | Vega de <i>Phragmites australis</i> y <i>Schoenoplectus californicus</i> (Sector 062 La Brava 2) | 86 |
| Foto 2-6: | Vega con dominancia de <i>Distichlis spicata</i> (Sector 01 Chepica) | 86 |
| Foto 2-7: | Vega con dominancia de <i>Juncus balticus</i> (Sector 061 Tilopozo Ojo de Agua) | 86 |
| Foto 2-8: | Vega con dominancia de <i>Schoenoplectus californicus</i> (Sector P6) | 87 |
| Foto 2-9: | Vega con dominancia de <i>Triglochin concinna</i> (sector La punta) | 87 |
| Foto 2-10: | Matorral hídrico con dominancia de <i>Sarcocornia fruticosa</i> (sector 061 Tilopozo) | 87 |
| Foto 2-11: | Vega de <i>Baccharis juncea</i> y <i>Schoenoplectus californicus</i> (Sector 061 Tilopozo Ojo de Agua) | 88 |
| Foto 2-12: | <i>Baccharis juncea</i> (Sector 061 Tilopozo Ojo de Agua) | 88 |
| Foto 3-1: | Individualización de material vegetativo al momento de la colecta | 105 |
| Foto 3-2: | Embalaje de material vegetativo para el traslado de Muestras Vegetales a Concepción | 106 |
| Foto 3-3: | Capacitación Reconocimiento de Especies y Estados de Desarrollo a Asistente de Comunidad de Peine | 107 |
| Foto 3-4: | Recepción, recuperación y limpieza en Laboratorio Ecobiosis de la Universidad de Concepción | 112 |
| Foto 3-5: | Especies en Invernadero | 113 |
| Foto 3-6: | Poaceae (Izquierda Abajo) y <i>Distichlis spicata</i> | 113 |
| Foto 3-7: | <i>Sarcocornia andina</i> , <i>Lycium humile</i> y <i>Nitropila atacamensis</i> | 114 |
| Foto 3-8: | <i>Eleocharis pseudoalbibracteata</i> | 114 |
| Foto 3-9: | <i>Triglochin concinna</i> , <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Juncus balticus</i> | 115 |
| Foto 3-10: | a: <i>Distichlis spicata</i> , b: <i>Eleocharis pseudoalbibracteata</i> , c: <i>Juncus balticus</i> , d: <i>Nitropila atacamensis</i> , e: Poaceae sp.y | 116 |
| Foto 3-11: | Arriba: <i>Triglochin concinna</i> , abajo: <i>Schoenoplectus californicus</i> | 117 |

| | | |
|------------|---|-----|
| Foto 4-1: | Crecimiento clonal, adaptado de Körner (2003) | 120 |
| Foto 4-2: | Individualización de material vegetativo al momento de la colecta | 125 |
| Foto 4-3: | Recepción, recuperación y limpieza en Laboratorio Ecobiosis de la Universidad de Concepción | 126 |
| Foto 4-4: | Especies en Invernadero | 127 |
| Foto 4-5: | Poaceae (Izquierda Abajo) y <i>Distichlis spicata</i> | 127 |
| Foto 4-6: | <i>Sarcocornia andina</i> , <i>Lycium humile</i> y <i>Nitropila atacamensis</i> | 128 |
| Foto 4-7: | <i>Eleocharis pseudoalbibracteata</i> | 128 |
| Foto 4-8: | <i>Triglochin concinna</i> , <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Juncus balticus</i> | 129 |
| Foto 4-9: | Izquierda: <i>Triglochin concinna</i> , Derecha: <i>Schoenoplectus californicus</i> | 130 |
| Foto 4-10: | a: <i>Distichlis spicata</i> , b: <i>Eleocharis pseudoalbibracteata</i> , c: <i>Juncus balticus</i> , d: <i>Nitropila atacamensis</i> , e: Poaceae sp. y e. <i>Sarcocornia andina</i> | 131 |
| Foto 4-11: | Macollas en desarrollo | 132 |
| Foto 4-12: | a: <i>Distichlis spicata</i> , b: <i>Eleocharis pseudoalbibracteata</i> , c: <i>Juncus balticus</i> , d: <i>Nitropila atacamensis</i> , e: Poaceae sp. y e. <i>Sarcocornia andina</i> | 133 |
| Foto 4-13: | Esquejes de <i>Sarcocornia andina</i> | 134 |
| Foto 4-14: | Mezcla de sustrato y turba. a: sustrato proveniente de zonas inundadas, b: sustrato de zonas con costra de sal | 135 |
| Foto 4-15: | Semillas de <i>Juncus balticus</i> en proceso de limpieza | 138 |
| Foto 4-16: | Ejemplo de montaje de semillas. Para los ensayos de germinación en oscuridad las placas Petri son cubiertas con papel aluminio para evitar que cualquier haz de luz interfiera con los resultados | 139 |
| Foto 4-17: | Revisión de una placa Petri, bajo condiciones que simulan oscuridad | 141 |

Presentación

Durante el año 2020 Albemarle inció la implementación del compromiso ambiental denominado Estudio de la historia de vida de especies vegetales Azonales del Salar de Atacama que ejecuta la empresa Ausenco.

Durante el primer semestre se han ejecutado los capítulos de: a) revisión bibliográfica, b) prospección de la vegetación y flora, c) colecta de material vegetal y semillas y d) diseño experimental.

A continuación, se presenta un resumen consolidado de los cuatro informes entregados a la fecha a ser informados al Consejo de Pueblos Atacameños.

1 Capítulo: Revisión Bibliográfica

1.1 Introducción

Albemarle Limitada, en adelante Albemarle, es una empresa dedicada al desarrollo, fabricación y comercialización de productos químicos tecnológicamente avanzados y de alto valor agregado. A nivel mundial, es un importante productor integrado de litio y de compuestos de litio utilizados en baterías para artículos electrónicos, vehículos de transporte y futuras tecnologías de almacenamiento de energía, que satisfacen la creciente demanda global de estos productos. En Chile cuenta con una trayectoria de casi 40 años, dedicada a la extracción y procesamiento de salmueras y a la producción y despacho de sales de litio y sus derivados¹.

En el año 2016, durante el proceso de EIA (Adenda 5), en el marco del proyecto “EIA Modificaciones y mejoramiento del sistema pozas de evaporación solar en el Salar de Atacama” calificado ambientalmente a través de la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N° 021/2016, se propuso voluntariamente, como parte del Plan de Manejo Biótico, cuatro compromisos con el objetivo de aumentar el conocimiento científico de los ecosistemas del Salar de Atacama. Uno de ellos es el estudio de la historia de vida de especies vegetales azonales y zonales en el Salar de Atacama², cuyo objetivo general es producir, sembrar, propagar y plantar especies vegetales azonales y zonales presentes en el área de interés y producir un stock de plantas, con el objeto de asegurar su conservación y la necesidad de enriquecer áreas.

A fines del año 2019, Albemarle adjudicó la licitación de la Implementación del Compromiso Ambiental Voluntario: “Estudio Historia de Vida de especies vegetales azonales, Salar de Atacama” a Ausenco.

El compromiso adquirido por Ausenco tiene como propósito apoyar en la generación de conocimiento acerca de los ecosistemas azonales de altura (sistemas azonales hídricos) y sus especies de flora, así como de las artes y prácticas para asegurar su conservación. Contempla el trabajo durante cuatro años para revisar y analizar el estado de conocimiento de las especies que crecen en el área del Salar de Atacama, la prospección de los ecosistemas y sus especies en terreno, la recolección de material genético para su posterior estudio de técnicas de propagación. A su vez, a partir de los resultados de este proyecto, se espera establecer técnicas de producción de especies vegetales de diferentes especies, con diferentes objetivos usos y fines.

Los sistemas vegetacionales azonales hídricos de altura corresponden a ecosistemas ampliamente distribuidos en la cordillera de los Andes, sin embargo, pese a su vasta presencia, es un recurso muy escaso en la zona Norte y Centro Norte del país, constituyéndose en lugares de alta relevancia por su particular diversidad biológica y por el rol que representan para los sistemas productivos de las comunidades locales, basados en técnicas ancestrales” (Ahumada y Faúndez 2009).

La importancia de conservar este tipo de ecosistemas radica en que cumplen una serie de funciones aprovechadas por el hombre (Servicios Ecosistémicos), dentro de las que destacan: fuente de aprovisionamiento de agua de bebida y para uso industrial y aporte de

¹ <http://www.albemarlelitio.cl/products>

² Información entregada por Albemarle en las bases de licitación

forraje en cantidad y calidad óptima para la crianza de ganado. Además, es necesario considerar otras funcionalidades de estos ecosistemas tales como fuente de biodiversidad y "pool" genético, corredores biológicos especialmente para aves migratorias y reguladores de ciclos hidrológicos (Quezada 2001).

El Proyecto Estudio Historia de Vida de especies vegetales azonales, Salar de Atacama, se desarrollará en la Región de Antofagasta, Provincia de El Loa, comuna de San Pedro de Atacama, en el borde sur del Salar de Atacama, a 27 kilómetros al oriente de la localidad de Peine, a una altura geográfica aproximada de 2.300 m.s.n.m. en el área denominada Núcleo del Salar, la cual corresponde a un cuerpo salino formado de costras duras de cloruro de sodio y depósitos minerales. Las áreas de estudio en el marco del proyecto corresponden a los sistemas hidrológicos: Peine (L. Interna, L. Saladita y L. Salada), La Punta y La Brava, Soncor y Aguas de Quelana. En estos sistemas hidrológicos se encuentran diferentes ecosistemas de tipo azonal, dentro de los cuales destacan: la marisma de *Ruppia filifolia*, el Herbazal de *Stipa atacamensis*-*Arenaria rivularis*, las Vegas de *Baccharis juncea*-*Juncus arcticus*-*Distichlis spicata* y el Matorral de *Pluchea absinthioides*-*Distichlis spicata*.

1.2 Recopilación de información bibliográfica

En una primera aproximación se realizaron búsquedas, utilizando el programa Google, como motor de búsqueda, utilizando términos claves como "Vegetación Salar Atacama", "Flora Salar Atacama", "Especies Salar Atacama", entre otros. Mediante este tipo de búsqueda se pudo acceder, en una segunda aproximación, a sitios de organizaciones nacionales e internacionales, públicas y privadas, las cuales incluyeron repositorios de Universidades, revistas científicas, empresas y reparticiones de gobierno, entre otras. Posteriormente, se restringió la búsqueda utilizando como motor de búsqueda a Google Académico, el cual es un buscador de Google enfocado y especializado en la búsqueda de contenido y bibliografía científico-académica.

Para aquellos sitios que disponen de bases de datos (ver Tabla 1-1), tesis, informes y archivos disponibles para descarga en línea, se utilizaron los buscadores internos de cada plataforma utilizando los mismos términos claves antes mencionados.

Paralelamente, se realizaron búsquedas en relación a los temas de interés para este estudio, como son la descripción de variables abióticas, descripciones del área de estudio y cualquier información relevante que podría determinar la composición de las formaciones vegetales en este tipo de ambientes y las variables ecológicas a considerar para la evaluación y selección de las especies.

En el caso de artículos científicos se consultaron directamente las páginas de revistas especializadas y la información disponible en bases de datos como en bases de datos disponibles en línea como Science Direct, Elsevier science, ISI y SCIELO.

Finalmente, y en el contexto del interés por el uso tradicional de las plantas por parte de las comunidades indígenas, se realizaron búsquedas para determinar variables de tipo social (principalmente etnobotánicas) para determinar el uso tradicional.

1.2.1 Clasificación de los documentos

Los diferentes archivos recopilados fueron clasificados en función de la temática que abordaban y la escala geográfica, determinándose las siguientes categorías:

Generales: Publicaciones que describen de manera general el tipo de ambiente, el área de estudio o las variables relevantes del tipo de ambiente que se está evaluando. Esta categoría fue a su vez dividida según la escala geográfica, que considera: Global, Regional, Local (Salar de Atacama).

Etnobotánica y afines: Publicaciones que describen usos tradicionales y culturales de las plantas en las comunidades del Salar de Atacama.

Humedales: Publicaciones que describen la ecología, funcionamiento y características principales de los ambientes como el Salar de Atacama. En esta categoría también fueron incluidas las principales regulaciones que rigen sobre estos sistemas.

Protección: Publicaciones en relación a las áreas o ambientes protegidos en el área de estudio.

Flora y vegetación: Publicaciones enfocadas a establecer la flora y vegetación de Salar de Atacama.

Líneas base: Publicaciones asociadas a EIA y DIA de proyectos evaluados en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, que posean antecedentes o registros de flora y/o vegetación.

Obligatorios: Publicaciones que, de acuerdo al criterio del mandante, fueron consideradas documentos a considerar en la presente revisión.

Varios documentos pudieron clasificarse en más de una categoría, sin embargo, como criterio para establecer la clasificación se consideró la mayor relevancia o la principal utilización del documento en cuestión en el presente informe.

Tabla 1-1: Principales Repositorios Digitales

| Nombre de la entidad | Sigla | Descripción | Página web de los buscadores |
|---|-------|---|---|
| Centro de Información de Recursos Naturales | CIREN | Ministerio de Agricultura | http://bibliotecadigital.ciren.cl/ |
| Corporación Nacional Forestal | CONAF | Ministerio de Agricultura | https://www.conaf.cl/centro-de-documentacion/ |
| Corporación de Fomento de la producción | CORFO | Ministerio de Economía, Fomento y Turismo | https://www.corfo.cl/sites/cpp/movil/informepublicos |
| Servicio Agrícola y Ganadero | SAG | Ministerio de Agricultura | https://www.sag.gob.cl/ambitos-de-accion/laboratorio-de-semillas |
| Ministerio de Medio Ambiente | MMA | Ministerio de Medio Ambiente | http://especies.mma.gob.cl/CNMWeb/Web/WebCiudadana/Default.aspx |
| Servicio de Evaluación Ambiental | SEA | Organismo público | https://www.sea.gob.cl/ |

| Nombre de la entidad | Sigla | Descripción | Página web de los buscadores |
|---|---------|---|---|
| Biblioteca del Congreso Nacional de Chile | BCN | Senado y la Cámara de Diputados | https://www.leychile.cl/Consulta/homebasico |
| Dirección General de Aguas | DGA | Ministerio de Obras Públicas | https://dga.mop.gob.cl/estudiospublicaciones/Paginas/default.aspx |
| Universidad de Chile | UCHILE | Universidades y/o Institutos de Investigación | http://repositorio.uchile.cl/ |
| Universidad de Concepción | UDEC | Universidades y/o Institutos de Investigación | http://repositorio.udec.cl/ |
| Universidad de la Serena | USERENA | Universidades y/o Institutos de Investigación | http://repositorio.userena.cl/ |
| Instituto de Ecología y Biodiversidad | IEB | Universidades y/o Institutos de Investigación | https://iebchile.cl/articulos/ |

1.2.2 Otras fuentes de información

Además de los documentos formalmente publicados, en el presente reporte se entrega y sistematiza información procedente de otras fuentes de información a las cuales se pudo tener acceso. Se consideró información en diferentes formatos, como bases de datos de consulta en línea, listados temáticos de especies, bases de datos de instituciones y observaciones que el equipo de trabajo pudo realizar sobre material herborizado. La principal utilidad de este tipo de información en el presente informe es entregar un listado de las especies que crecen en el área de estudio, junto con la mayor cantidad de información que se pudo recopilar de ellas.

1.2.2.1 Bases de datos en línea

Mucha de la información de las especies que crecen en el país se encuentra disgregada en diferentes publicaciones de difícil acceso. A su vez los listados de especies considerados presentan nombres desactualizados, erróneos o incompletos. Si bien, en el presente informe se toma como referencia de la nomenclatura de las especies y gran parte de los atributos considerados por Rodríguez et al. (2018), muchos de los nombres tuvieron que ser consultados en páginas especializadas o bases de datos en línea para corroborar la información. Las principales paginas consultadas se listan en la Tabla 1-2.

Tabla 1-2: Páginas consultadas en el presente informe

| Página | Instituciones que la respaldan | Disponible en |
|---------------------------------|---|---|
| International Plant Names Index | The Royal Botanic Gardens, Kew, The Harvard University Herbaria y The Australian National Herbarium | https://www.ipni.org/ |
| Flora del Cono Sur | Instituto de Botánica Darwinion | http://www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/BuscarEspecies.asp |
| Tropicos w3 | Missouri Botanical Garden | https://www.tropicos.org/nameSearch |

| Página | Instituciones que la respaldan | Disponible en |
|---|---|---|
| The Plant List | Multiple organizaciones internacionales | http://www.theplantlist.org/ |
| Angiosperm Phylogeny Website | Missouri Botanical Garden | http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/ |
| Catálogo de las Plantas Vasculares de Bolivia | Missouri Botanical Garden | http://legacy.tropicos.org/namearch.aspx?projectid=13 |
| Inventario nacional de especies de Chile | Ministerio de Medio Ambiente, Chile | http://especies.mma.gob.cl/CNMWeb/Web/WebCiudadana/Default.aspx |

1.2.3 Colecciones de herbario

Los principales herbarios nacionales corresponden al Herbario del Museo Nacional de Historia Natural (SGO), El Herbario de la Universidad de Concepción³ (CONC) y el Herbario de La Universidad de la Serena (ULS), donde se resguarda las principales colecciones de plantas herborizadas del País. Entre estas instituciones destaca CONC, al poseer una de las colecciones más importante en cuanto a número de ejemplares y envergadura geográfica de las colecciones, correspondiendo al Herbario de Fanerógamas más completo e importante de Chile.

Se consultó la base de datos del Herbario de la Universidad de Concepción (CONC), y se tuvo acceso a la colección de plantas herborizadas del Salar de Atacama. En una etapa preliminar se trabajó con una base de datos de 2.408 registros georreferenciados (Figura 1-1). Debido a que la georreferenciación de datos se encuentra en grados y minutos (baja precisión) y que, en el caso de colectas antiguas, esta georreferenciación fue establecida asignando la localización de acuerdo con el antecedente del sitio de colecta proporcionado por el colector (etiqueta de la muestra), cuya referencia normalmente se asocia a la localidad cercana más conocida, fue necesario restringir la búsqueda (Figura 1-2).

³ <https://www.naturalesudec.cl/departamentos/botanica/>



Figura 1-1: Registros del Herbario de Concepción en Cuenca del Salar de Atacama. Elaboración propia

De acuerdo a la nueva restricción, los registros válidos para el área del Salar de Atacama corresponden a un total de 1462 registros. Los nombres de estas especies fueron actualizados e incorporados en el listado de registro de especies del salar de Atacama.

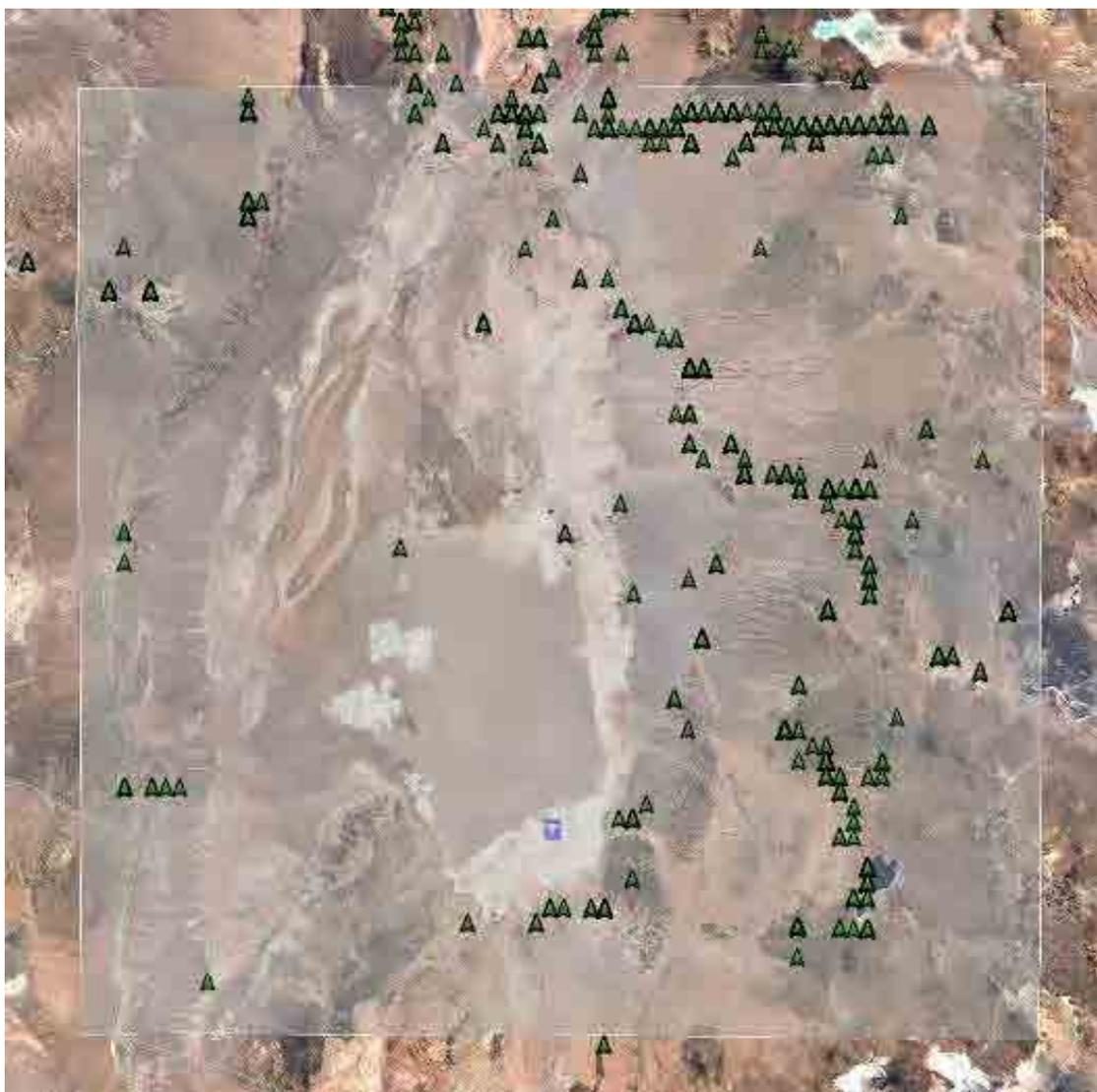


Figura 1-2: Registro del Herbario a una Sección más Acotada del Salar de Atacama. (Elaboración propia)

1.3 Resultados

1.3.1 Área de Estudio

La cuenca de Atacama se ubica en la Región de Antofagasta, aproximadamente a 150 kilómetros al sureste de la ciudad de Calama, entre los 22°57' y 23°47' latitud Sur, esta corresponde a una cuenca endorreica que se desarrolla en el centro oriente de la región a una altitud de 2.300 m.s.n.m., presenta una superficie de 15.620 km², con su mayor longitud en sentido N-S de 210 km y un ancho máximo de 110 km (Amakaik 2018). Se encuentra ubicada entre la Cordillera de los Andes al Este y por la Cordillera de Domeyko al Oeste (Alonso & Risacher 1995). El fondo de la cuenca de Atacama está ocupado por el salar propiamente tal, el que posee una superficie aproximada de 3000 km², superficie que lo posiciona como el salar más grande de Chile (Alonso & Risacher 1996).

La zona de menor elevación en la cuenca corresponde al núcleo de salar (2300 m.s.n.m.); este tiene una superficie de aproximadamente 1600 km². En torno al núcleo, existen zonas húmedas de vegas, lagunas y bofedales, a este sector se le conoce como zona marginal (Gestión Ambiental Consultores (2009). La extensión húmeda alcanza aproximadamente a 1.500 km², lo que representa un 10% de la superficie total, con una altitud media de 2.400 m.s.n.m. Constituye la base de equilibrio de una profusa red de drenaje, cuyas principales vías de escurrimiento desembocan en la cabecera norte del salar a través de los ríos San Pedro y Vilama (Cade-Idepe, 2004).

1.3.2 Variables abióticas

Las variables abióticas que a continuación se describen corresponden a aquellas que se consideraron relevantes para el desarrollo vegetal en el área de estudio. En estos ambientes la disponibilidad del agua constituye el principal factor limitante de la productividad primaria y tiene efectos directos e indirectos tanto sobre los procesos ecosistémicos como los culturales y socio económicos (Noy-Meir 1973, Bainbridge 2012, Villagra et al. 2013). Por tal motivo, las variables que se describen a continuación corresponden a aquellas que tienen relación directa o indirecta sobre la disponibilidad de agua en los sistemas. Entre ellas están: Clima, Geomorfología, Recursos Hídricos y Suelo. Por ejemplo, la humedad del suelo es determinada por la cantidad de precipitación, la retención de agua en la superficie de almacenaje, la tasa de infiltración en el suelo, la cobertura del suelo, el tipo de suelo, entre muchos otros factores (Bainbridge 2012). La superficie del suelo en zonas desérticas puede estar húmeda por unos pocos días o semanas cada año, si la lluvia es infrecuente la mayor parte de la humedad puede evaporarse antes de que pueda atravesar a las capas más profundas de suelos viejos con mayor desarrollo de Horizontes pueden dramáticamente reducir el movimiento de humedad hacia los suelos más profundos la recarga profunda del suelo puede ocurrir solamente durante prolongadas lluvias e inundaciones (Bainbridge 2012).

1.3.2.1 Variable climática

A escala regional, la variación espacial del clima es uno de los principales factores que determinan la variación espacial de la vegetación (Woodward 1987, Walter 2002).

El área de estudio posee clima Desértico Marginal de Altura (BWH, siguiendo la clasificación de Köppen), el cual se presenta por el centro de la Región, entre los 2.000 y 3.000 m de altura. En este clima, el régimen de precipitaciones se presenta mezclado observándose precipitaciones estivales y también de origen ciclónico, aunque escasas en ambos casos. Las de origen ciclónico, se presentan con intervalos de varios años, cuando se registran inviernos pluviométricamente rigurosos en la zona central del país. En estos casos, suelen ser mayores a las del verano (Gestión Ambiental Consultores, 2009). Entre los meses de abril y noviembre las precipitaciones son prácticamente nulas por la presencia del Anticiclón del Pacífico, por el contrario, en los meses de verano el Anticiclón se desplaza hacia latitudes mayores permitiendo la penetración del Frente Ecuatorial de bajas presiones, lo que genera inestabilidad atmosférica en el altiplano con corrientes ascendentes de aire y formación de nubes. Este fenómeno se reconoce como el invierno altiplánico y se caracteriza por presentar importantes precipitaciones (ICASS LTDA. 2014).

De acuerdo a Gestión Ambiental Consultores (2009), la precipitación promedio anual en Peine alcanza los 20,3 mm (promedio para el periodo 1992-2006). Las lluvias se concentran en verano, época en la que ocurre el invierno altiplánico, siendo febrero y marzo

los meses más lluviosos ambos con 5,9 mm. El mes más seco corresponde a noviembre con sólo 0,03 mm de precipitación.

La temperatura anual y estacional en los desiertos presenta una amplia variación térmica, con altas temperaturas durante el verano, las que pueden exceder los 41 °C. Incluso estas temperaturas pueden ser mayores cuando la humedad incrementa y la radiación nocturna es reducida, pudiendo permanecer estable durante la noche (Bainbridge 2012). Esta variable se ve modificada con la elevación a la cual se encuentran este tipo de ambientes (Bainbridge 2012, ICASS LTDA. 2014). Debido a la altura, las temperaturas son más frías y la misma altura atenúa las oscilaciones térmicas anuales, pero aumenta las diarias (ICASS LTDA. 2014). Se ha registrado en desiertos de baja altitud temperaturas por sobre los 20 grados en medio del invierno con mínima de 5 a 10 °C los que pueden descender a temperaturas congelantes durante varias horas y dañar a las plantas más sensibles (Bainbridge 2012).

Valores reportados por Gestión Ambiental Consultores (2009), en el Salar de Atacama, indican una temperatura media anual de 16,6 °C. La temperatura máxima media del mes más cálido, enero, es de 30,6 °C, mientras que la mínima media del mes más frío, julio, es de 0,2 °C.

En cuanto a la humedad relativa media anual en la estación Salar es de 30,0% en la medición de mañana y de un 14,1% en la medición de mediodía. Esta diferencia se explica producto del aumento de la radiación solar en la medida que avanza el día. Los datos de humedad relativa en la estación Salar para el período (1993-2006). Gestión Ambiental Consultores (2009).

Con el fin de tener antecedentes de variables abióticas relacionadas con el clima se graficaron las variables bioclimáticas Bio1, Bio5 y Bio6 (Figura 1-3) disponibles en <https://www.worldclim.org/data/bioclim.html>. Las variables bioclimáticas se derivan de los valores mensuales de temperatura y precipitación para generar variables biológicamente más significativas. A menudo se usan en modelos de distribución de especies y técnicas de modelos ecológicos relacionados.

- BIO1 = Temperatura media anual.
- BIO5 = Temperatura máxima del mes más cálido.
- BIO6 = Temperatura mínima del mes más frío.

**Cuencas Hidrograficas Proyecto:
Historia de Vida de Especies Vegetales Azonales del Salar de Atacama**

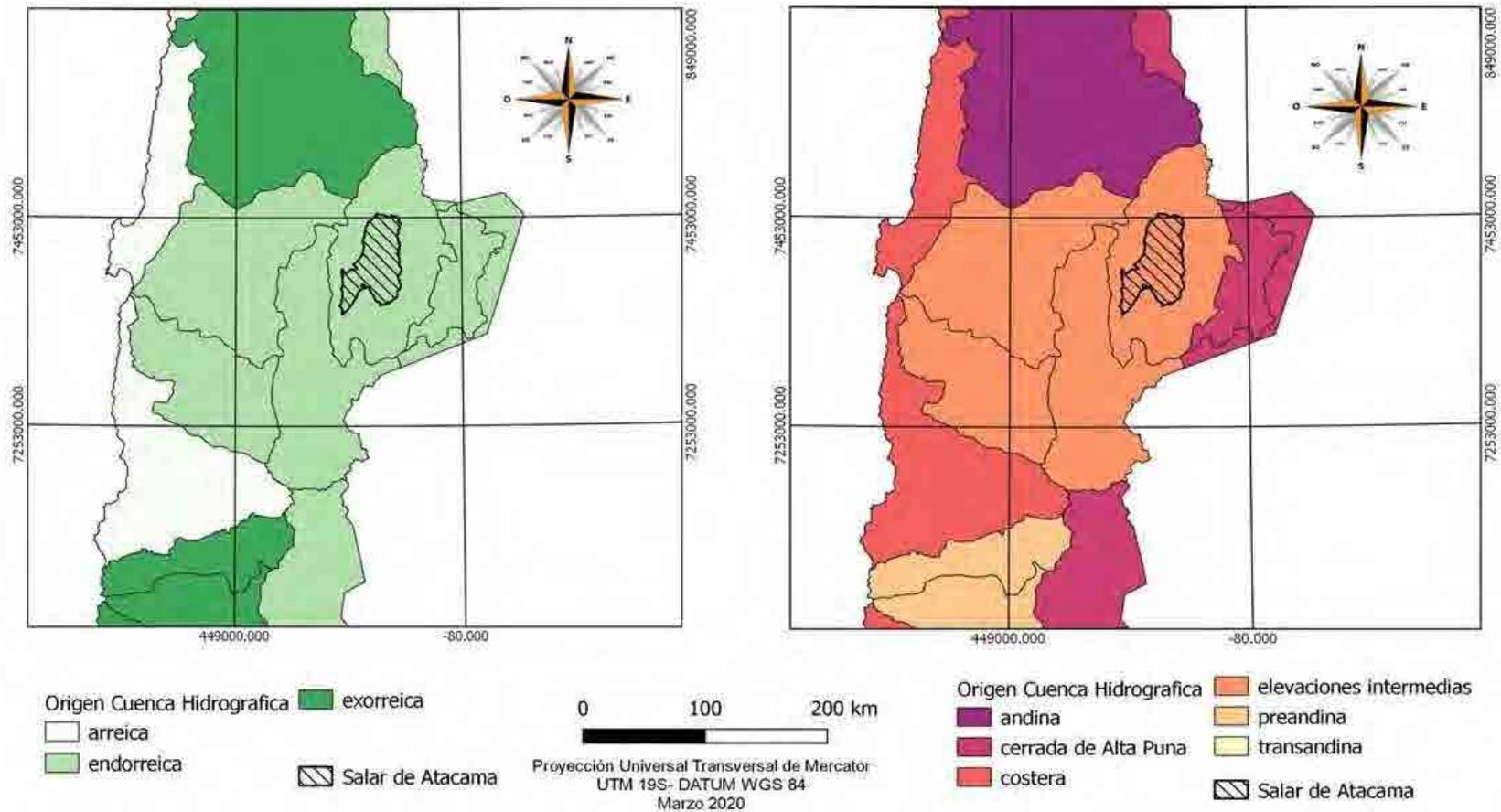


Figura 1-3: Cuenca del Salar de Atacama (Fuente: <https://www.worldclim.org>)

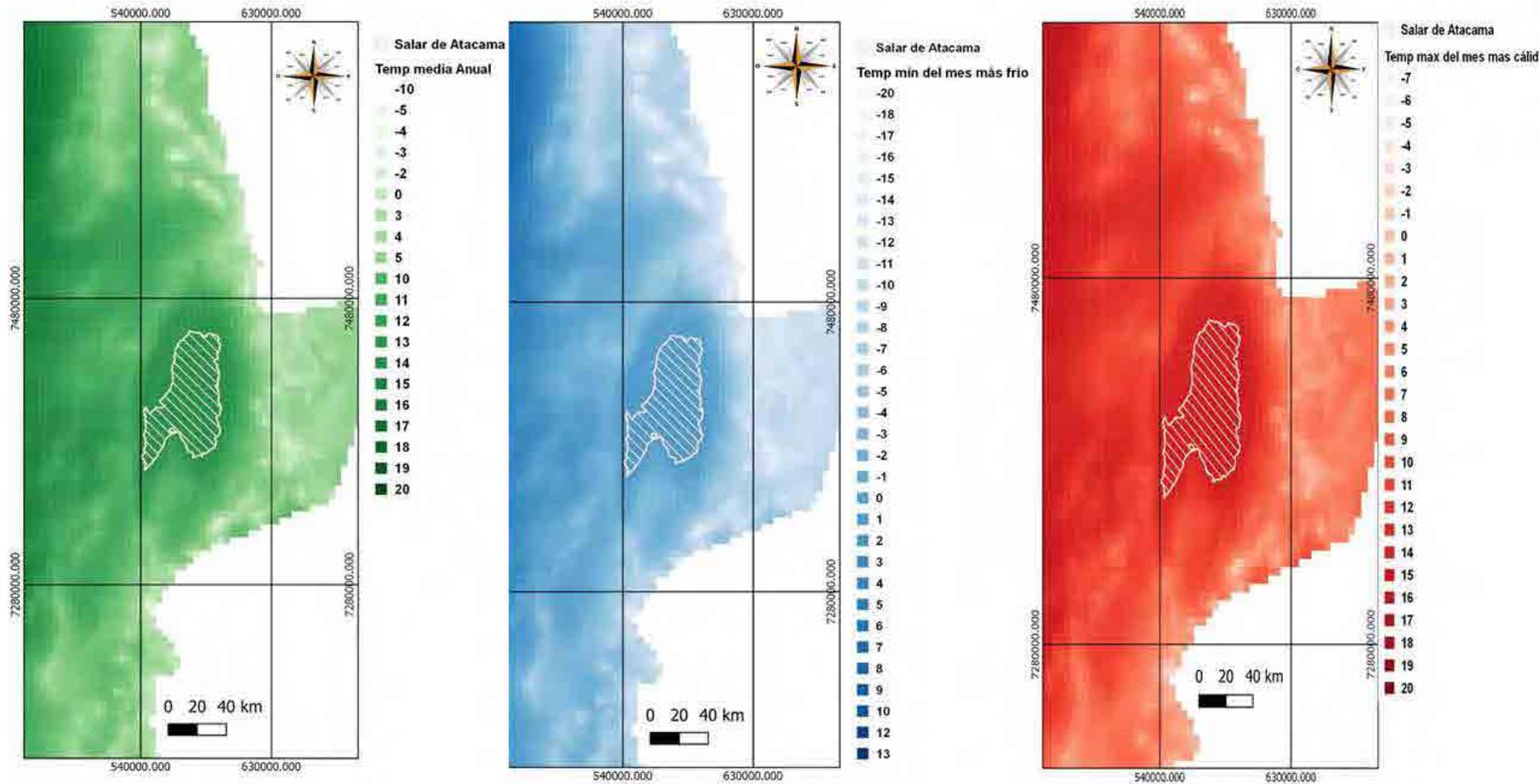


Figura 1-4: Variables bioclimáticas para el Salar de Atacama (Fuente: <https://www.worldclim.org/data/bioclim.html>)

1.3.2.2 Variable Geomorfológica

La hoya hidrográfica del Salar de Atacama está delimitada por morfoestructuras de orientación principal norte-sur, las cuales de oeste a este se disponen en el siguiente orden (Figura 1-5): Cordillera de Domeyko, Llanos de la Paciencia, Cordillera de la Sal, Salar de Atacama, Cordillera Occidental de los Andes, donde se ubica el arco volcánico actual, y por el sur el Cordón de Lila (ICASS LTDA. 2014).

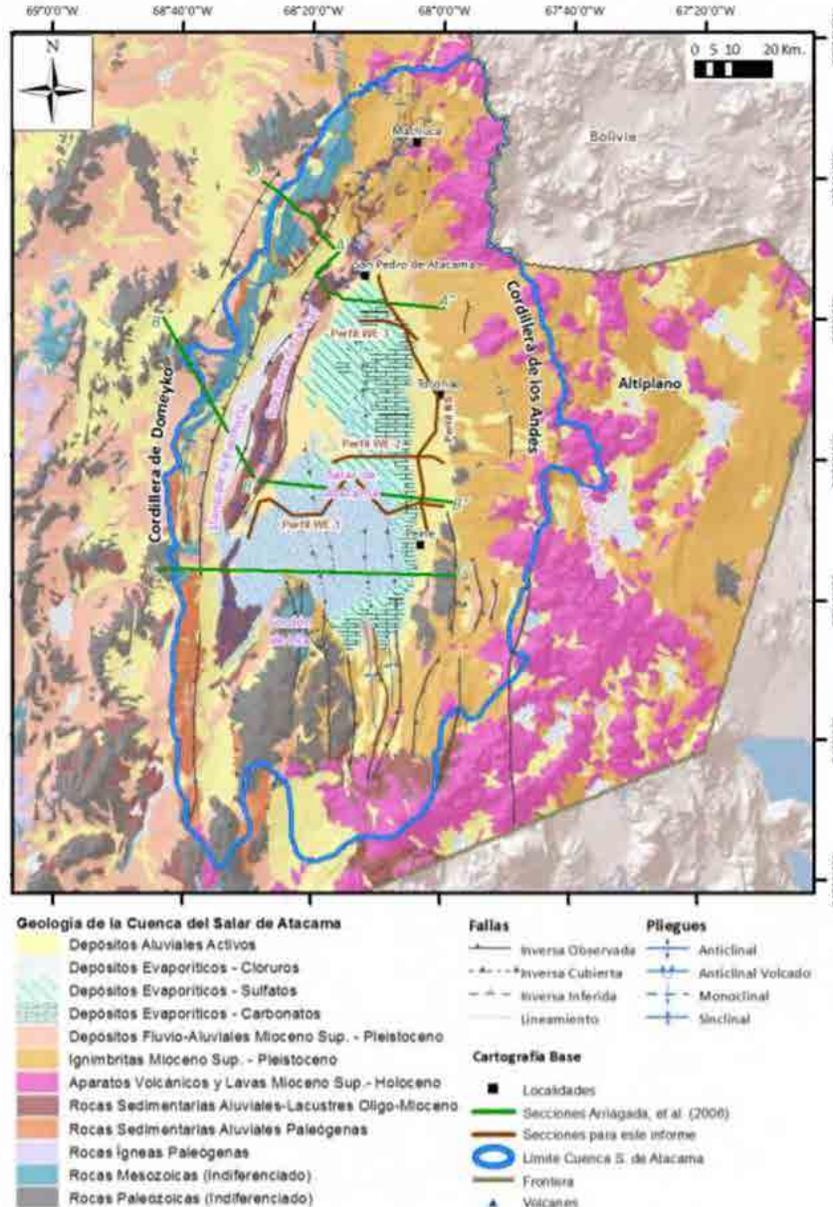


Figura 1-5: Principales morfoestructuras y unidades geológicas de la cuenca del Salar de Atacama (Fuente: Extraído de ICASS LTDA., 2014)

1.3.2.3 Variable de Disponibilidad del recurso hídrico

Una de las variables más críticas que define la existencia de la vegetación y la flora, corresponde a la disponibilidad del recurso hídrico.

La red hidrográfica de la cuenca del Salar de Atacama se conforma principalmente por una serie de cauces en el sector norte y oriente de la cuenca. En el sector norte destacan el río San Pedro, formado por la confluencia de los ríos Grande y Salado, y el río Vilama, ambos con sentido de escurrimiento de norte a sur en su tramo inicial. Aguas abajo de San Pedro de Atacama el río San Pedro se desvía hacia el poniente bordeando el Salar de Atacama para luego desviarse nuevamente hacia el oriente formando un gran abanico de deposición en su tramo final. La hidrografía del sector oriente se conforma por una serie de quebradas con sentido de escurrimiento de este a oeste, pequeña longitud y caudales esporádicos y de baja magnitud ICASS LTDA. (2014).

1.3.2.3.1 Acuíferos

Los principales acuíferos a nivel regional se encuentran en sedimentos clásticos que rellenan salares e importantes valles, en rocas carbonatadas depositadas en el tramo medio del río Loa y en rocas volcánicas fracturadas en el Altiplano y vertiente occidental de la Cordillera de los Andes. Estos acuíferos se encuentran asociados a las unidades hidrogeológicas de permeabilidad alta, media y alta a baja, respectivamente. Los de mayor importancia corresponden a los acuíferos del Salar de Atacama (Figura 1-6), Salar de Ascotán y Salar de Punta Negra, los que corresponden a Acuíferos en rellenos sedimentarios, que se presentan libres a semi confinados con espesores entre 50 a 200 m y distribución areal variable (DGA 2004). Estos acuíferos son alimentados por aguas lluvias, escorrentía superficial continua o esporádica y escorrentía subterránea que fluye a través de rocas fracturadas que conforman los bordes de las cuencas hidrográficas que los contienen; por otro lado, la descarga se produce principalmente por evaporación, o en forma artificial por la extracción de pozos.

Factores que determinan la Calidad de agua superficial en la cuenca.

De acuerdo a Cade-Idepe (2004, sección conclusiones del mismo trabajo), la calidad natural del agua superficial de la cuenca está influenciada fuertemente por las siguientes características que explican la calidad actual del Salar de Atacama:

- La calidad natural de los principales afluentes de la cuenca del Salar de Atacama, los ríos San Pedro y Vilama, varía de regular a mala. Los tributarios del borde este, quebrada de Peine, Camar, Talabre y Jerez, muestran una buena calidad natural.
- La calidad natural del salar está fuertemente influenciada por la litología que es rica en sales y metales.
- La edafología interviene de manera considerable en las características de salinidad de las aguas.
- En la cuenca se encuentran yacimientos de bórax, litio, sodio y potasio, lo que muestra que es muy rica en sales que intervienen en el aumento de la conductividad eléctrica, cloruros, sulfatos, etc.

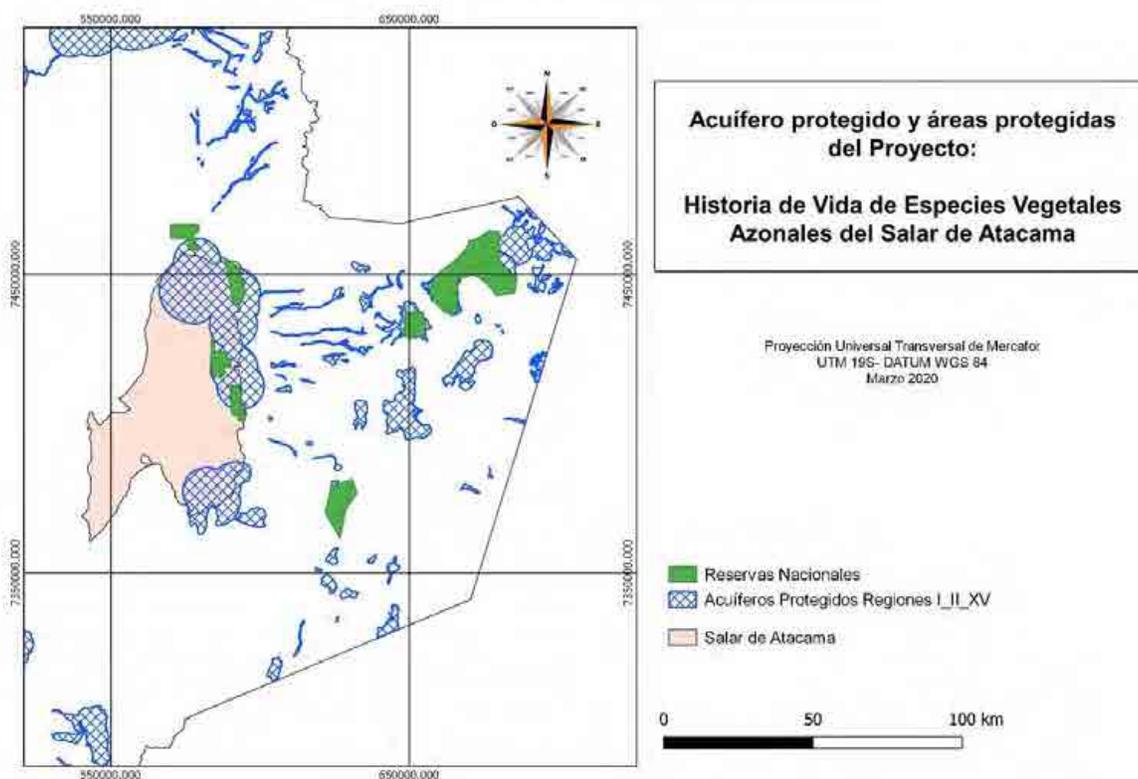


Figura 1-6: Principales acuíferos de la Cuenca del Salar de Atacama

(Fuente: <http://www.ide.cl/index.php/aguas-continentales/item/1503-acuíferos-protegidos-regiones-i-ii-xv>)

1.3.2.4 Variable disponibilidad de Suelos

Hacia finales del pleistoceno se produjo un intenso período de actividad volcánica en la Cordillera de los Andes el cual se prolongó hasta el presente, generando estructuras volcánicas andesíticas que sobrepasan los 6000 m s.n.m. Sus efusiones jugaron un papel importante en el control de la red de drenaje y en el desarrollo de cuencas lacustres elevadas en el altiplano. En este periodo se desarrollaron los depósitos evaporíticos acumulados en los salares. Una inusual escasez regional de carbonatos y una abundancia de sulfatos y cloruros ácidos. Acorde al modo de evolución observado se identifican tres grupos principales alcalinos, ricos en sulfatos, ricos en calcio. En el norte de Chile la mayor parte de los salares descritos pertenece al grupo de los ricos en calcio y o ricos en sulfato (Luzio 2010).

Los suelos de la Región de Antofagasta forman parte de los denominados “Suelos del Desierto”. Este tipo de suelo se localiza entre la Región de Arica y Parinacota y la Región de Atacama. Estos suelos son delgados a moderadamente profundos (50-100 cm), y comprenden a los órdenes Aridisoles, Histosoles y Entisoles (Gestión Ambiental Consultores 2009, Lucio 2010).

En particular, los suelos que posee esta cuenca son muy escasos ya que está constituida prácticamente en su totalidad por el cuerpo salino del Salar de Atacama. Se ha identificado sólo una unidad taxonómica que corresponde al tipo Entisol ubicada en la zona adyacente

al salar (Cade-Idepe 2004, Gestión Ambiental Consultores 2009). El tipo de suelo Entisol, se caracteriza por su carencia de horizontes bien desarrollados, poco evolucionados por la aridez de la zona, su alto contenido salino y pH elevado. Pueden ser suelos jóvenes que no han tenido tiempo de desarrollarse o bien viejos, en sentido geológico, pero que no han desarrollado horizontes por corresponder a materiales resistentes a la meteorización (Cade-Idepe 2004).

Los salares están compuestos por una costra salina formada, fundamentalmente, por cloruros, sulfatos y sedimentos detriticos finos y, en menor proporción, por boratos, carbonatos y nitratos. Estas costras presentan extensiones areales y espesores muy variables, alcanzando un máximo en el Salar de Atacama de 3.200 km de superficie y 60 m de potencia (DGA 2004).

1.3.3 Variables bióticas

1.3.3.1 Flora y Vegetacion

A partir del examen del material herborizado en CONC, la revisión bibliográfica de artículos científicos y líneas base se obtuvo una base de datos de 405 nombres de taxa (especies y categorías infraespecíficas) potenciales citadas para el Salar de Atacama. La depuración de este listado en relación a sinonimia de nombres, citas erróneas y problemas nomenclaturales, arrojó un listado de 347 nombres de especies, de los cuales 9 no pudieron ser validados. El listado de especies con diferentes atributos se entrega en el [Anexo 2: Listado de especies encontradas en la revisión bibliográfica.](#)

De acuerdo a lo anteriormente señalado, un total de 336 especies fueron registradas, pertenecientes a 50 familias. De estas especies, 299 corresponden a nativas (42 endémicas) y 37 son introducidas. Las familias con mayor representación corresponden a Asteraceae y Poaceae (Tabla 1-3).

Tabla 1-3: Familias según origen

| Familias | Endemicos | Introducidos | Nativos |
|-----------------|-----------|--------------|---------|
| Aizoaceae | | | 1 |
| Anacardiaceae | | | 2 |
| Apiaceae | 1 | 2 | 3 |
| Apocynaceae | | 1 | |
| Asteraceae | 6 | 6 | 65 |
| Balanophoraceae | | | 1 |
| Bignoniaceae | 1 | | |
| Boraginaceae | 4 | | 8 |
| Brassicaceae | 1 | 2 | 1 |
| Cactaceae | 1 | | 4 |
| Calceolariaceae | 1 | | |
| Calyceraceae | | | 2 |
| Campanulaceae | | | 1 |
| Caprifoliaceae | | 1 | 2 |
| Caryophyllaceae | 1 | | 7 |

| Familias | Endemicos | Introducidos | Nativos |
|------------------|-----------|--------------|---------|
| Chenopodiaceae | 4 | 2 | 6 |
| Convolvulaceae | | 1 | |
| Cyperaceae | | | 7 |
| Ephedraceae | | | 3 |
| Euphorbiaceae | | 1 | 1 |
| Fabaceae | 7 | 4 | 15 |
| Frankeniaceae | | | 1 |
| Gentianaceae | | | 1 |
| Geraniaceae | | 1 | 1 |
| Haloragaceae | | | 2 |
| Iridaceae | | | 1 |
| Juncaceae | | | 3 |
| Juncaginaceae | | | 2 |
| Krameriaceae | 1 | | 1 |
| Lamiaceae | | 1 | 1 |
| Loasaceae | 1 | | 3 |
| Malvaceae | 3 | 2 | 12 |
| Montiaceae | 2 | | 9 |
| Nyctaginaceae | | 1 | 1 |
| Onagraceae | | | 1 |
| Oxalidaceae | | | 2 |
| Phrymaceae | | | 1 |
| Plantaginaceae | 2 | 2 | 3 |
| Poaceae | 1 | 5 | 45 |
| Polemoniaceae | | | 2 |
| Polygonaceae | | 2 | 1 |
| Potamogetonaceae | | 1 | |
| Pteridaceae | | | 1 |
| Ranunculaceae | | | 1 |
| Rosaceae | | | 2 |
| Ruppiaceae | | | 1 |
| Solanaceae | 4 | 1 | 12 |
| Thelypteridaceae | | | 1 |
| Verbenaceae | 1 | | 9 |
| Zygophyllaceae | | 1 | 1 |

El listado completo de especies fue contrastado con las bases de datos de especies clasificadas en categorías de conservación de acuerdo al Reglamento de Clasificación de Especies. Las especies clasificadas en dichas categorías se listan en la Tabla 1-4.

Tabla 1-4: Especies y Categorías de Conservación en el área de estudio

| Familia | Nombre científico | Nombre común | Condicion | Categorías según Reglamento de Clasificación Especies*. |
|--------------|--|--------------------|-----------|---|
| Pteridaceae | Argyrochosma nivea (Poir.) Windham | Chujchu, qusupe | Zonal | LC |
| Apiaceae | Azorella compacta Phil. | Llaretta, yareta | Zonal | VU |
| Cactaceae | Cumulopuntia echinacea (Ritter) Ritter | | Zonal | LC |
| Krameriaceae | Krameria cistoidea Hook. & Arn. | Pacul, chañarcillo | Zonal | LC |
| Verbenaceae | Lampayo hieronymi K. Schum. ex Moldenke | Lampaya macho | Zonal | VU |
| Cactaceae | Maihueniopsis glomerata (Haw.) R. Kiesling | | Zonal | NT |
| Rosaceae | Polylepis tarapacana Phil. | | Zonal | VU |
| Fabaceae | Prosopis alba Griseb. | Algarrobo blanco | Zonal | LC |
| Fabaceae | Prosopis tamarugo Phil. | | Zonal | EN |

*EN = En Peligro, LC = Preocupación menor, NT = Casi amenazada, VU = Vulnerable

Según muestra la Tabla 1-4, en el área de estudio se identificaron 9 especies clasificadas en estado de conservación, una de ellas en peligro, 3 vulnerables, 4 en preocupación menor y 1 casi amenazada.

En función de dar cumplimiento a los objetivos de este informe y estudio, como variables bióticas se consideran la flora y la vegetación. De acuerdo a Hernández et al. (2000), **Vegetación** es el término que se utiliza para describir los aspectos cuantitativos de la arquitectura vegetal, incorporando la descripción de la distribución horizontal y vertical sobre la superficie de las especies que la integran, mientras que **Flora** corresponde a la definición cualitativa de esta arquitectura, en otras palabras, se refiere a las especies que componen la vegetación de un determinado lugar. De acuerdo a estos autores, el objeto del estudio de la flora son las especies vegetales, definiendo flora como el conjunto de especies presentes en un lugar o área dada. Por otro lado, el objeto del estudio de la vegetación son las comunidades vegetales, su estructura y composición florística.

Para efectos del presente informe se han identificado 4 subcomponentes bióticos que describirían la flora y vegetación del área de estudio:

- Flora zonal.
- Flora azonal.
- Vegetación zonal.
- Vegetación azonal.

La condición zonal o azonal se refiere a la dependencia de factores en relación a la distribución de las especies de acuerdo a:

Distribución Zonal: Responde a patrones de distribución de una comunidad o especie que presentan un continuo espacial que responde a agentes forzantes generales (Clima, altitud, latitud). En este caso encontramos las especies o comunidades propias de laderas o valles.

Distribución Azonal: Corresponde al patrón de distribución de una comunidad o especie que responde a condiciones locales, las que normalmente están acotadas a características de suelo o sustrato, humedad o a cualquier característica particular. En general, este término se aplica a las comunidades de humedales.

1.3.3.1.1 Flora Azonal

Del total de especies registradas para el área de estudio (336), 61 corresponderían a especies que crecen en condiciones azonal ([Anexo 2: Listado de especies encontradas en la revisión bibliográfica](#)) y 49 pueden crecer tanto en condiciones zonales como azonales ([Anexo 2: Listado de especies encontradas en la revisión bibliográfica](#), condición = Ambas). Del total, considerando a aquellas especies azonales y las que crecen en ambas condiciones, 100 corresponderían a especies nativas (Figura 1-7).

1.3.3.1.2 Flora Zonal

Del total de especies registradas para el área de estudio (336), 225 corresponderían a especies que crecen en condiciones azonal ([Anexo 2: Listado de especies encontradas en la revisión bibliográfica](#)) de estas 199 corresponderían a especies nativas (Figura 1-7).

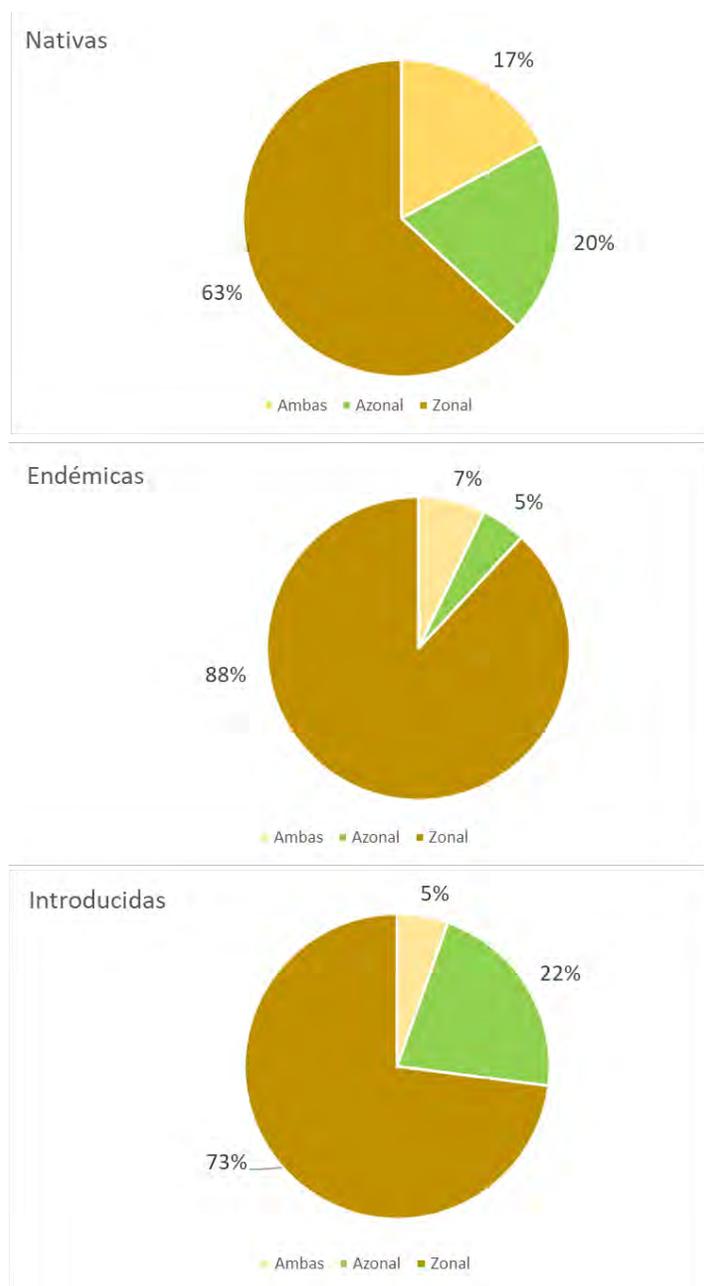


Figura 1-7: Porcentaje de especies Azonales y Zonales según su origen

1.3.3.2 Vegetación Zonal

Entre las principales clasificaciones vegetacionales existentes para Chile se encuentran las realizadas por Gajardo (1994) y Luebert y Pliscoff (2006). Ambas clasificaciones tienen un contexto global ya que consideran la vegetación de Chile en su totalidad. Dada la escala de ambas clasificaciones, es que su caracterización hace referencia principalmente a la vegetación de tipo zonal. A continuación, se señala la clasificación de la vegetación del área de estudio siguiendo a ambos autores.

1.3.3.3 La vegetación natural de Chile. Gajardo, R. (1994).

Las principales unidades de clasificación de este autor corresponden a Región vegetal y formación vegetal.

La región vegetal se define por la constitución de límites ambientales y biológicos establecidos por una expresión dada por un conjunto de características de los factores ambientales principales: geología, geomorfología, clima y suelo. Esto determina la existencia de modos de vida característicos que, dependiendo de las posibilidades productivas del medio, son resultados de procesos y convergencia evolutiva (de la Maza 1997).

La formación vegetal está definida por el carácter fisionómico de las comunidades vegetales que la constituyen. Esta fisionomía es el resultado de la combinación de formas biológicas dominantes y del modo en que se presenta la distribución espacial de las especies vegetales, o sea, por la estructura de la vegetación, tanto en su proyección vertical como horizontal. Una formación vegetal representa la expresión de determinadas condiciones de vida y está constituida por comunidades-tipo o asociaciones características de especies que, si bien difieren entre sí por su composición florística, generalmente coinciden en sus rasgos fisionómicos principales (de la Maza 1997).

De acuerdo a la clasificación de Gajardo (1994), en la siguiente Figura 1-8, se muestra un mapa con la distribución espacial de las formaciones vegetacionales en el Salar de Atacama y alrededores.

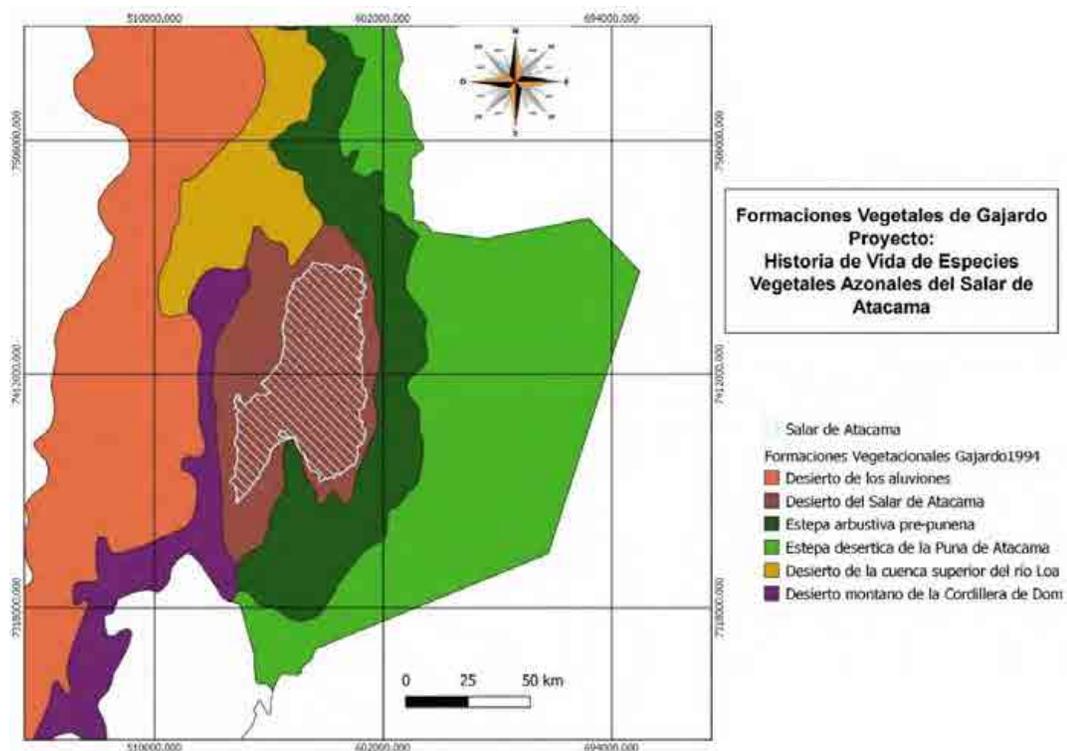


Figura 1-8: Clasificación de la vegetación del Salar de Atacama según Gajardo (1994)

Como puede apreciarse en la Figura 1-8, la totalidad del Salar queda inserta en la formación Desierto del Salar de Atacama.

Según la Figura 1-8, el área de estudio puede clasificarse en:

1.3.3.3.1 Región del desierto

Se extiende desde el extremo de la I Región hasta el río Elqui, en la IV Región, constituye la parte más austral del Desierto de la costa del Pacífico de América del Sur.

Aunque tiene como límite oeste la costa oceánica, es principalmente un desierto interior con una altitud media aproximada de 1500 m s.n.m., abarcando abruptos acantilados costeros, las serranías de la Cordillera de la Costa, las grandes depresiones interiores (entre las que se encuentra el salar de atacama) y las laderas occidentales de la Cordillera de los Andes.

1.3.3.3.1.1 Subregión del Desierto Andino

Representa el piso vegetación al superior del desierto y se encuentra ubicado en las laderas occidentales de la Cordillera de los Andes, entre actitudes aproximadas de 1800 a 3500 m s.n.m.

Presenta posibilidades de un mayor desarrollo de vida vegetal, motivadas por las influencias marginales de las precipitaciones que ocurren en la alta cordillera andina. En toda su extensión presenta una fuerte penetración de las especies xerofitas de la región de las estepas altoandinas.

1.3.3.3.1.1.1 Desierto del Salar de Atacama

Abarca la gran cuenca del Salar de Atacama y sus alrededores, que tienen una gran homogeneidad en cuanto al paisaje.

Presenta grandes extensiones carentes completamente de vegetación, especialmente en el interior del salar, en su borde y hacia el sur se encuentran comunidades esteparias desarrolladas, entre las cuales se distinguen:

- *Atriplex atacamensis* – *Tessaria absinthioides*.
- *Acantholippia punensis* – *Franseria meyeniana*.
- *Atriplex atacamensis* – *Acantholippia trífida*.
- *Prosopis chilensis* – *Geoffroea decorticans*.

1.3.3.4 Sinopsis Bioclimática y Vegetacional de Chile. Luebert & Pliscoff (2006)

De acuerdo a estos autores el área de estudio corresponde a Matorral desértico (Figura 1-9).

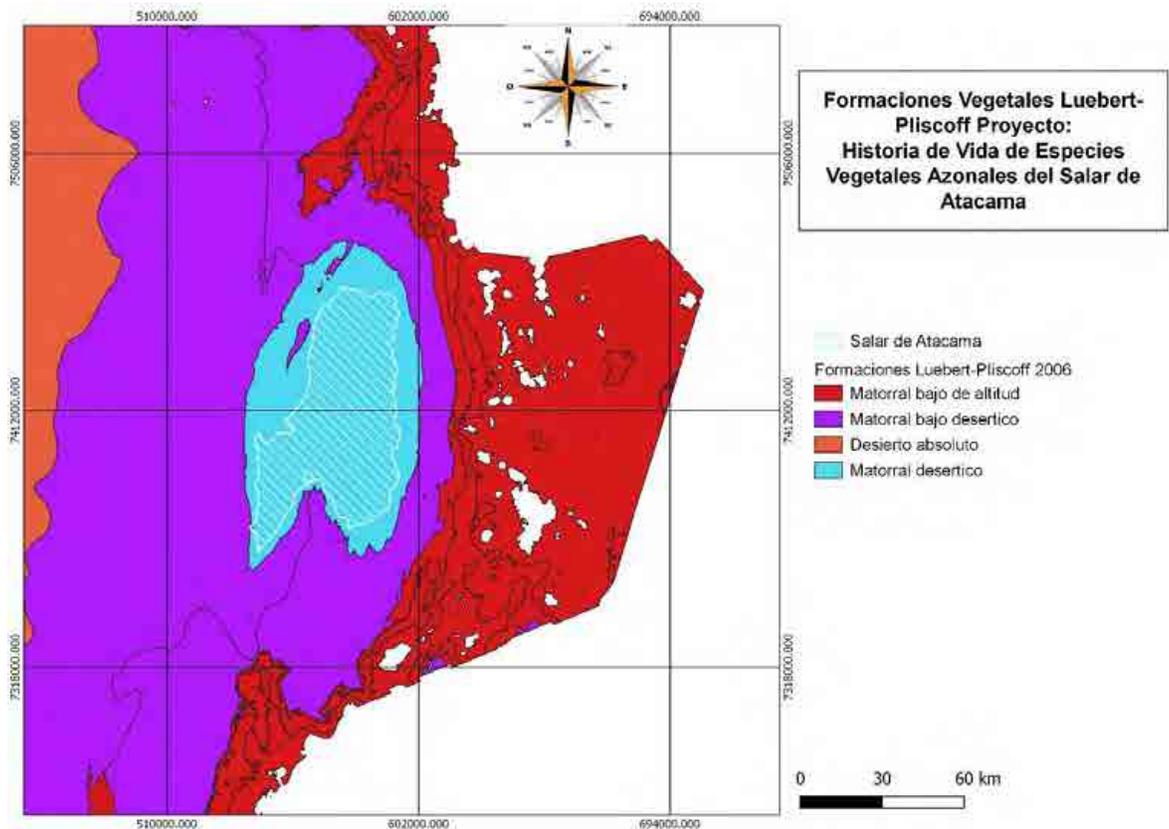


Figura 1-9: Clasificación de la vegetación del Salar de Atacama según Luebert & Plissock (2006)

Sin embargo, la principal unidad en la que se clasifica la vegetación según Luebert & Plissock (2006) corresponden a Pisos de vegetación.

Piso de Vegetación se define como espacios caracterizados por un conjunto de comunidades vegetales con una fisionomía y especies dominantes asociadas a un piso bioclimático específico. Sintetiza la respuesta de la vegetación, en términos de su fisionomía y especies dominantes, a la influencia del mesoclima. El espacio que se identifica con un Piso de Vegetación puede ser caracterizado, a posteriori, por su composición florística y su dinámica. La variación local de la vegetación provocada por cambios en la topografía o en el sustrato es asumida dentro de la variabilidad de un Piso de Vegetación, cuando se presenta bajo las mismas condiciones mesoclimáticas (Luebert & Plissock 2004).

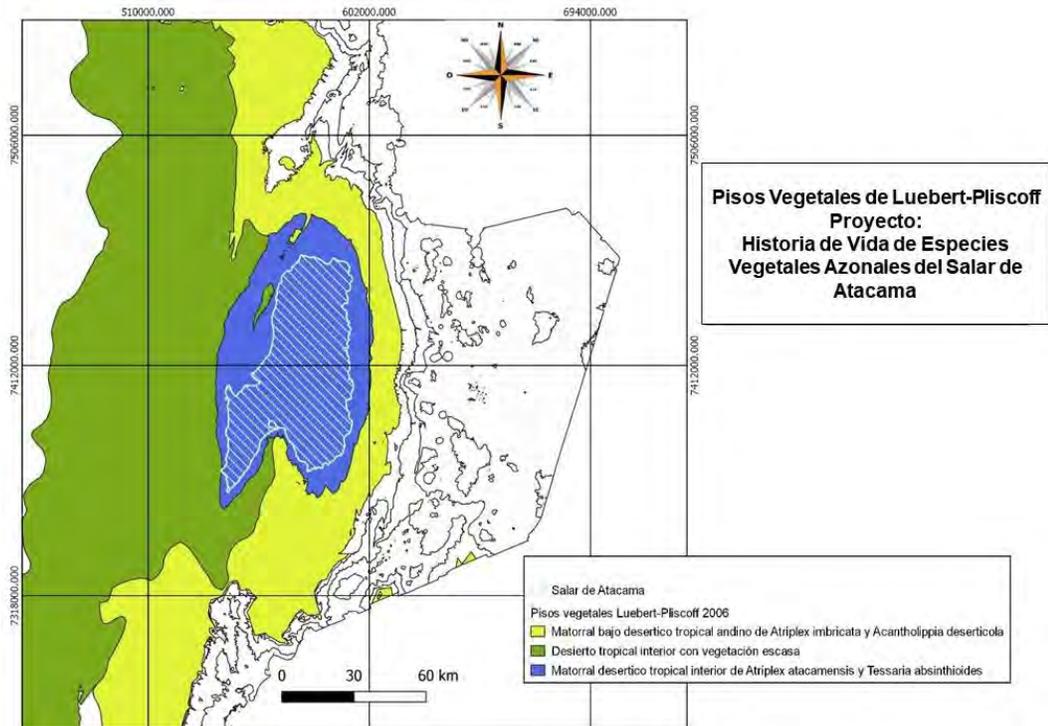


Figura 1-10: Pisos vegetacionales según Luebert & Pliscoff (2006)

De acuerdo a la clasificación de estos autores las unidades presentes en el Salar de Atacama corresponden a (Figura 1-10):

1.3.3.4.1 Matorral bajo desértico tropical interior de *Adesmia atacamensis* y *Cistanthe salsoloides*

Matorral muy abierto extremadamente xeromórfico en el que dominan *Adesmia atacamensis* y *Cistanthe salsoloides*, acompañadas por un elenco variable de especies entre las que pueden mencionarse *Huidobria fruticosa*, *Dinemandra ericoides* y *Ephedra breana*. Generalmente la vegetación se asocia a situaciones microtopográficas favorables, donde se acumula la escasa humedad. Recibe influencias marginales de lluvias de verano.

Si bien no se tienen datos de su dinámica, se especula que la regeneración de las especies que conforman este subsistema responde a eventos de precipitación estival excepcionales, los que son muy ocasionales.

Con respecto a su distribución, este subsistema se encuentra ampliamente repartido en zonas bajas de la cordillera andina, desde el centro de la región de Tarapacá hasta el Norte de la región de Atacama, entre los 1800 a los 3700 msnm en el tramo Sur y entre 2100 a 3000 en la zona Norte, correspondiendo al piso bioclimático mesotropical superior y supratropical ultrahiperárido e hiperárido inferior oceánico.

1.3.3.4.2 Matorral desértico tropical interior de *Atriplex atacamensis* y *Tessaria absinthioides*

Matorral alto, freatófilo, dominado por los arbustos *Atriplex atacamensis* y *Tessaria absinthioides* y la gramínea *Distichlis spicata*. Su presencia, asociada a los salares, está determinada por la existencia de una napa freática que proporciona la humedad suficiente

para compensar el déficit hídrico provocado por la escasez de las precipitaciones, a pesar de lo cual se ha considerado como una unidad independiente. Ocasionalmente es posible observar la presencia de los árboles espinosos *Prosopis alba* y *Geoffroea decorticans*. Debido a estar edáficamente condicionada no es posible reconocer comunidades zonales e intrazonales. Se especula que este subsistema es el resultado de una histórica presión antrópica.

Subsistema característico de grandes fosas salinas de las regiones de Tarapacá (entre 600 y 900 msnm) y de Antofagasta (entre 2400 y 2500 msnm), estando presentes en pisos bioclimáticos mesotropical ultrahiperárido e hiperárido inferior, supratropical inferior ultrahiperárido superior y supratropical inferior hiperárido inferior hiperoceánico.

1.3.3.5 Distritos ecológicos

Pourrut et al. (2015) describe para la zona del Salar de Atacama dos distritos principales, estos son:

1.3.3.5.1 Distrito Tilocalar

Corresponde al borde oriental del Salar de Atacama, en donde se localizan lagunetas con concentraciones de aves como los flamencos (*Phoenicoparrus* sp.), playas con colonias densa de cholulos (*Ctenomys iutvis*) y vegas extensas en las playas del salar tipificadas por una cobertura vegetal de cojinetes o champas en las zonas más húmedas ("vegas de Tilocalar"). Pero en los alrededores de las zonas húmedas, la vegetación es menos continua, con una amplia cobertura de arbustos que crecen en las planicies marginales del Salar. Algunos rasgos típicos de este distrito lo constituyen el déficit de lluvias, más altas temperaturas afloramientos de aguas salobres y costras, ausencia de arboledas (chañar y algarrobo), la imposibilidad de implantar algún régimen de cultivos y su riqueza fonajera estable asociada a reducidas vertientes de agua potable.

1.3.3.5.2 Distrito Tilomonte

Se corresponde con un sector ecológico y poblacionalmente bien acotado, en donde se combina el curso inferior del arroyo Tulán y su desagüe en torno al oasis de Tilomonte, con su peculiar arboleda de chañares y algarrobos, incluyendo las cementeras regadas con un cultivo dominante: maíz.

El uso del espacio se orienta a la mantención de las arboledas como fuente de alimentación humana bebidas y forraje alternativo.

1.3.3.6 Plan de Manejo Biotico. Albemarle (2019).

La caracterización de la vegetación desarrollada por Albemarle en el Plan de Monitoreo Biotico (agosto de 2016), establece la siguiente distribución de la vegetación (Tabla 1-5):

Tabla 1-5: Formaciones vegetales en el área de estudio (Incluyendo zonales y azonales)

| SECTOR | SUBSECTOR | FORMACIÓN VEGETAL |
|--|------------------|--|
| La Punta-La Brava | Tilopozo | Herbazal de <i>Distichlis spicata</i> |
| | | Herbazal de <i>Juncus balticus</i> |
| | | Herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i> |
| | | Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> |
| | La Brava | Herbazal de <i>Triglochin concinna</i> |
| | La Punta | Herbazal de <i>Juncus balticus</i> |
| Herbazal de <i>Triglochin concinna</i> | | |
| Matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i> | | |
| Peine | Peine | Herbazal de <i>Distichlis spicata</i> |
| | | Herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i> |
| | | Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> |
| Aguas de Quelana | Aguas de Quelana | Matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i> |
| Soncor | Soncor | Area desprovista de vegetación |

Posteriormente (en la campaña de invierno 2018 y verano 2019), describen las siguientes formaciones.

1.3.3.6.1 Matorral con dominancia de *Atriplex atacamensis*

La formación presenta una fisonomía de matorral, con un estrato leñoso bajo dominado por la especie arbustiva *Atriplex atacamensis* "cachiyuyo", donde destacan otras especies acompañantes como *Tiquilia atacamensis* y la herbácea *Cistanthe densiflora*. La cobertura vegetal varía entre muy clara y clara (10 a 50%) para el estrato arbustivo y clara (25-50%) para el herbáceo. Esta formación ubicada en el sector de Peine, abarcando una superficie de 542,8 hectáreas, que representa un 1,6% de la superficie del área de estudio.

1.3.3.6.2 Matorral con dominancia de *Aloysia deserticola*

La formación presenta una fisonomía de matorral, con un estrato leñoso bajo dominado por la especie arbustiva *Aloysia deserticola* "rica-rica", donde destacan otras especies acompañantes como *Atriplex atacamensis*, *Atriplex imbricata* y las herbáceas *Cistanthe densiflora* y *Cistanthe salsoloides*. La cobertura vegetal se observa como muy clara (10 a 25%) para el estrato arbustivo y clara (25-50%) para el herbáceo. Esta formación ubicada principalmente en el sector de Peine, abarcando una superficie de 69,5 hectáreas, que representa un 0,2% de la superficie del área de estudio.

1.3.3.6.3 Matorral de *Atriplex imbricata*

La formación presenta una fisonomía de matorral, con un estrato leñoso bajo dominado por la especie arbustiva *Atriplex imbricata* "ojalar", donde destaca la herbácea *Cistanthe densiflora* como especie acompañante en la formación. La cobertura vegetal es muy clara (10 a 25%) para el estrato arbustivo y escasa (5-10%) para el herbáceo. Esta formación se encuentra ubicada en el sector de Peine, abarcando una superficie de 148,5 hectáreas, que representa un 0,4% de la superficie del área de estudio.

1.3.3.6.4 Matorral de *Ephedra breana*

La formación presenta una fisonomía de matorral, con un estrato leñoso bajo dominado por la especie arbustiva *Ephedra breana* “pingo-pingo”, acompañada de la herbácea *Distichlis spicata*. La cobertura vegetal está representada por un estrato arbustivo con una cobertura vegetal que varía entre escasa y muy clara (5 a 25%), y una cobertura herbácea muy escasa (5-10%). Esta formación se ubica en el sector de Tilopozo, abarcando una superficie de 491,1 hectáreas, que representa un 1,5% de la superficie del área de estudio.

1.3.3.6.5 Matorral de *Tessaria absinthioides*

La formación presenta una fisonomía de matorral, con un estrato leñoso bajo dominado por la especie arbustiva *Tessaria absinthioides* “brea” donde destaca el arbusto *Atriplex atacamensis* como especie acompañante en la formación y *Lycium humile*. La cobertura vegetal está representada por un estrato arbustivo que varía de escasa a poco densa (5 a 75%), y un estrato herbáceo presente muy escaso (1-5%). Formación ubicada en los sectores de Tilopozo, Peine y Aguas de Quelana. Es la formación zonal más representativa, abarcando una superficie de 1.626,8 hectáreas, que representa un 4,9% de la superficie del área de estudio.

1.3.3.7 Vegetación Azonal

La vegetación que presenta un patrón de distribución azonal, responde fundamentalmente a condiciones locales de sustrato, suministro hídrico y afloramientos salinos y no tanto a las características mesoclimáticas locales (Ruthsatz 1993, Ahumada et al. 2011).

La organización y estructura de estas comunidades vegetales son altamente dependientes de las interacciones existentes entre los componentes bióticos y los componentes abióticos (e.g. suelo, agua, clima, entre otros) (Squeo et al. 2006).

En general, los parches de este tipo de vegetación varían mucho en sus dimensiones, y dada su dependencia del recurso hídrico en general no son abordadas en las clasificaciones generales.



Figura 1-11: Vegetación Azonal en el Salar de Atacama

A continuación, se entregan las formaciones identificadas para el área de estudio en el Plan de Manejo Biotico. Albemarle (2019).

1.3.3.7.1 Vega de *Phragmites australis*, *Distichlis spicata* y *Schoenoplectus californicus*

La formación presenta una fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por las especies *Phragmites australis* "carrizo", *Distichlis spicata* "grama salada" y *Schoenoplectus californicus* "junco". La cobertura vegetal observada es poco densa (50 a 75%). Esta formación se ubica en el sector de Tilopozo, abarcando una superficie de 42,5 hectáreas, que representa un 0,1% de la superficie del área de estudio.

1.3.3.7.2 Vega con dominancia de *Distichlis spicata*

La formación presenta una fisonomía de herbazal, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Distichlis spicata* "grama salada", y en algunas unidades se observa como acompañante la especie *Baccharis juncea*. La cobertura vegetal varía de escasa a densa (5 a 90%) entre sus unidades, presentando alguna de ellas cobertura arbustiva muy escasa (1-5%). Esta formación se es posible encontrarla en todos los sectores del área de estudio, Tilopozo, La Punta y La Brava, Peine, Quelana y Soncor. Es la formación azonal más representativa, abarcando una superficie de 970,1 hectáreas, que representa un 2,9% de la superficie del área de estudio.

1.3.3.7.3 Vega con dominancia de *Juncus balticus*

La formación presenta una fisonomía de herbazal, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Juncus balticus* "junquillo", siendo acompañado en una unidad por la especie *Distichlis spicata*. La cobertura vegetal varía de muy clara a clara (10 a 50%) entre sus

unidades, pudiendo existir un estrato arbustivo de cobertura muy escasa en algunas unidades. Esta formación fue registrada para el sector de Tilopozo, abarcando una superficie de 241,6 hectáreas, que representa un 0,7% de la superficie del área de estudio.

1.3.3.7.4 Vega con dominancia de *Schoenoplectus californicus*

La formación presenta una fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Schoenoplectus californicus* "junco", y como especies acompañantes *Baccharis juncea* y *Distichlis spicata*. La cobertura vegetal varía de escasa a muy densa (5 a 100%) entre sus unidades, frecuentemente con unidades poco densas a muy densas (>50%). Esta formación se registró en el sector de Tilopozo y Peine, abarcando una superficie de 95,7 hectáreas, que representa un 0,3% de la superficie del área de estudio.

1.3.3.7.5 Vega de con dominancia de *Triglochin concinna*

La formación presenta una fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Triglochin concinna*. La cobertura vegetal se observa como escasa (5 a 10%) entre sus unidades. Esta formación se registró en los sectores de Tilopozo y La Punta y La Brava, abarcando una superficie de 38,1 hectáreas, que representa un 0,1% de la superficie del área de estudio.

1.3.3.7.6 Vega de *Nitrophila atacamensis* y *Triglochin concinna*

La formación presenta una fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por las especies *Nitrophila atacamensis* y *Triglochin concinna*. La cobertura vegetal observada es escasa (5 a 10%). Esta formación fue registrada en el sector de La Punta y La Brava, abarcando una superficie de 3,3 hectáreas, que representa un 0,01% de la superficie del área de estudio.

1.3.3.7.7 Matorral – Vega de *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata*

La formación presenta una fisonomía mixta de matorral representado por el arbusto *Tessaria absinthioides* "brea", junto a un estrato herbáceo dominado por la especie *Distichlis spicata* "grama salada". La cobertura vegetal del estrato leñoso bajo varía entre muy clara y clara (10 a 50%) y la del estrato herbáceo varía entre escasa y poco densa (5 a 75%). Esta formación fue registrada para los sectores de Tilopozo, Peine, Aguas de Quelana y Soncor, abarcando una superficie de 2.139,3 hectáreas, que representa un 6,5% de la superficie del área de estudio.

1.3.3.7.8 Matorral hídrico con dominancia de *Lycium humile*

La formación presenta una fisonomía de matorral dominado por la especie arbustiva *Lycium humile* "jume", lo que le da la caracterización de matorral hídrico. La cobertura vegetal es muy clara, entre 10 y 25%. Esta formación fue registrada para el sector de Tilopozo, abarcando una superficie de 49,6 hectáreas, que representa un 0,1% de la superficie del área de estudio.

1.3.3.7.9 Matorral hídrico con dominancia de *Sarcocornia fruticosa*

La formación presenta una fisonomía de matorral distribuida en bordes de lagunas, lo cual le da la caracterización de formación azonal hídrica. Está dominada por la especie arbustiva *Sarcocornia fruticosa* "sosa", especie halófila que se desarrolla especialmente

sobre costras salinas, alcanzando una cobertura vegetal entre escasa y muy clara (5 a 25%) entre sus unidades. Esta formación se registró para el sector Aguas de Quelana, abarcando una superficie de 209,1 hectáreas, que representa un 0,6% de la superficie del área de estudio.

1.3.3.7.10 Matorral hídrico – Vega con dominancia de *Lycium humile*

La formación presenta una fisonomía mixta de matorral dominado por la especie *Lycium humile* “jume” y un estrato herbáceo representado por las especies *Distichlis spicata* “grama salada”, *Schoenoplectus californicus* “junco”, *Juncus balticus* “junquillo” y *Baccharis juncea*. La cobertura vegetal del estrato leñoso bajo varía de escasa a clara (5 y 50%) y la del estrato herbáceo entre muy clara y clara (10 a 50%). Esta formación se registro en los sectores de Tilopozo y Peine, abarcando una superficie de 148,7 hectáreas, que representa un 0,4% de la superficie del área de estudio.

1.3.3.7.11 Matorral hídrico – Vega con dominancia de *Sarcocornia fruticosa*

La formación presenta una fisonomía mixta de matorral dominado por la especie *Sarcocornia fruticosa* “sosa” y un estrato herbáceo representado por las especies *Distichlis spicata* “grama salada”, *Baccharis juncea* “suncho”, *Schoenoplectus californicus* “junco”, *Nitrophila atacamensis*, *Puccinellia frigida* y *Triglochin concinna*. La cobertura vegetal observada tanto para el estrato leñoso bajo, como para el estrato herbáceo varia de escasa a poco densa (5 a 75%). Esta formación se registró en los sectores de Tilopozo, La Punta y La Brava, Peine y Aguas de Quelana, abarcando una superficie de 403,6 hectáreas, que representa un 1,2% de la superficie del área de estudio.

1.3.3.7.12 Matorral hídrico – Vega de *Tessaria absinthioides*, *Lycium humile* y *Distichlis spicata*

La formación presenta una fisonomía mixta de matorral representado por los arbustos *Tessaria absinthioides* “brea” y *Lycium humile* “jume” junto a un estrato herbáceo dominado por la especie *Distichlis spicata* “grama salada”. La cobertura vegetal del estrato leñoso bajo corresponde a muy clara (10 y 25%) y la del estrato herbáceo alcanza una cobertura vegetal escasa (5 a 10%). Esta formación se registró al sureste del sector de Aguas de Quelana, abarcando una superficie de 18,6 hectáreas, que representa un 0,1% de la superficie del área de estudio.

1.3.4 Usos tradicionales y culturales de plantas en las comunidades del área del Salar de Atacama

Indagar sobre el uso tradicional de plantas en el sector del Salar de Atacama, nos traslada a revisar la historia de los pueblos *atacameños*⁴, que se remonta hace por lo menos 12 mil años atrás. Según los estudios arqueológicos, las quebradas y valle del río Loa han sido habitados desde el año 9.000 a.c. y, lo que supone la ciencia, es que estas comunidades de cazadores recolectores se alimentaban de guanacos, roedores, aves y complementaban su dieta con la recolección de frutos silvestres. La conclusión interesante desde la perspectiva del presente estudio es que desde hace miles de años que los habitantes de Atacama se han alimentado de **algarrobos, chañar y otros vegetales silvestres** (Bustos 1999) y, desde el primer milenio antes de cristo, que se registra la incorporación plantas domesticadas, en donde comenzaría el cultivo de **maíz, papas, quínoa y zapallos** (Bustos 1999).

Actualmente, las localidades más importantes que conforman nuestra zona de estudio, por estar dentro de la cuenca del Salar de Atacama, son las comunidades de San Pedro de Atacama, Toconao, Talabre, Camar, Socaire, Peine y Tilomonte, quienes, por su cercanía geográfica, conservan tradiciones comunes atacameñas y un conocimiento botánico común.

El punto de partida para conocer los usos tradicionales de las plantas es el estudio de la *Etnobotánica*, disciplina que indaga sobre la relación que históricamente han establecido los seres humanos y las plantas, considerando que aquella relación está mediada por la cultura, las actividades socioeconómicas, políticas y por el ambiente con sus floras.

Desde esta perspectiva, se ha podido afirmar que uno de los elementos que ha sostenido la profunda relación que existe entre estas comunidades y las plantas del territorio, es la cosmovisión y los elementos culturales, tanto espirituales como ideológicos, de los pueblos atacameños, que ha significado **la sacralización de elementos de la naturaleza y de la vida silvestre**. En consecuencia, hasta la actualidad, podemos observar una estrecha relación entre las actividades productivas-económicas asociadas a los recursos que provee la naturaleza, y las practicas ceremoniales-rituales, que reproducen la vida comunitaria de estos pueblos.

De esta manera, desde la cosmovisión atacameña, es posible observar una serie de rituales, fiestas y celebraciones, centrados en los principales espíritus de la naturaleza: la tierra, el cerro⁵ y el agua, así como en los espíritus de los antepasados y otra serie de espíritus asociados a fenómenos naturales y culturales como la siembra, la semilla, tejido o piedra (Villagrán et al. 1998).

⁴ En la bibliografía revisada, existen resistencias a la denominación *atacameño* para referirse de manera homogénea a todos los pueblos antiguos que habitaban la zona del Salar: «Aunque algunos trabajos postulan la existencia de un grupo étnico prehispánico del Salar de Atacama, que podría recibir el nombre de atacameño, faltan estudios que permitan aportar datos suficientes para precisar y definir las características de esta etnia» (Villagrán et al, 1998: 29). Sin embargo, para fines de esta consultoría, nos referiremos a lo *atacameño*, cuando indagemos en características culturales comunes de los pueblos indígenas pre hispánicos.

⁵ Los cerros representan sectores sagrados para las comunidades atacameñas. Un estudio sobre la localidad de Talabre (1998), permite conocer los nombres de las deidades asociadas a los cerros. El espíritu del cerro se denomina Tata Maillko, el que puede ejercer castigo o protección a las comunidades. En ese sentido, los pobladores de Talabre ofrecen ofrendas a cerros en particular, entre los que destacan como los más venerados, por ofrecer el recurso hídrico a la comunidad, el Iticuna (Cerro de Ecar) e Iticusí (Cerro Ojos de Ecar) (Cárdenas, 1998: 259).

En el culto a estas deidades y la existencia de un mundo sobrenatural y mágico, las plantas juegan un rol principal, ya que es a través de ellas que se logra la interacción entre los atacameños y los espíritus. Los encargados de mediar entre el mundo espiritual y el humano reciben el nombre de *Yatiri*⁶, (Figura 1-12), curanderos y sabios que poseen el conocimiento de las cualidades curativas de las plantas y que ofician rituales y sanaciones a la comunidad.



Figura 1-12: "El Yatiri", Arturo Borda, 1918

Asimismo, es posible afirmar que la salud de los atacameños está íntimamente relacionada con el **equilibrio que se establece entre el mundo natural y el humano**. Como plantea la antropóloga Constanza Tocornal: «El concepto de salud de los atacameños se refiere tanto al bienestar físico, como la armonía espiritual, comunitaria y medioambiental, en este punto resulta vital comprender el universo natural, social y cultural dentro del cual se desenvuelven» (Tocornal, 2004). Tanto es así, que inclusive muchos malestares son considerados enfermedades ("flojera"), en la medida que impiden cumplir las labores asociadas al trabajo con la tierra y el medio natural. Bajo este prisma cultural, el restablecimiento de la salud está determinado por el restablecimiento de la relación armoniosa entre la naturaleza y el Ser y son justamente las plantas, así como lo son también los cerros, el agua y la tierra, las que permiten establecer una comunicación con lo sagrado.

1.3.4.1 Usos tradicionales de las plantas

Los estudios etnobotánicos realizados en las comunidades que habitan la cuenca del Salar de Atacama, han permitido comprobar el profundo conocimiento que tienen los pobladores de la flora, tanto silvestre como advena. La existencia de una economía básicamente de

⁶ En la actualidad se confunde la denominación de Yatiri y Yerbatero, que indica un proceso de readaptación cultural producto de la fuerte transculturación que han experimentado los pueblos atacameños (Tocornal, 2004: 248).

subsistencia, sumado a la precariedad de sus recursos bióticos, se ha traducido en una **utilización intensiva de la flora** en las localidades estudiadas (Villagrán et al. 1998).

A continuación, se presentan gráficos (Figura 1-13, Figura 1-14, Figura 1-15 y Figura 1-16) con los resultados de diversos estudios, realizados a fines de la década de los 90' en distintas comunidades que habitan la cuenca del Salar de Atacama. Se identificaron datos interesantes en las localidades de San Pedro de Atacama, Toconao, Talabre, Camar, Socaire, Peine, Río Grande y Caspana. Si bien estas dos últimas comunidades están más alejadas geográficamente de la zona focalizada para el estudio solicitado, en términos culturales existen sincronías con el resto de las localidades y los estudios etnobotánicos aportan información relevante que permiten profundizar en los usos tradicionales de las plantas por parte de la cultura atacameña, entendiendo que ésta última es la cultura ancestral de todos los pueblos de Atacama. Un análisis integrado de esta información nos permite reconocer las categorías de usos tradicionales de las plantas y sus porcentajes según la cantidad de especies identificadas. Entre los tipos de usos destacan:

- **Forrajero:** Plantas utilizadas como alimento para animales.
- **Medicinal:** Plantas utilizadas para el tratamiento contra enfermedades y malestares.
- **Alimenticio:** Plantas que se utilizan para preparaciones culinarias.
- **Construcción y artesanías:** Plantas que sirven como material para la construcción de viviendas u otras edificaciones, así como para crear objetos o implementos de interés artesanal.
- **Combustible y Leña:** Plantas que al ser quemadas son utilizadas para generar combustible.
- **Tintóreo:** Plantas que se utilizan para teñir, principalmente textiles.
- **Ritual:** Plantas que se utilizan en ceremonias y rituales
- **Ornamental:** Plantas para uso de ornamento personal, urbano o floral.
- **Perjudicial:** Plantas que son consideradas dañinas para la salud de las personas, animales o cultivos.
- **Otros:** En esta categoría se suman a las plantas que tienen usos particulares, distintos a las ya mencionadas.

Usos en San Pedro de Atacama, Toconao, Talabre, Camar, Socaire y Peine (1998)

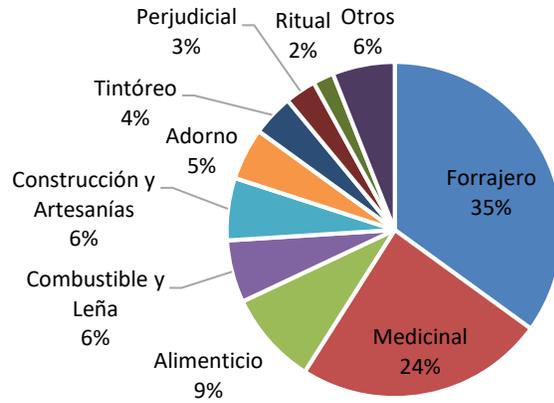


Figura 1-13: Usos en San Pedro de Atacama, Toconao, Talabre, Camar, Socaire y Peine
Fuente: Villagrán et al. 1998

Usos en Talabre (1998)

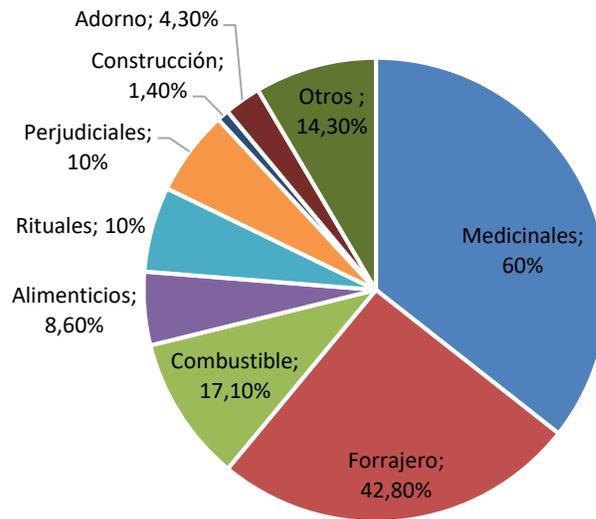


Figura 1-14: Usos en Talabre. Fuente: Cárdenas 1998

Usos en Río Grande (1999)

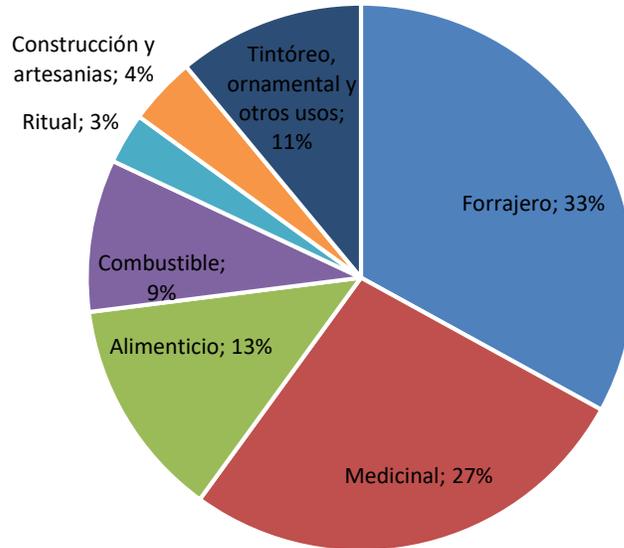


Figura 1-15: Usos en Río Grande. Fuente: Romo et al. 1999

Usos en Caspana (1998)

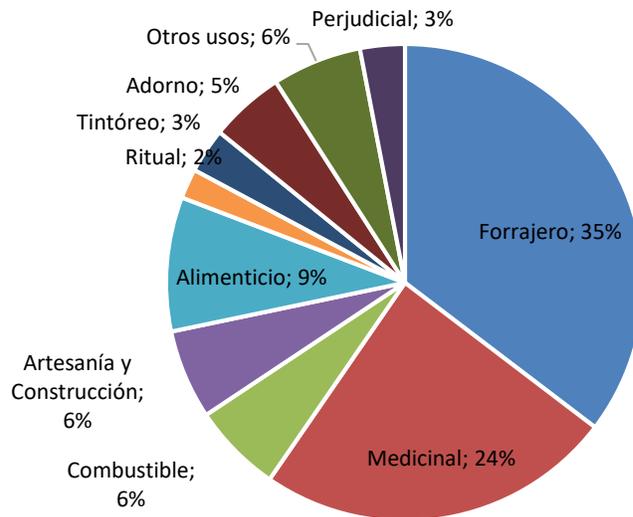


Figura 1-16: Usos en Caspana. Fuente: Villagrán et al. 1998

Resulta interesante señalar que en todos los estudios destacan los usos **forrajero y medicinal** como los más importantes para las comunidades estudiadas.

Otro punto importante a relevar son aquellas plantas que destacan por tener varios usos y que por lo tanto serían **culturalmente significativas para las comunidades consultadas**. En el estudio de Villagrán realizado en las localidades de San Pedro de Atacama, Toconao, Talabre, Camar, Socaire y Peine, se identificaron las siguientes especies: la **Chillka** con 7 usos, el **Algarrobo** con 6 usos y el **pingo pingo, cachiyuyo, tara, chañar, lejí y cortadera** con 5 usos (Villagrán et al. 1998).

En Río Grande, destacan la **Tolilla** (*Fabiana Denudata*) y la **Cortadera** (*Cortaderia atacamensis*) con 5 usos (Romo et al. 1999).

A continuación, se describen los usos tradicionales de las plantas y sus principales antecedentes según las investigaciones consultadas:

1.3.4.1.1 Plantas para Forraje

La cultura atacameña está íntimamente relacionada con la actividad de pastoreo. Una gran parte de los atacameños son o han sido pastores alguna vez, de ahí que el conocimiento de las plantas forrajeras sea profundo y abundante.

De acuerdo a los estudios de Villagrán en la cuenca del Salar de Atacama (1998), el 66% de las especies consultadas son consumidas por el ganado doméstico o fauna silvestre. Estos datos coinciden con los aportados en 1958 por Munizaga y Gunckel, quienes identificaron un 56% del total de las especies consultadas para uso forrajero (Villagrán et al. 1998).

Entre las especies más utilizadas destaca la **Alfalfa**, por su uso transversal e histórico. Otras especies que destacan son las siguientes:

- El tallo de la **Chachakuma** o Chachacoma como alimentos para burros y los llamos (Araya 2003).
- El tallo de la **Ñaka tola** (*Baccharis incarun*) sirve de forraje (Araya 2003).
- Las hojas de la **Marancela** (*Perezia atacamensis*) se la come el ganado (Araya 2003).
- La **Canchalahua** o Kanchalawa se cita como forrajera (Araya 2003).
- Los frutos del **chañar** se emplean como forraje para cerdos (Munizaga & Gunckel 1958).
- En peine, los mejores pastos para el alimento de los animales se denominan **Iloca, papolpasto y yerbasal** (Núñez 1998).
- En Tilomonte hay buenos pastos para pastoreo, denominados **Purcelti, Kuman y Tilocalar** (Núñez 1998).
- El fruto de la **Yarita** o Yareta se lo come el Alpaco y las cabras (Araya 2003).
- En Talabre destacan la **Alfa** (*Medicago sativa*), el **Cachiyuyo** (*Atriplex deserticola*), el **Romerillo** (*Senecio sp.*) y la **Brama** (*Distichlis spicata*), como especies que son cultivadas y cuidadas por la comunidad y que, por lo tanto, se desarrollan a lo largo de todo el año (Cárdenas 1998).

- En Río Grande, destacan como plantas de valor forrajero la **Paja vizcachera** y **Pasto de cabra** (Romo et al. 1999).
- En Guatín, un estudio sobre la vida pastoril (1975), identifica la especie de pasto **Babal rosado** como especial para crianza de ovejas, especialmente si son criadas para producir leche (Serracino & Stehberg 1975).
- También se nombra el **unkillo** como alimento de ganado. (Villagrán et al. 1998)

1.3.4.1.2 Plantas Medicinales

Un 45% del total de las especies consultadas por Villagrán en la cuenca del Salar de Atacama (1998) se usaban como remedios (Villagrán et al. 1998), mientras que en Talabre, Ulises Cárdenas en el mismo año (1998), demostraba que el 60% de las plantas estudiadas eran utilizadas para fines terapéuticos. Estos datos revelaban la gran importancia otorgada por las comunidades atacameñas a la salud y la medicina tradicional.

La actual medicina doméstica de los habitantes del Salar, que proviene de la medicina tradicional atacameña (Tocornal 2004), se basa principalmente en los conocimientos herbolarios que son compartidos por la comunidad (Chamorro & Tocornal 2005) y su concepción de salud se fundamenta en la búsqueda de un equilibrio entre la naturaleza, la comunidad, el mundo espiritual y el cuerpo.

Un hecho que demuestra la importancia de la medicina doméstica ha sido enfatizado por estudios sobre Salud Infantil, que señalan que, frente a malestares como resfríos, dolores de estómago, cólicos o alergias, se recurre, en primera instancia, a yerbas con propiedades medicinales, que se conocen y se encuentran en las cercanías de la localidad. Luego, si el niño o niña continúa enfermo, se acude a un *Yatiri* o yerbatero, quien le ofrece un tratamiento basado en plantas medicinales. Si la enfermedad o padecimiento es de origen sobrenatural, como puede ser caso del “empacho” o “susto”, causado por alguna persona o situación, es el *Yatiri* el que cuenta con los conocimientos curativos, ya que es el mediador entre el mundo natural y sobrenatural. A la posta o centro asistencial se consulta por cuadros médicos de mayor complejidad que requieren el uso de antibióticos, como heridas, fiebre o cortes profundos. En este sentido, frente a determinadas dolencias, se confía más en el *Yatiri* que en los centros de salud asistencial (Chamorro & Tocornal 2005).

Los procesos terapéuticos se basan en el consumo de hierbas, principalmente en forma de infusión y/o maceradas, dependiendo del caso que se trate, frotaciones, sahumeros y dietas compuestas con los mismos elementos del medio ambiente (Tocornal 2004).

Respecto a las especies de mayor significado cultural para las comunidades del Salar de Atacama, dado la intensidad y temporalidad de su uso, éstas han sido identificadas por diferentes estudios etnográficos y etnobotánicos. A continuación, se presenta una matriz (Tabla 1-6) que sintetiza los resultados de distintas investigaciones, identificando tipos de enfermedades o dolencias en relación a las plantas utilizadas por las comunidades para su tratamiento.

Es interesante observar que dado su cantidad de referencias destacan las siguientes especies por sus propiedades medicinales: **Baylahuen, Pingo Pingo, Yarita o Yareta, Pupusa, Copa Copa, Canchalahua o Kanchalawa y Maransel.**

Tabla 1-6: Registro Bibliográfico de los Usos Medicinales de Plantas

| Morbilidad o enfermedad | USOS DE PLANTAS SEGÚN ESTUDIOS ⁷ | | | | |
|--|---|--|--|-------------------------------|----------------------------------|
| | Socaire (Munizaga & Gunckell 1958) | Estudio Etno musical (Araya 2003) | Peine (Núñez 1998) | Río Grande (Romo et al. 1975) | San Pedro de Atacama (Vita 2007) |
| Reumatismo | -Arcayuyo -Chacha (<i>Lepidophyllum quadrangulare</i>) -Colan -Bailahuén (<i>Haplopappus baylahuen</i>) -Pingo-Pingo (<i>Ephedra andina</i> Poepp) | -Yarita o Yareta (<i>Azorella compacta</i>) | | | |
| Puna (Enfermedad o trastorno de la altura) | -Chachacoma (<i>Senecio eriophyton Remy</i>) -Flor de Puna (<i>Chaetanthera sphaeroidales</i>) -Pupusa -Coca (<i>Erythroxyton coca</i> Lam) | -Pura-Pura (<i>Xenophyllum poposum</i>) -Marancela (<i>Perezia atacamensis</i>) | -Chuquican (<i>Mulinum crasifolium</i>) | | |
| Broncopatías (tos y resfríos) | -Bailahuén (<i>Haplopappus baylahuen</i>) -Chuchican (<i>Mulinum crassifolium</i> Phil.) -Pingo-Pingo (<i>Ephedra andina</i> Poepp) -Vira-Vira | -Ñaka tola (<i>Baccharis incarun</i>) -Yarita o Yareta (<i>Azorella compacta</i>) | -Chuquican (<i>Mulinum crasifolium</i>) -Hueilavin -Bailahuén -Pingo-Pingo (<i>Ephedra andina</i> Poepp) | | |

⁷ Las especies se escriben de la misma manera en que aparecen en la bibliografía revisada. Los tipos de Morbilidad y/o enfermedades fueron agrupados en categorías que permitieran integrar las referencias de los distintos estudios.

| Morbilidad o enfermedad | USOS DE PLANTAS SEGÚN ESTUDIOS ⁷ | | | | |
|---|--|--|---|--|---|
| | Socaire (Munizaga & Gunckell 1958) | Estudio Etno musical (Araya 2003) | Peine (Núñez 1998) | Río Grande (Romo et al. 1975) | San Pedro de Atacama (Vita 2007) |
| Gastropatías (dolor y molestias de estómago) | -Copa-copa (artemisia copa Phil.) -Molle (Schinus molle) -Pingo Pingo (Ephedra andina Poepp) -Pupusa -Rica-Rica (Verbena orígenes Phil.) -Soico -Té Blanco (Tissa fasciculata Phil.) -Zapatilla (calceolaria stellariifolia Phil.) -Hinojo (Foeniculum vulgare Mill) | -Chachacoma -Pura-Pura (Xenophyllum poposum) -Ñaka tola (Baccharis incarun) -Kanchalawa | -Kore (Acantholippia punensis) -kopa-kopa (artemisia copa Phil.) | | -Candela -Chacha -Chachacoma -Coba -Copa copa -Muña -Rica rica -Pupusa del campo -Brea -Paico -Lejia. |
| Problemas a la sangre (Dermatitis, "descomposición de sangre", hinchazones) | -Azafrán -Yantil -Canchalahua -Cepa caballo (Xanthiun ambrosioides Hook. Et Arn.) | -Kanchalawa | -Canchalagua | | |
| Cistopatías (enfermedad de "vejiga", "Mal de Orines, "Bionerragia") | -Cadillo (Acaena laevigata Ait.) -Té negro -Tícará (Krameria iluca Phil.) | | -Tikara (Ambrosia artemisioides) -Pingo pingo (Ephedra breana) | -Pingo-pingo (ephedra breana) -Kopa kopa (Artemisia copa) -Bailahuén (Haplopappus rigidus) -Sangrinaria (Krameria lappacea) -Rika-rika (Acantholippia desertícola) | -Añawa -Copa -Manzanilla -Pega-pega -Pingo-pingo -Baylahuen -Flor de Yareta -Lampaya -Suico -Tumi -Perlilla |
| Onfalitis (supuración del "ombligo") | Flor de Peña (Gyrophora sp.) | | | | |

| Morbilidad o enfermedad | USOS DE PLANTAS SEGÚN ESTUDIOS ⁷ | | | | |
|---|--|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|---|
| | Socaire (Munizaga & Gunckell 1958) | Estudio Etno musical (Araya 2003) | Peine (Núñez 1998) | Río Grande (Romo et al. 1975) | San Pedro de Atacama (Vita 2007) |
| Cardiopatías (para el corazón) | -Ojman (Loasa sp.) -Cardoncillo | -Pura-Pura (Xenophyllum poposum) | | | -Ajo -Muña -Ortega, -Chachacoma -Ticara -Tumi -Coca -Flor de puna -Zapatilla -Marancel -Pingo pingo -Pupusa -Cachanlahuen -Verbena |
| Neumopatías, Neumonías, Enfermedades respiratorias, Asma | -Tícara (Krameria iluca Phil.) -Molle (Schinus molle) | Yarita o Yareta (Azorella compacta) | -Maransel | | -Yareta -Baylahuen -Chuchican -Brama -Cortadera -Zapatilla -Chachacoma -Queñoa -Chañar -Perilla |
| Neuropatías (para los nervios) | -Néter (Artemisia annua L.) | | | | -Baylahuen -Chuchicandia |
| Heridas (para proteger y curar), Prevención de infecciones. | -Lacu -Romasa (Rumex patientia L.) | -Marancela (Perezia atacamensis) | Añawa (Adesmia spinosissima) | | |

| Morbilidad o enfermedad | USOS DE PLANTAS SEGÚN ESTUDIOS ⁷ | | | | |
|---|---|--|--|--|---|
| | Socaire (Munizaga & Gunckell 1958) | Estudio Etno musical (Araya 2003) | Peine (Núñez 1998) | Río Grande (Romo et al. 1975) | San Pedro de Atacama (Vita 2007) |
| Fiebre | -Cachiyuyo (<i>Atriplex retusa</i> Remy) -Cerraja (<i>Sonchus oleraceus</i> L.) -Cortadera (<i>Cortaderia</i> sp.) -Chépica (<i>Distichlis spicata</i>) -Malva (<i>Malvastrum pediculariaefoliun</i> A. Gray) | | | | |
| Traumatismos y fracturas (Músculos, dolor de espalda) | -Maransel (<i>Perezia atacamensis</i> Ph.) -Tolilla (<i>Fabiana denudata</i> Phil.) | -Yarita o Yareta (<i>Azorella compacta</i>) -Marancela (<i>Perezia atacamensis</i>) | | | -Tolilla -Baylahuen -Lijia -Marancel -Añawa |
| Afrodisiaco masculino | -Bailahuén (<i>Haplopappus baylahuen</i>) | | | | |
| Sarna, ácaros de la piel ("carachas") | -Trigol (<i>Melilotus indicus</i> (L.) All) | | | | |
| Hígado | | -Kanchalawa | -Pingo pingo (<i>Ephedra breana</i>) | -Chajlampa (<i>chuquiragua atacamensis</i>) -Sicha (<i>ombrophyatum subterraneum</i>) | |
| Saciar la sed | | | -Kumi (<i>Opuntia camachoi</i>) | | |
| Riñones | | Yarita o Yareta (<i>Azorella compacta</i>) | Bailahuén | | |
| Diabetes | | Yarita o Yareta (<i>Azorella compacta</i>) | | | |
| Cálculos Viliares | | | | Puskayo (<i>Opuntia camachoi</i>) | |

| Morbilidad o enfermedad | USOS DE PLANTAS SEGÚN ESTUDIOS ⁷ | | | | |
|--|---|-----------------------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| | Socaire (Munizaga & Gunckell 1958) | Estudio Etno musical (Araya 2003) | Peine (Núñez 1998) | Río Grande (Romo et al. 1975) | San Pedro de Atacama (Vita 2007) |
| Sistema Reproductivo | | | | | -Ortega -Candela -Marancel -Cepa de caballo -lampaya |
| Sistema Endocrino | | | | | -Flor y raíz de yareta |
| Dolores | | | | | -Coca -Pupusa -Vira vira -Tolilla -Manracel, -Lampaya -Ortega -Cumi -Candela |
| Susto (Fuerte descarga emocional que puede provocar mal dormir, espasmos, desconcentración.) | | | | | -Copa -Chana -Flor de Peña -Pupusa |

1.3.4.1.3 Plantas Alimenticias

Algunas especies destacan por formar parte del saber culinario de las comunidades atacameñas. Son consumidas frescas, como ensaladas, guisos o para preparar productos como harina, licores, bebidas o té. Las referencias más importantes son las siguientes:

- El estudio de Villagrán (1998) destaca entre las plantas más utilizadas para estos fines por las comunidades del Salar de Atacama: el **Algarrobo**, **Chañar**, **Sicha**, **Pasakana**, **Bilankichu**, **Kachiyuyo**, **Lokoche**, **Berro**, **Altea**, **Kauchal** y **Nori**, además de otras plantas utilizadas como té, como condimento y para preparar la Llikta.
- Munizaga & Gunckel (1958) citan otras dos especies alimenticias: **Cebolla del campo** y **Kípsur**, raíz obtenida de Peine (Villagrán et al. 1998). Además, estos autores afirman que en Socaire los frutos de **Algarrobo** se usan para fabricación de bebidas alcohólicas, para usarse en ceremonias, fiestas y vida doméstica. Esta especie es usada además en forma de harina y ha sido encontrado en tumbas del norte y como hallazgos arqueológicos en morteros y martillos de piedra. Otras hierbas reconocidas en Socaire para ensalada son: **Chucula**, **Romasa**, **Berros**, **Basal** y la **Pupusa** utilizada como condimento (Munizaga & Gunckel 1958).
- Araya (2003) destaca la **Sicha**, planta parásita comestible que se extrae de las raíces de la Ñaka tola (*Baccharis incarun*), y el tallo de la **Marancela** que sería dulce y comestible (Araya 2003).
- En Talabre, destacan especies vegetales como el **Bilankicho** o **Culichao** (*Hoffmannseggia eremophila*), que es una especie de tubérculo dulce, el **Yuyo** (*Chenopodium hircinum*), el **Berro** (*Mimulus glabratus*) y la **Alfa** (*Medicago sativa*) (Cárdenas 1998).

1.3.4.1.4 Plantas utilizadas en Construcción y Artesanía

Es importante destacar a tres especies en este ámbito, por ser utilizadas tradicionalmente como madera: **Algarrobo**, **Chañar** y **el Cactus**. Estas plantas han constituido históricamente el sustento material utilizado por los pueblos atacameños para construir sus viviendas y edificaciones más importantes.

Es interesante la constatación de los estudios respecto a la utilización de madera nativa para la construcción de las iglesias de los distintos poblados. La madera de Algarrobo se utilizó para la construcción de la iglesia de San Pedro de Atacama. «Para el techo del actual templo, que data del siglo XVIII, al cual se le agregó posteriormente un torreón campanario a fines del siglo XIX, se utilizaron vigas de **Algarrobo** y maderas de **Chañar** y de **Cactus** tableadas» (Bustos, 1999:76). El techo de la iglesia de Socaire también está construido con vigas de **Chañar** y cubierto con barro y paja (Bustos 1999). Para la iglesia de Peine, siguiendo el patrón de construcción tradicional, se utilizaron vigas de madera de **Algarrobo** para sostener el techo (Bustos 1999).

Respecto a las construcciones de viviendas destacan las mismas especies. En las construcciones actuales de atacameños, la madera de **Chañar** se utiliza como vigas de casas y para los marcos de ventana se usa madera de **Algarrobo** (Gleisner & Montt 2014). Por su parte, las casas antiguas de Socaire se caracterizan por tener techos sostenidos con vigas de **Chañar** y maderas tableadas de **Cactus** fuertemente amarrados con tiras de cuero cubierto con una capa de barro y paja. La puerta también se hacía con tablones de **Cactus** (Bustos 1999). En las

viviendas tradicionales de los pobladores de Río Grande se observan vigas de madera de **Algarrobo** y de **cactus** que sostienen el techo de dos aguas (Bustos 1999). Munizaga & Gunckel (1958) destacan el **Cardón grande**, la **Cortadera**, y la **Brea** como plantas usadas en la construcción, que luego fueron reemplazadas por el zinc (Munizaga & Gunckel 1958). En Talabre, se destaca la **Paja Brava** (*Festuca Chrysophylla*) para la construcción, específicamente para techar (Cárdenas 1998). Un estudio sobre Peine, demuestra la utilización de **Chañar** como tecnología aplicada en almadarada (armazón) para las casas (Núñez 1998).

En cuando a la artesanía, las maderas de **Cactus** y **Algarrobo** se usan para fabricar implementos utilizados en la confección de textiles, como el Telar de campo, Telar de suelo, Palillos, Rucas, Husos, así como otros Instrumentos de madera, como Cucharas, Mazos, Bandejas y Lámparas (Krusell 1976, Núñez 1998). La etnografía realizada por Bustos (1999) reconoce en madera de **Cactus** el tallado de paneras, lámparas, iglesias, tamboriles (Bustos 1999). En el estudio de Villagrán (1998), se destacan la **Caña**, **Algarrobo**, **Chañar**, **Azafrán**, **Carda** y **Cardón chico** como especies para la fabricación de implementos utilizados en la confección de tejidos (Villagrán et al. 1998). Por último, en Socaire, se reconoce el uso de **Unquillo** (*Juncus balticus Willd.*) para confección de cestería (Munizaga & Gunckel 1958).

1.3.4.1.5 Plantas para Combustible

Se nombran las siguientes especies por ser usadas como leña: **Ñaka tola** (*Baccharis incarun*), que sirve de leña para encender cocina (Araya 2003), el **Cachiyuyo**, según relatos de peineños (Núñez 1998). En Río Grande se nombra **candela o kerí** y en Socaire destacan el **Añagua**, **Azafrán**, **Colan**, **Cuerno** (*Adesmia crassicaule (Phil.) Reiche*), **Chókel** (*Atriplex microphylla Phil.*), **Chuicher**, **Liquia** (*Baccharis santelices Phil.*) **Pingo-Pingo** (*Ephedra andina Poepp*), **Tola** (*Lepidophyllum tola Cabrera.*) (Munizaga & Gunckel 1958). Entre las especies mencionadas en Talabre destaca: **Chijua-chijua** (*baccharis boliviensis*), **Pingo-pingo** (*Ephedra breana*) y **Llaretta** (*Azorella compacta*), llamada también **Yarita o Yareta** (Cardenas 1998).

Antiguamente se utilizaban el **Algarrobo** y el **Chañar**, sin embargo, el uso excesivo de estos árboles como combustible han causado la progresiva desaparición de sus bosques (Serracino & Stehberg 1975). En línea con estos datos, un estudio realizado en Talabre muestra como los pobladores, debido a la depredación de la unidad ecológica conocido como *Tolar* (3.100 a 3.900 msnm), han debido recurrir al *Pajonal* (3.900 a 4.400 msnm) en busca de especies vegetales utilizadas como combustibles.

1.3.4.1.6 Plantas Tintóreas

Las especies que los estudios identifican por ser utilizadas para el teñido de lanas y textiles son las siguientes:

- El estudio de Villagrán et al. (1998) en la cuenca del Salar de Atacama destaca: Kopa kopa, Pingo pingo, Tikara macho, Tikara hembra, Chillka, Chacha, Algarrobo, Basal, Tomatillo y la Tuna del kume (Villagrán et al. 1998).
- El estudio de Araya (2003) afirma que la **Ñaka tola** (*Baccharis incarun*), y la **Yarita o Yareta** se utiliza para teñir lana (Araya 2003),
- En Socaire se utiliza: Cume, Monte Verde, Romasa (*Rumex patientia L.*), Tícara (*Krameria iluca Phil.*) (Munizaga & Gunckell 1958).

1.3.4.1.7 Plantas de uso en Ceremonias y Rituales

La revisión bibliográfica permitió identificar diversas ceremonias y rituales en donde se usaban plantas. La siguiente matriz (Tabla 1-7), relaciona las ceremonias nombradas y las especies utilizadas.

Tabla 1-7: Plantas de uso en ceremonias y rituales

| Ceremonia | Plantas utilizadas |
|--|--|
| Ceremonias fúnebres (Limpia difuntos, "separamiento de almas") | -Tara o monte negro, mezclada con paja sikuya y plumas de parina -Tolilla (<i>Fabiana denudata</i>), alma tola, leña de alma, tara hembra, plumas de chururo (<i>Phoenicoparrus jamesi</i>) |
| Ceremonial agrícola (Rito de la semilla, siembra, limpieza de canales, carnaval) | -Konte o Conte (<i>Lupinus oreophilus</i> Phil.) -Kafle (<i>Bromus catharticus</i> Vahl.) -Illinkuma -Papa pauna -Chacha (<i>Lepidophyllum quadrangulare</i>), |
| Ceremonia del Matrimonio | -Maíz y Papa |
| Ceremonial ganadero | -Koba -Chacha (<i>Lepidophyllum quadrangulare</i>) |

La especie que más destacan los investigadores para estos fines, por ser la de mayor utilización y valor simbólico es la **Chacha** (*Parastrephia quadrangularis*), también llamada **Chachakoma**. Se usa principalmente para ceremonias ganaderas y para limpieza de aguas. Una vez que la chacha se ha quemado se transforma en koa (Villagrán et al. 1998). Munizaga & Gunckel (1958) coinciden con que la Chacha o Koa está relacionada con ceremonias agrícolas (regadío, limpieza de acequias) y pastoril (sahumerio de los animales con fines de que prosperen y se multipliquen) (Munizaga & Gunckel 1958).

Respecto al uso ceremonial del **Maíz**, relacionada con el ritual del matrimonio, Munizaga & Gunckel (1958) ilustran su importancia histórica y hasta pre histórica: «La incorporación del maíz en aspectos ceremoniales de la comunidad se verifica en que hasta hace muy poco tiempo (unos 10 años), según varios informantes, en la ceremonia del matrimonio, algunos de los presentes ofrecidos a los recién casados consistían en collares en que estaban ensartadas, a manera de cuentas, mazorcas de maíz de diversos colores, papas, y una clase particular de panes horadados. Este pan tiene indudable relación con el pan ceremonial de maíz, también horadado, encontrado en tumbas pre históricas» (Munizaga & Gunckel 1958).

Por último, es importante relevar en esta materia las **hojas de coca**, que constituyen un elemento fundamental para el trabajo de yerbateros y *Yatiris*, quienes las utilizan tanto para identificar el diagnóstico de la enfermedad del consultante, como para su tratamiento.

1.3.4.1.8 Plantas Ornamentales

Las principales especies identificadas para ornamentación y/o arreglos son: la **Flor del Konte o Conte** (*Lupinus oreophilus* Phil) utilizada para adornar sombreros, el **Molle** (*Schinus molle*) como ornamentación urbana (Munizaga & Gunckel 1958). El **Esparrago** (*Asparragues* sp.), **Alelí**

(*Sisymbrium niveum*) y **Malva** (*Tarasa tenella*), fueron señaladas como arreglos florales empleados en festividades religiosas y funerales (Cárdenas 1998).

1.3.4.1.9 Plantas Perjudiciales

Consisten en plantas que son reconocidas por ser perjudiciales para el ganado y la agricultura, aunque pueden ser valoradas en otros aspectos, como ornamental o medicinal (Villagrán et al. 1998).

En Talabre, entre las plantas perjudiciales destacan el **Conte conte** (*Lupinus oreophilus*) y el **Garbanzo** (*Astragalus bustillosi*), que pueden causarles la muerte a los animales. Además, entre las especies que impiden el desarrollo de cultivos y alfalfa, destacan la **Brama** (*Distichlis spicata*), el **Tomatillo** (*Lycopersicon chilensis*) y el **Kafle** (*Bromus unioloides*) (Cárdenas 1998). Coincidentemente, en Río Grande, se identificaron como dañinas para el ganado: el **Conte conte**, el **Garbanzo** y una de nombre *Melilotus indicus*, todas ellas de la familia de las Fabáceas (Romo et al. 1999).

1.3.4.1.10 Otros usos

Por último, en esta categoría se agrupan aquellas especies que tenían usos poco comunes y que no podían ser clasificadas. Las referencias más importantes son las siguientes:

- En el estudio de Talabre, se clasifican en esta categoría el **Chachiyuyo** (*Atriplex deserticola*) y el **Ojalar o Chokel** (*Atriplex imbricata*), ya que con sus cenizas se pelan granos. La **Ortega** (*Caiphora heptomera*), se empleada para animar a las personas que padecen pigricia ("flojera") y la **Cepa de Caballo o Cronke** (*Xanthium spinosum*) es utilizada por los "bastoneros" en las festividades del carnaval, para estimular la participación de los asistentes (Cárdenas 1998).
- La especie **Rica rica** (*Verbenaceae*) dispuesta como una capa seca sobre el suelo, se utilizaba en Guatín para impedir la entrada de animales (Serracino & Stehberg 1975).
- En Socaire, para lavar ropa se usa el **Tomatillo** (*Solanum eleagnifolium* Cav.). El **Pingo-Pingo** (*Ephedra andina* Poepp) se utiliza como escoba para barrer y la **Chilca** para generar sombra (Munizaga & Gunckel 1958).

1.3.4.2 Cultivos tradicionales

Un apartado especial merece los cultivos tradicionales por su papel formativo de las comunidades del Salar de Atacama. En la relación y el cultivo de ciertas plantas los pueblos atacameños han ido tejiendo su cosmovisión y su sentir comunitario. Según Gabriel Martínez (1989), la civilización andina sería definida como agrocéntrica, en el sentido de que es en la chacra (espacio agrícola) es donde «se coagulan y condensan las múltiples determinaciones de lo social, económico, político, tecnológico, simbólico, religioso (...), la civilización andina es Pachacéntrica» (Martínez 1989; en Greene, 2013).

Existen en la cultura atacameña importantes instancias comunitarias ancestrales, de riqueza simbólica y espiritual, en donde se entremezclan las prácticas agrícolas y las ceremoniales. Destacan la **Minga**, que se lleva a cabo generalmente para la preparación o siembra de la tierra. En ella se manifiestan los lazos de cooperación y las relaciones comunitarias. La ceremonia **Limpia de Canales o Talatur**, que consiste en la limpieza de escombros y plantas de los canales

de regadíos (Gleisner & Montt 2014) con el propósito de mejorar la distribución del agua hacia los campos de cultivo. (Bustos 1999), es también un ritual ancestral, en donde se invocan a los espíritus de la pacha (madre tierra), el agua, los cerros y los ancestros en favor de la agricultura (Gleisner & Montt 2014).

En Socaire, otra celebración relacionada a la agricultura es el **Carnaval** celebrado en febrero, que coincide con la celebración religiosa del “Miércoles de Ceniza” (Bustos 1999) en donde en medio de músicos, danza y personajes míticos, los pobladores “chayan” (lanzan agua y harina), como rogativa a favor de la abundancia de la cosecha.

Si en algo coinciden la mayor parte de los investigadores y estudios etnográficos consultados, es que es el **Maíz y la Alfalfa** son los cultivos tradicionales de mayor importancia para la cultura atacameña. La domesticación del maíz es considerada como el equivalente de lo que fue el trigo y la cebada para el Neolítico del viejo mundo, en cuanto propulsor de un estilo de vida formativo (McRostie 2014). Prácticamente todas las comunidades poseen alguna variedad de maíz apta para su almacenamiento y seguramente es una especie que nunca se ha dejado de cultivar. Entre las distintas variedades destacan: **Aillen (Rosado), Pokoi, Kebir, Pisankalla, Chejjecito, Aikensito** (Villagrán et al. 1998). En Peine, destaca el tipo **Cape y Morocho o Amarillo** (Núñez 1998).

Estas especies no solamente resuelven necesidades productivas, sino que también generan relaciones de reproducción cultural (Sepúlveda et al. 2015). El maíz se utiliza en rituales y ceremoniales, como adorno y para fines medicinales⁸. También se han reconocido la utilización de los tallos de maíz seco como material de construcción (Tejada 2018). Por su parte, según la afirmación de Sepúlveda (2015) la Alfalfa se ha mantenido no sólo porque sirve de alimento para el ganado, sino que también porque tiene una significación identitaria en los sistemas agrícolas andinos (Sepúlveda et al. 2015).

El **trigo**, también puede considerarse de cultivo tradicional, sin embargo, según investigaciones recientes, ha disminuido significativamente, demostrando menos arraigo identitario que el maíz o la alfalfa.

La **papa y la quinoa** también son importantes de mencionar. En Socaire se reconocen 13 variedades de papas, entre ellas la variedad **pauna, vernáculo kunsá** (Villagrán et al. 1998). En Socaire, las **papas silvestres** son de gran uso en el lugar cercano de Lánke. En términos culturales, Las papas aparecen asociadas a ceremonias de matrimonio y a cantos regionales. Sin embargo, estas especies, sobre todo el cultivo de la quinoa, fue afectado por un prejuicio alimentario que precedió su decadencia cultural. En el estudio de Munizaga & Gunckel (1958) se comenta como las personas con mejor situación económica, manifestaban un prejuicio en contra de los que consumían quinoa y en contra de los que ingieren frutos, raíces o bulbos silvestre. (Munizaga & Gunckel 1958). Según estos mismos autores, la papa negra y las de color oscuro también habrían sido afectadas por prejuicios alimenticios.

1.3.4.3 Árboles autóctonos. Chañar y Algarrobo

Por último, es importante mencionar a dos especies que han acompañado la historia de las comunidades de la cuenca del Salar de Atacama. El **Chañar y el Algarrobo** destacan por ser

⁸ El hongo del maíz (*Ustilago maydis*) se usa como medicina (Sepúlveda et al. 2015: 200)

utilizadas desde tiempos inmemoriales por la cultura atacameña y en la actualidad esta importancia se manifiesta en la iconicidad que han adquirido estos árboles.

Los estudios etnobotánicos consultados coinciden en destacarlas como las especies de mayor importancia por sus múltiples usos. Constituyen fuente de alimentos y se usan en medicina, forraje, combustible, construcción y rituales (Villagrán et al. 1998). Los frutos de algarrobo y chañar forman parte de la economía atacameña y han sido los principales productos de intercambio de las comunidades⁹.

De acuerdo a Munizaga & Gunckel (1958), el algarrobo se utiliza desde el pasado pre hispánico como harina o *aloja*, en toda la región del Salar de Atacama. Hallazgos arqueológicos respecto al Chañar y al Algarrobo sugieren que en la antigüedad fueron aprovechados para crear artefactos como morteros, martillos de piedra, etc. (Villagrán et al. 1998).

La utilización de ambas especies en preparaciones culinarias tradicionales es un fenómeno transversal en las distintas localidades de la cuenca. En Peine, del chañar se hacen budines, jaleas y otros subproductos. El algarrobo se chanca produciendo harina y se prepara la bebida fermentada *aloja* (Núñez 1998). La harina de Algarrobo o *añapa* se consume principalmente en “ulpadas” y preparada con leche recibe el nombre de *Chilkán* (Greene 2013). Actualmente, en San Pedro de Atacama, se producen helados de chañar y de algarrobo (Gleisner & Montt 2014), como manifestación de la aculturación del territorio y el boom turístico de este lugar.

El uso excesivo de los árboles como combustible en los centros mineros, que aconteció hacia finales del siglo XIX, ha sido la causa de la desaparición de bosques de algarrobo y chañar (Serracino & Stehberg 1975). Con el cierre de las salitreras, los habitantes de San Pedro comenzaron a usar de manera más intensiva los árboles para abastecer a los centros urbanos (Greene 2013).

A pesar de que estudios sobre la arborización en el periodo formativo de la cuenca del salar de atacama (1400 a.c. – 500 d.c), sugieren que los bosques de algarrobo (*Prosopis*) no son nativos del área y que sus semillas habrían provenido de Argentina (McRostie 2014), ha sido tan significativo el rol que ha cumplido en términos culturales y alimenticios que son percibidos por las comunidades atacameñas como árboles autóctonos. Incluso se han registrado experiencias que muestran resistencia por parte de la comunidad de plantar estos árboles. Por ser considerados nativos, se sostiene la creencia de que son innatos, “hijos naturales de la tierra” y por lo tanto “nacen solos”, no emergen de la acción humana. Un relato cuenta que en la década de los 90’, con el objeto de reforestar el oasis de San Pedro, CONAF regaló a los sanpedrinos almácigos de Algarrobo, sin embargo, los pobladores no los transplantaron, ya que prevaleció entre ellos la idea de que estos árboles no podían “plantarse”, así como tampoco un forastero o afuerino puede llegar a ser un sanpedrino autóctono (Greene 2013).

⁹ En los estudios se reconoce que algunas comunidades atacameñas que no poseían en sus tierras Algarrobo (*Prosopis chilensis*) lo conseguían mediante trueque, intercambiando alimentos de la costa, como pescados, moluscos y sal, a cambio de frutos de algarrobo y chañar (Bustos, 1999:38). Según Villagrán (1998), la población de Socaire importa el Algarrobo por trueque de Peine y el Chañar lo trae de Toconao (Villagrán et al., 1998: 32)

1.3.5 Usos de suelo

De acuerdo a Cade-Idepe (2004). Los principales usos de suelo de la cuenca corresponden a:

- **Uso agrícola:** La superficie destinada a este tipo de uso en la cuenca es muy reducida. Las zonas de la cuenca que poseen terrenos de uso agrícola se emplazan próximos a la localidad de San Pedro de Atacama donde los principales cultivos son las plantas forrajeras y praderas artificiales.
- **Uso forestal:** La superficie destinada a este tipo de uso en la cuenca es muy reducida. Las plantaciones forestales se emplazan en el sector de la Reserva Nacional Los Flamencos, entre las localidades de San Pedro de Atacama y Toconao. Las especies forestales de esta zona corresponden a Tamarugos.
- **Uso urbano:** El único asentamiento humano que posee población urbana en la cuenca, corresponde al ayllu de San Pedro de Atacama. El resto de los asentamientos corresponden a entidades rurales como Toconao, Peine.
- **Áreas sin vegetación:** La superficie considerada sin vegetación constituye cerca del 70% de la superficie de la cuenca.

Según el Catastro de Bosque Nativo (1997) la situación en la región gran parte del área corresponderían a zonas desprovistas de vegetación (en la Figura 1-17, otra vegetación natural)

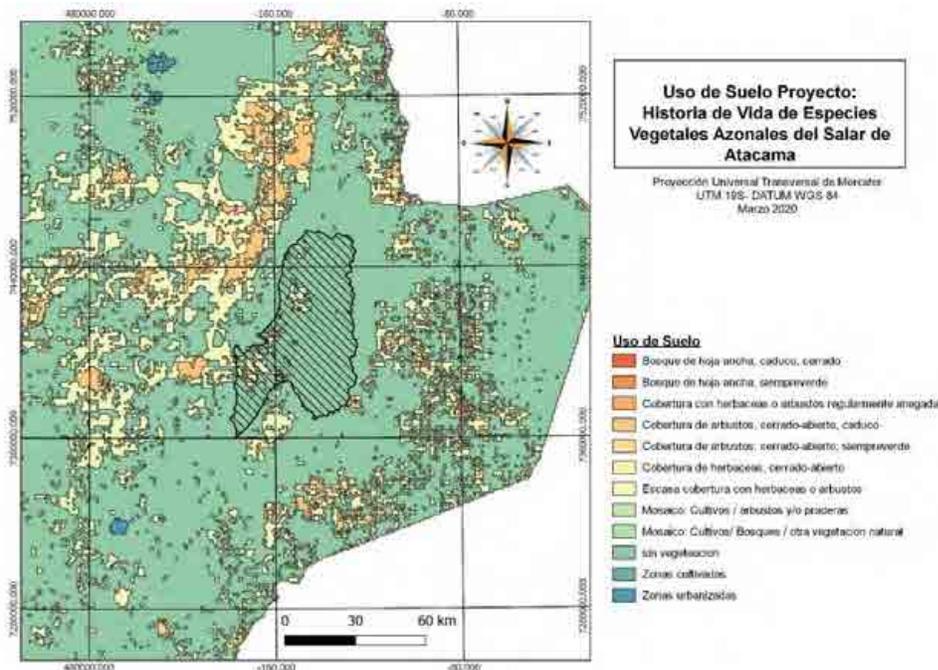


Figura 1-17: Uso Actual del Suelo en zona andina de la Región de Antofagasta

1.3.6 Servicios Ecosistémicos provistos por la flora y vegetación

Los servicios ecosistémicos que ofrecen los humedales a nivel global, han sido indispensables para el desarrollo y bienestar de comunidades y economías completas (WCS 2019).

A pesar del creciente reconocimiento global que existe sobre la importancia de la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad que éstos albergan, su degradación continúa incluso a gran escala. Por otro lado, la erosión de la biodiversidad repercute, directa o indirectamente, sobre el bienestar humano ya que compromete el funcionamiento de los ecosistemas y su capacidad de generar servicios esenciales para la sociedad (Martín-López & Montes 2011).

Los servicios ecosistémicos corresponden a recursos y/o procesos que los ecosistemas naturales proveen al hombre (bienes y servicios) producto del funcionamiento e interacción de todos sus componentes (Chapin et al. 2000). Desde esta perspectiva, los ecosistemas en donde se registran especies a las cuales se les identificó un uso actual o ancestral estarían constituyendo un servicio ecosistémico. Por tanto, la provisión de servicios ecosistémicos potenciales por parte de la vegetación y flora registrada en el Salar de Atacama involucra los siguientes tipos:

Estabilización de caudales: estabilización de caudales de quebradas y esteros para consumo humano y riego.

Provisión de Forraje: Plantas utilizadas como alimento para animales.

Provisión de Medicinas: Plantas utilizadas para el tratamiento contra enfermedades y malestares.

Provisión de Alimentos: Plantas que se utilizan para preparaciones culinarias.

Provisión de material de construcción y artesanías: Plantas que sirven como material para la construcción de viviendas u otras edificaciones, así como para crear objetos o implementos de interés artesanal.

Provisión de material combustible y leña: Plantas que al ser quemadas son utilizadas para generar combustible.

Provisión de plantas para fines ritualísticos: Plantas que se utilizan en ceremonias y rituales.

Provisión de material ornamental: Plantas para uso de ornamento personal, urbano o floral.

Además de los servicios identificados por la comunidad, es necesario agregar los servicios potenciales que proveen las formaciones vegetales como se describen en la Tabla 1-8. Si bien estos servicios no han sido directamente cuantificados, la consecuencia de su funcionamiento se evidencia a partir de la presencia de algunos indicadores como la presencia de plantas grandes, longevas, con leño denso y tasas lentas de descomposición, favorecen la retención de carbono en biomasa, por ejemplo, formaciones de Matorral de *Tessaria absinthioides*, los cuales se encuentran en diferentes áreas dentro del salar.

Tabla 1-8: Relaciones causales de servicios ecosistémicos

Ejemplos de relaciones causales entre algunos caracteres de especies vegetales, procesos ecológicos y el suministro potencial de los servicios ecosistémicos, aplicables a la flora y vegetación del Salar de Atacama. Modificado de Martin-López et al. (2007).

| Servicios Ecosistémicos | Propiedades y procesos de los ecosistemas | Caracteres funcionales | Algunos ejemplos y comentarios e indicadores de su actividad |
|--|--|--|---|
| Mantenimiento de un clima favorable para los humanos (p.ej. salud humana, cosechas, etc.) | Intercambio de energía calórica, albedo y rugosidad de la cobertura terrestre Tamaño de la planta | Estructura del dosel Longevidad de la planta y de la hoja Estructura de la hoja | Plantas grandes, siempreverdes, con arquitecturas complejas, absorben más energía y por tanto reducen el albedo, aumentan la rugosidad, y aumentan el calor atrapado. Caracteres de las hojas (p. ej. cubiertas, orientación, longevidad) influyen en la absorción de energía. |
| Mantenimiento de un clima favorable para los humanos a través del secuestro de carbono fuera de la atmósfera | Retención de carbono en biomasa y materia orgánica del suelo | Tamaño de la planta Densidad del leño Profundidad de raíces Longevidad de la planta y de la hoja Textura y contenido de macronutrientes de la hoja | Plantas grandes, longevas, con leño denso y tasas lentas de descomposición, favorecen la retención de carbono en biomasa. Plantas con raíces profundas favorecen la retención de carbono en las capas más profundas y estables del suelo. |
| Regulación de la cantidad y calidad de agua disponible para humanos, animales útiles y cultivos | Evapotranspiración Estructuración del suelo por el sistema radicular | Tamaño de la planta Área de la hoja Profundidad y arquitectura de raíces | Plantas grandes, con grandes hojas y raíces profundas tienen mayor tasa de transpiración, influyendo sobre la disponibilidad de agua en el suelo y sobre el clima local. Sistemas radiculares densos y profundos favorecen la retención de agua en el perfil del suelo. |
| Formación y mantenimiento de suelos fértiles | Descomposición Retención del suelo por el sistema radicular | Profundidad y arquitectura de raíces Longevidad de la planta y de la hoja Textura y contenido de macronutrientes de la hoja | Hojas tiernas, ricas en macronutrientes y de corta vida se descomponen más rápidamente y aumentan la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Hojas esclerófilas, pobres en macronutrientes, reducen la disponibilidad de nutrientes, pero brindan mejor capacidad de retención de agua en el suelo. Plantas perennes, con sistemas radiculares densos y profundos, retienen mejor el suelo y controlan procesos erosivos. |
| Disfrute paisajístico | | Tamaño y número de flores Color de flores y follaje | Flores grandes con colores llamativos o la variedad cromática de flores y hojas (colores otoñales) se asocian con mayor disfrute paisajístico. |
| Recreación (p.e. caza deportiva) Abastecimiento (p.e. ganado, caza de subsistencia) | Herbivorismo | Arquitectura del dosel Estructura y composición química de las hojas | Plantas de follaje concentrado en los estratos bajos, de hojas tiernas y ricas en nutrientes, favorecen el herbivorismo por ungulados. |
| Capacidad de suministrar los servicios a lo largo del tiempo | Persistencia en el banco de semillas Transporte de semillas por distintos agentes | Tamaño de semilla Forma de semilla Estructuras anexas de la semilla (alas, ganchos, estructuras carnosas, cubiertas duras, etc.) | El tamaño y forma de semilla está asociado con la longevidad en el banco de semillas del suelo. El tamaño y la presencia de estructuras anexas se relacionan con la distancia a la que puede dispersarse por sí misma o por medio de agentes dispersores. |

1.4 Vulnerabilidad de las formaciones y o especies vegetales

Si bien son pocas las especies que se registran con problemas de conservación en la zona, las condiciones limitantes del sistema donde se desarrolla la vegetación, es altamente limitante, principalmente en lo que se refiere al recurso hídrico. Muchas de las especies se desarrollan al límite de los rangos tolerables para mantener el funcionamiento, de ahí que sean ambientes altamente vulnerables a la escasez del recurso. Si bien el Salar posee una baja superficie de áreas protegidas, estas se corresponden con la protección del recurso hídrico (Tabla 1-9).

Tabla 1-9: Sitios Prioritarios y Áreas silvestres protegidas en la comuna de San Pedro¹⁰

| Área Prioritaria de Biodiversidad | Nombre | Comuna(s) | Superficie (ha) |
|--|--|-------------------------------|-----------------|
| Sitios Prioritarios (ERB) | Geisers del Tatio | Calama – San Pedro de Atacama | 83.948 |
| | Alrededores del Volcán Licancabur | San Pedro de Atacama | 93.930 |
| | Ayllus San Pedro de Atacama | San Pedro de Atacama | 11.382 |
| | Salar de Atacama | San Pedro de Atacama | 305.042 |
| | Laguna Lejía | San Pedro de Atacama | 18.905 |
| SNASPE | Reserva Nacional Los Flamencos | San Pedro de Atacama | 73.987 |
| Santuario de la Naturaleza | Santuario de la Naturaleza Valle de la Luna | San Pedro de Atacama | 13.200 |
| Sitios RAMSAR | Salar de Tara | San Pedro de Atacama | 96.440 |
| | Sistema Hidrológico de Soncor del Salar de Atacama | San Pedro de Atacama | 67.133 |
| | Salar de Pujsa | San Pedro de Atacama | 17.396 |
| Autodestinaciones (Bienes Nacionales Protegidos) | Laguna Lejía | San Pedro de Atacama | 3.980 |

Además de las áreas de protección, la intención de protección legal sobre los recursos hídricos posee un vasto historial. De acuerdo a Alegria y Lillo (2003), la protección legal sobre los acuíferos establece que *“las zonas que correspondan a acuíferos que alimentan vegas y bofedales de las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta se entenderán prohibidas para mayores explotaciones que las autorizadas, así como para nuevas explotaciones, sin necesidad de declaración expresa”*. Luego, los acuíferos quedan restringidos en el sentido que *“no se podrán efectuar exploraciones en terrenos públicos o privados de zonas que*

¹⁰ Dato hasta el 2015, modificado de Villablanca R. & Ibarra J. (2015). Las áreas que se han establecido con posterioridad se detallan en el anexo 3

alimenten vegas y bofedales en las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta sino con autorización fundada de la DGA”.

Si bien, los proyectos que actualmente se encuentran en ejecución mantienen normas de protección ambiental y programas de manejo y monitoreo de recursos naturales que se realizan en coordinación con los servicios públicos competentes (CONAF 2008), se identifican amenazas potenciales que las diferentes actividades antrópicas pueden generar sobre los recursos del área de estudio. Algunas de las principales identificadas en diferentes estudios (CONAF 2008, 2010, Villablanca & Ibarra 2015, WSC 2019), corresponden a:

- Alteración de la superficie del salar generando cambios en la morfometría de las lagunas someras que caracterizan a estos sistemas.
- Alteración de colonias de nidificación de especies de avifauna producto del incremento de la actividad humana (construcción de caminos, circulación de vehículos, maquinarias, personal).
- Disminución de los niveles freáticos y tamaño de lagunas superficiales por extracción de salmueras.
- Cambios en la superficie o caudal de cuerpos de agua.
- Habilitación de caminos facilitando acceso de turistas y/o predadores a áreas frágiles de nidificación de avifauna.
- Pérdida de hábitat por tránsito de vehículos motorizados por lugares no habilitados.
- Alteración de vegas y bofedales.
- Presencia de especies introducidas.
- Construcción de nuevas rutas de acceso que pueden producir alteraciones en corredores biológicos, rutas troperas tradicionales, desplazamientos de poblaciones de fauna.
- Construcción de infraestructura que afecta el paisaje natural, y erosión debido a la circulación de vehículos por caminos no habilitados para el uso público.
- Inadecuada disposición de residuos generados por actividad antrópica y por turismo.
- Extracción de áridos y movimiento de tierras.
- Presión de forrajeo y pisoteo por parte de animales domésticos en humedales.
- Quema de vegetación ribereña, deforestación de la cuenca.

1.4.1 Vulneabilidad de los ecosistemas

De acuerdo a la Lista Roja de Ecosistemas desarrollada por la Unión internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), busca establecer un estándar internacional para evaluar la condición de los ecosistemas a nivel local, nacional, regional y global (Pliscoff 2015).

El modelo de la UICN se compone de cuatro grandes criterios de análisis de síntomas de riesgo de que el ecosistema pierda sus rasgos característicos. De estos cuatro criterios, dos se relacionan directamente con la distribución espacial del ecosistema. Estos son “reducción de la distribución” y “distribución restringida”. Las otras dos categorías se

relacionan con síntomas funcionales: el primero evalúa la degradación del ambiente abiótico y, el segundo, la alteración de procesos e interacciones biológicas. Además, cuenta con un quinto criterio relacionado a un modelo de estimaciones probabilísticas del riesgo de colapso de los ecosistemas (Keith et al. 2013, en Pliscoff 2015).

Las categorías utilizadas para la clasificación corresponden a las siguientes categorías cuantitativas de riesgo:

- (i) En Peligro Crítico (CR).
- (ii) En Peligro (EN).
- (iii) Vulnerable (VU).

Además, categorías cualitativas personalizadas para los ecosistemas, categorizan a los ecosistemas que apenas no cumplen con los criterios cuantitativos para las tres categorías de amenaza, y estas corresponden a:

- (iv) Casi Amenazado (NT).
- (v) Preocupación Menor (LC).
- (vi) Datos Insuficientes (DD).
- (vii) No Evaluado (NE).
- (viii) Colapsado (CO), equivalente a la categoría de especie extinta (EX).

Los criterios de evaluación para clasificar los ecosistemas corresponden a:

Criterio A. Reducción en la distribución: En este análisis el autor planteó tres periodos de tiempo que definen los sub criterios; el primero hace referencia a una disminución en el tiempo presente (A1), que se evalúa durante los últimos 50 años. El segundo implica la reducción futura, durante los próximos 50 años (A2a) o a lo largo de cualquier periodo de 50 años que incluya el presente y el futuro (A2b), y el último, es la disminución histórica (A3) que se calcula desde el año 1750.

Criterio B. Distribución restringida: Este criterio busca identificar aquellos ecosistemas cuya distribución se encuentra tan restringida que están en riesgo de colapso por la concurrencia de eventos o procesos amenazantes. Este criterio se subdivide en tres sub criterios; Extensión de la Ocurrencia (B1), definida a partir de un polígono convexo análogo al cálculo que se realiza para especies, definiéndose a partir de la disminución continúa observada o inferida (B1a); procesos de amenaza observados o inferidos (B1b), y, si el ecosistema existe en más de una localidad (B1c). El segundo sub criterio, abarca el concepto de Área de Ocupación (B2), el cual calcula el número de celdas ocupadas en una cuadrícula; finalmente, el tercero (B3) corresponde a una combinación, definida por el número de localidades y el riesgo del ecosistema a sufrir colapso.

Criterio C. Degradación ambiental: Criterio aplicado a la estimación de la degradación ambiental durante los próximos 50 años. Para la aplicación de este criterio el autor, calculó un índice de estrés integrado obtenido a partir de la estimación de un estrés hídrico y un estrés térmico. El concepto de estrés se refiere a una variación tanto positiva o negativa de los rangos de tolerancia bioclimática actuales respecto a un escenario futuro de cambio climático. Para efectos de la clasificación propuesta, estimó la categoría de amenaza de

cada piso de vegetación calculando la extensión y severidad para el estrés hídrico y el estrés térmico (estival e invernal) respectivamente. La proyección actual la realizó para un escenario de cambio climático al año 2050.

Criterio D. Alteración de procesos e interacciones bióticas.

Criterio E. Estimaciones cuantitativas del riesgo de colapso de los ecosistemas.

Siguiendo con esta clasificación Pliscoff (2015), en la Tabla 1-10 se entregan los resultados de la evaluación.

Tabla 1-10: Clasificación de los pisos de vegetación según Pliscoff (2015)

| ID | Piso de vegetación | Criterio A2b | Criterio A3 | Criterio B2 | Criterio C2 Estrés (Hídrico) | Criterio C2 Estrés (Térmico estival) | Criterio C2 Estrés (Térmico invernal) | Final |
|----|--|--------------|-------------|-------------|------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------|
| 3 | Matorral desértico tropical interior de <i>Atriplex atacamensis</i> y <i>Tessaria absinthioides</i> | LC | LC | LC | LC | LC | LC | LC |
| 22 | Matorral bajo desértico tropical interior de <i>Adesmia atacamensis</i> y <i>Cistanthe salsoloides</i> | LC | LC | LC | LC | LC | LC | LC |

Como se mencionó anteriormente, debido a la escala de la clasificación en pisos vegetacionales, es que su caracterización hace referencia principalmente a la vegetación de tipo zonal. En relación a los antecedentes evaluados en la presente revisión bibliográfica, también es necesario considerar la vulnerabilidad de los sistemas de tipo azonal y las especies que la componen. Este tipo de vegetación además de competir con las actividades antrópicas por el recurso hídrico limitante también presenta presiones de explotación (ver mayor detalle en Usos de las especies) y la interacción con una mayor proporción de especies introducidas (ver sección flora azonal).

1.4.2 Vulnerabilidad de las especies

A partir de los registros considerados de la base de datos CONC, no es posible asumir que la flora del área de estudio se encuentre adecuadamente conocida. En este sentido la curva de rarefacción de especies (construida a partir de la totalidad de registros en CONC, con coordenadas geográficas y fecha de colecta), no llega a la estabilidad (meseta de la pendiente) (Figura 1-18).

El registro de datos de flora del área de estudio, medido a través de bases de datos con un boucher de respaldo para verificar la identidad del registro, son escasos o se encuentran desactualizados. Los especímenes depositados en el Herbario CONC datan de 1931 (Figura 1-19), la revisión bibliográfica de artículos científicos y líneas base se obtuvo se obtuvo una base de datos de 405 nombres de taxa (especies y categorías infraespecíficas)

potenciales citadas para el Salar de Atacama (muchas de las cuales no presentan coordenadas específicas de la localidad del registro). La depuración de este listado en relación a sinonimia de nombres, citas erróneas y problemas nomenclaturales, arrojó un listado de 347 nombres de especies, de los cuales 9 no pudieron ser validados. Finalmente, un total de 336 especies fueron registradas. Esto queda de manifiesto en la escasez de publicaciones (en revistas, libros o publicaciones técnicas) que aborden de manera explícita la distribución, caracterización de la flora en el Salar de Atacama.

Curva de Rarefacción registro de especies vasculares en la cuenta del salar de Atacama

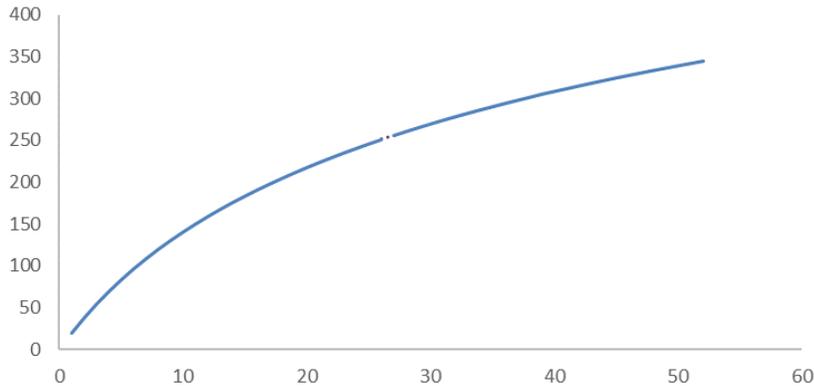


Figura 1-18: Curva de rarefacción de especies de los registros para el Salar de Atacama

Registros CONC en la Cuenca del salar de Atacama

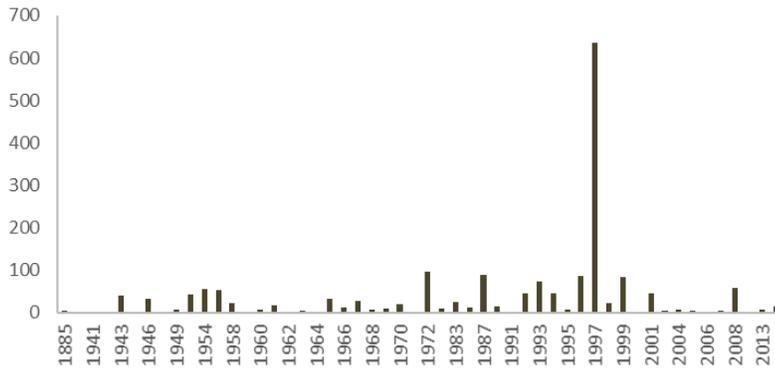


Figura 1-19: Registro de especies en CONC según año de colecta para el Salar de Atacama

De acuerdo a lo anterior, no es posible evaluar la vulnerabilidad de las especies compiladas en esta revisión bibliográfica a partir del número de registros, ya que muchas de ellas presentan unos pocos registros con fechas muy antiguas. Tampoco es posible asumir que las especies que no se han registrado recientemente en estudios de líneas base, monitoreos o trabajos particulares hayan desaparecido. Ante la poca información que se tiene de las especies una aproximación de la vulnerabilidad es a partir de las especies que han sido clasificadas con problemas de conservación y que presentan registros en el área.

Tal como se indica en la Tabla 1-4, un total de nueve especies (de las 89 especies registradas para la Región de Antofagasta), presentan registros en el área de estudio. Ninguna de ellas se encuentra citada en los planes de manejo realizados por Albemarle.

En este sentido, una potencial amenaza que podría constituir una vulnerabilidad de las especies corresponderían a aquellas consideradas azonales, dada la condición de fragilidad de los ecosistemas en los que ellas se encuentran.

1.5 Selección de especies relevantes

Con la información y con la presencia de las especies en las diferentes formaciones (especies que hayan sido reportadas en algún estudio específico para el salar), se procedió a realizar una selección de las especies que potencialmente deberían ser incluidas en las posteriores actividades del presente proyecto.

Las especies que se citan particularmente en líneas base se listan en la Tabla 4-9, además de mayores registros en la literatura en general (ver Tabla 1-4).

Los criterios de mayor relevancia en la selección de especies lo constituyen:

- Origen (especies que sean nativas).
- Ciclo de vida (especies preferentemente perennes).
- Categorías de conservación (especies que no se encuentren en categoría de conservación).
- Abundancia (Especies que correspondan a especies dominantes dentro de alguna formación vegetal).
- Usos (Especies que hayan sido reportadas con algún uso tradicional).
- Funciones ecosistémicas (especies preferentemente de la condición azonal).
- Vulnerabilidad (especies preferentemente de la condición azonal).

En la Tabla 1-11 se destaca en gris las especies de mayor relevancia para las actividades posteriores del proyecto, y en amarillo aquellas que presentan alguna categoría de conservación.

Tabla 1-11: Especies con referencia específica en el área de estudio

| Familia | Nombre científico | Nombre común | Hábito | Ciclo de vida | Origen | Distribucion en el área |
|-----------------|---|--|----------------------|---------------|----------|-------------------------|
| Verbenaceae | Aloysia deserticola (Phil.) Lu-Irving & O'Leary | Kore | Arbusto | Perenne | Nativo | Zonal |
| Asteraceae | Ambrosia artemisioides Meyen & Walp. ex Meyen | Tikara, pikara, cadillo, monte verde, tola negra, pegapega, lipelipe | Arbusto | Perenne | Nativo | Zonal |
| Caryophyllaceae | Arenaria serpens Kunth | | Hierba | Perenne | Nativa | Azonal |
| Chenopodiaceae | Atriplex atacamensis Phil. | Cachiyuyo | Arbusto | Perenne | Endémico | Zonal |
| Chenopodiaceae | Atriplex imbricata (Moq.) D. Dietr. var. imbricata | Cachiyuyo, chókel, ojalar, kopakopa macho, pilaya | Arbusto o subarbusto | Perenne | Nativo | Zonal |
| Asteraceae | Baccharis boliviensis (Wedd.) Cabrera | Tolilla, tolita, tola chica, monte de paloma, tola amarilla, tola hembra | Arbusto | Perenne | Nativo | Zonal |
| Asteraceae | Baccharis juncea (Lehm.) Desf. | Suncho, pasto loco, totora, chukchuka, mutumutu | Hierba | Perenne | Nativa | Azonal |
| Montiaceae | Cistanthe celosioides (Phil.) Carolin ex Hershkovitz | Básal | Hierba | Anual | Nativa | Zonal |
| Montiaceae | Cistanthe densiflora (Barnéoud) Hershkovitz | Pata de guanaco | Hierba | Anual | Nativa | Zonal |
| Montiaceae | Cistanthe minuscula (Añon) Peralta | | Hierba | Anual | Nativa | Zonal |
| Montiaceae | Cistanthe salsoloides (Barnéoud) Carolin ex Hershkovitz | | Hierba anual | Anual | Nativa | Zonal |
| Cactaceae | Cumulopuntia echinacea (Ritter) Ritter | | Arbusto suculento | Perenne | Nativo | Zonal |
| Poaceae | Distichlis spicata (L.) Greene | | Hierba | Perenne | Nativa | Azonal |
| Ephedraceae | Ephedra americana Humb. & Bonpl. ex Willd. | Pingo-pingo | Arbusto | Perenne | Nativo | Zonal |
| Fabaceae | Geoffroea decorticans (Gillies ex Hook. & Arn.) Burkart | Chañar | Árbol | Perenne | Nativo | Zonal |

| Familia | Nombre científico | Nombre común | Hábito | Ciclo de vida | Origen | Distribucion en el área |
|----------------|---|---|----------------------------|---------------|----------|-------------------------|
| Loasaceae | Huidobria fruticosa Phil. | | Arbusto | Perenne | Endémica | Zonal |
| Juncaceae | Juncus balticus Willd. | | Hierba | Perenne | Nativa | Azonal |
| Solanaceae | Lycium humile Phil. | Jume, june, wicha | Arbusto | Perenne | Nativo | Zonal/Azonal |
| Poaceae | Nassella rupestris (Phil.) Torres | | Hierba | Perenne | Nativa | Zonal |
| Chenopodiaceae | Nitrophila atacamensis (Phil.) Hieron. ex Ulbr. | | Hierba | Anual | Endémica | Zonal/Azonal |
| Solanaceae | Nolana linearifolia Phil. | | Hierba | Perenne | Endémica | Zonal |
| Poaceae | Pappostipa atacamensis (Parodi) Romasch. | | Hierba perenne | Perenne | Nativa | Zonal |
| Juncaceae | Patosia clandestina (Phil.) Buchenau | | Hierba perenne | Perenne | Nativa | Azonal |
| Rosaceae | Polylepis tarapacana Phil. | | Árbol | Perenne | Nativa | Zonal |
| Fabaceae | Prosopis alba Griseb. | Algarrobo blanco | Árbol | Perenne | Nativo | Zonal |
| Fabaceae | Prosopis chilensis (Molina) Stuntz emend. Burkart | Algarrobo del centro | Árbol | Perenne | Nativo | Zonal |
| Poaceae | Puccinellia frigida (Phil.) I.M. Johnst. | | Hierba | Perenne | Nativa | Azonal |
| Ruppiaceae | Ruppia filifolia (Phil.) Skottsbo. | | Hierba acuática perenne | Perenne | Nativa | Azonal |
| Chenopodiaceae | Sarcocornia andina (Phil.) Freitag, M.A. Alonso & M.B. Crespo | | Arbusto | Perenne | Nativo | Zonal/Azonal |
| Cyperaceae | Schoenoplectus californicus (C.A. Mey.) Soják | | Hierba | Perenne | Nativa | Azonal |
| Asteraceae | Tessaria absinthioides (Hook. & Arn.) DC. | Brea, chilquilla, sorona, péril, callacozo, hierba de la zorra | Arbusto | Perenne | Nativo | Zonal |
| Boraginaceae | Tiquilia atacamensis (Phil.) A.T. Richardson | Káuchal | Subarbusto | Perenne | Endémico | Zonal |
| Juncaginaceae | Triglochin concinna Burt Davy | | Hierba | Perenne | Nativa | Azonal |

1.6 Síntesis, Análisis y Evaluación de la Información Recopilada

1.6.1 Tipo de información

Para la presente revisión bibliográfica se consideraron más de 120 artículos y publicaciones procedentes de diferentes fuentes de información. Sin embargo, la principal fuente utilizada y de mayor relevancia para el informe corresponden a artículos científicos, informes sectoriales y documentos técnicos.

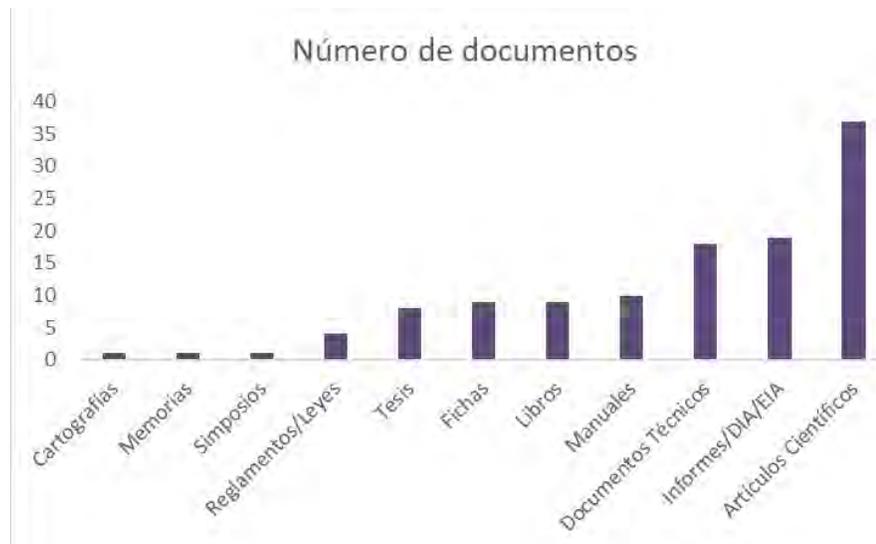


Figura 1-20: Principales fuentes de información

La fecha de publicación de los documentos (Figura 1-20) y por ende la validéz de los datos, varía considerablemente entre tipos de documentos. Por esta razón, en la presente revisión se consideró la fecha de publicación como un elemento relevante a considerar al momento de caracterizar los diferentes componentes. Se utilizó como criterio que aquellos componentes base (clima, tipos de suelo, geomorfología, entre otros), no presentaban problemas para la caracterización. Sin embargo, para los componentes más dinámicos, o que su variación puede reflejarse a corto plazo, se utilizaron los documentos más antiguos como referencia, priorizando el uso de documentos más actualizados.

Es necesario destacar que tanto en el ámbito científico, como en el productivo (reflejado en informes, y documentos técnicos), se muestra un creciente interés por el área de estudio, reflejándose en un mayor número de publicaciones recientes (Figura 1-21). Es necesario hacer notar que esto puede también evidenciar un sesgo en la búsqueda, así como también, la dificultad de acceso a la información que no se encuentra disponible para consulta en línea.

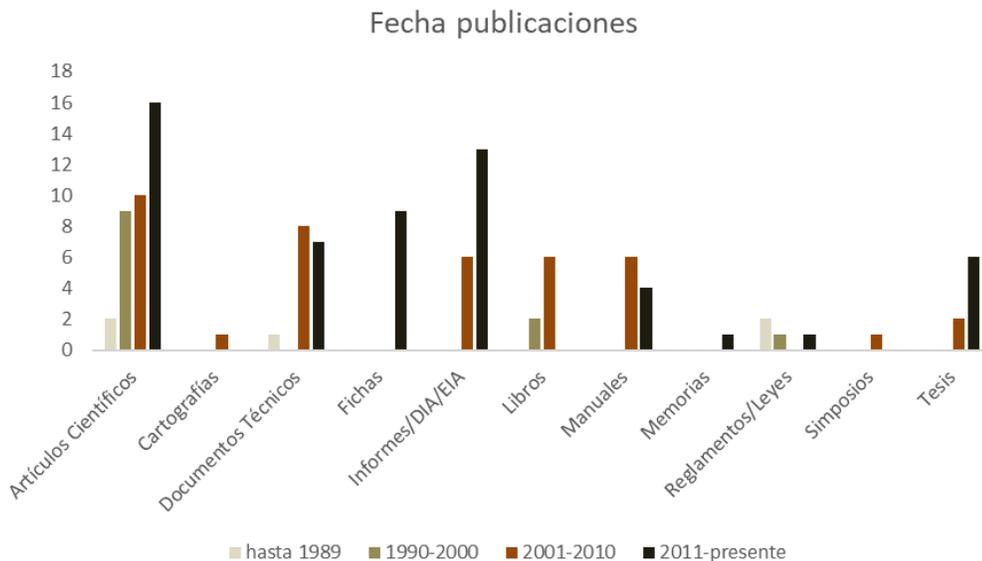


Figura 1-21: Fecha de las publicaciones

Al evaluar el ámbito principal o contenido de los artículos recopilados (Figura 1-22), se aprecia un fuerte sesgo a aquellas publicaciones que dan cuenta de la utilidad de los recursos, particularmente, publicaciones en relación al uso tradicional de las especies, Dejando en evidencia la fuerte dependencia de el recurso flora y vegetación para el desarrollo pasado y actual de las comunidades indígenas de la zona. Otro foco de interés se centra en la caracterización de los sistemas azonales, aunque en la recopilación son pocos los trabajos que específicamente evalúan algún sistema del área de estudio. La mayor especificidad en cuanto al contenido de la información, numero de trabajos disponibles para la zona, y relevancia de los mismos, se centra en la evaluación de las variables abióticas del Salar.

En cuanto a la caracterización de la Flora y Vegetación, esta se encuentra desactualizada en el ámbito científico, la mayor disponibilidad de información proviene de informes sectoriales, y constiyuyen principalmente publicaciones de carácter descriptivo.

No se encontró información específica del comportamiento de las especies en el salar, su funcionamiento y su desempeño ecofisiológico. Tampoco fue posible encontrar evaluaciones o caracterizaciones en relación al funcionamiento ecosistémico de las comunidades vegetales que se desarrollan en el área.

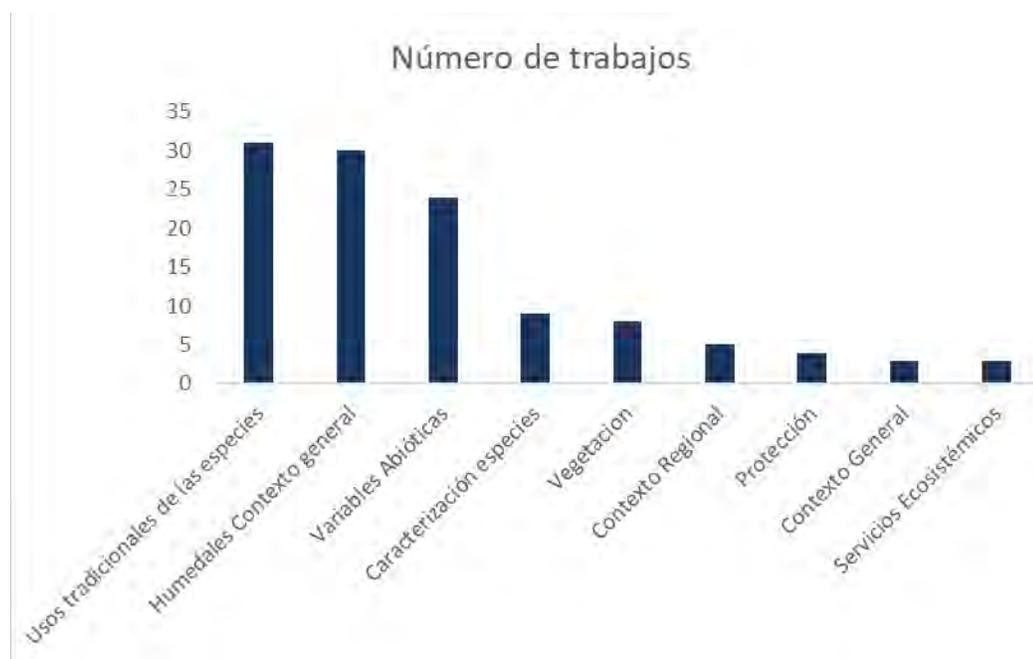


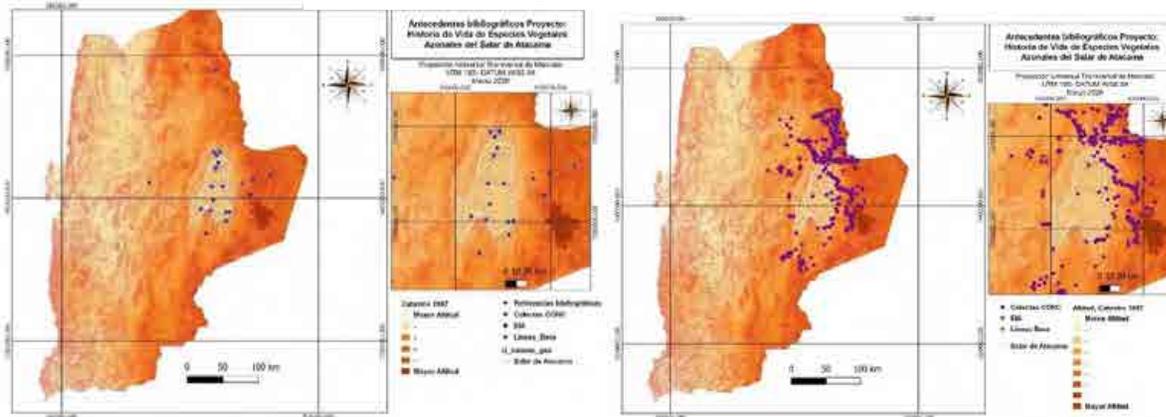
Figura 1-22: Publicaciones por temática principal abordada

1.6.2 Resultado geoespacial del informe

El resultado de la compilación de datos se entrega en los formatos comprometidos. En la Figura 1-23 se proyecta, en diferentes capas, la información que pudo ser georeferenciada, pues algunos estudios eran muy antiguos y sin información referenciada geográficamente.

Referencias bibliograficas

Registro de especies (CONC)



Registro proyectos EIA (SEIA)

Lineas bases consultadas (SEIA)

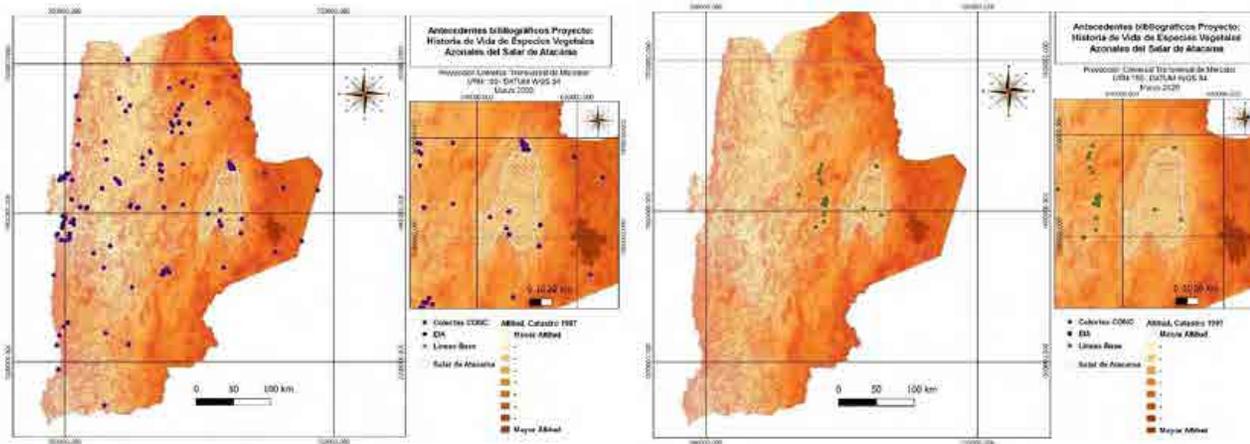


Figura 1-23: Proyección de las diferentes capas en formato SIG generadas en este reporte

1.7 Discusión

La biodiversidad, posee diversas dimensiones desde genes a biomas y constituye la base del funcionamiento de los ecosistemas y su potencial capacidad de adaptación al cambio (Díaz et al. 2015). La literatura científica reconoce que la biodiversidad es esencial para el funcionamiento ecosistémico (Loreau et al 2001, Hector & Bagchi 2007). Sin embargo, la principal brecha al momento de caracterizar el funcionamiento del ecosistema de un determinado lugar es el desconocimiento de sus componentes, estructura y función.

Desde el ámbito científico, el conocimiento de la flora del Salar de Atacama descansa en colectas desactualizadas, y parcializadas que formaron parte de trabajos con intereses particulares (ya sea localidades menores dentro de la cuenca o grupos de especies estudiadas por el colector). Como resultado se obtiene solo un conocimiento parcial de las especies que crecen en el salar (conocimiento parcial de la composición). Condición que es explícitamente reconocida por Gajardo (1994).

Por otro lado, los trabajos de gran envergadura que abordan la distribución de la flora o vegetación en la cuenca son escasos, no tienen como objetivo el conocimiento local o regional, y no abordan o explicitan elementos estructurales (Luebert & Pliscoff 2006, Gajardo 1994).

En relación al conocimiento de la flora desde el ámbito productivo (información obtenida preferentemente en relación a líneas base, planes de manejo o informes sectoriales), es mucho más completa, geoespacialmente explícita, y en algunos sectores, con la trayectoria del comportamiento de las comunidades seguidas en el tiempo (por ejemplo, Plan de Manejo Biótico de Albemarle, Estudio de los acuíferos de la DGA, entre otros). El problema de este tipo de información es su difícil acceso, con complejas rutas de búsqueda, y por el gran volumen de información que contienen, de difícil manejo. Sumado a esto, muchos de los trabajos se encuentran incompletos o disgregados en diferentes páginas, lo que complejiza la compilación de informes completos y por ende el acceso a la información.

En el presente estudio se recopiló la información de diferentes fuentes, permitiendo establecer un panorama bastante completo de la riqueza de especies que crecen en el Salar de Atacama. A su vez, se pudo determinar a las especies que por frecuencia o dominancia constituyen elementos claves en este tipo de sistemas y por el contrario también se pudo identificar especies muy raramente registradas (especies con bajo número de colectas en el sector y raramente registradas en estudios de vegetación). La extrema aridez presente en la II Región impone fuertes restricciones al desarrollo de especies vegetales (Squeo et al 1998), las altas temperaturas e incluso la amplitud térmica a la que están expuestas las especies del salar puede determinar el bajo número de especies registrado por formaciones. El tipo de sustrato o características de suelo surgen como los factores que determinarían la discontinua distribución de algunas especies al interior del salar.

Uno panorama totalmente diferente emerge del análisis de la información en cuanto a los usos de las especies de esta zona, encontrándose completas compilaciones en relación al uso, conocimiento y manejo de las especies. Y a diferencia de lo que ocurre con los trabajos científicos del estudio de las floras, su biología y ecología, en el ámbito de las ciencias sociales existe un mayor tratamiento formal, en revistas especializadas y de libre acceso.

Un problema generalizado a todas las fuentes de información es la falta de georreferenciación explícita de los trabajos. Se revisó un total de 120 archivos, más de 30 páginas de internet, con

relación directa o indirecta al salar, las formaciones o las especies que en él se desarrollan. Sin embargo, no más de 20 citas poseen una georreferenciación que represente en detalle el área o sitio de estudio.

De acuerdo a Ciren (2006) Un factor importante a la hora de realizar un registro de la flora y vegetación de un lugar, es la variabilidad interanual de las precipitaciones producto del fenómeno del Niño. De acuerdo a los diversos trabajos realizados en el Parque Nacional Lullailaco, se han encontrado diversas especies nuevas, que aumentan las especies registradas, dependiendo del año y fecha de recolección de los datos. Varios de los trabajos analizados corresponden a trabajos puntuales en una localidad (particularmente común, en los trabajos mas antiguos). De ahí la importancia de verificar la variación temporal de estas comunidades.

1.8 Conclusiones

En el presente informe se entregan los resultados obtenidos en la etapa de revisión bibliográfica asociada al proyecto **Estudio Historia de Vida Especies Vegetales Azonales del Salar de Atacama**, a partir de la recopilación de la información, se da cuenta de la caracterización de las variables bióticas que pueden determinar la distribución de las especies vegetales en el área de estudio. Las variables abióticas consideradas corresponden a: clima, geomorfología, recursos hídricos y suelo. Estas variables en su conjunto determinarían los factores principales (temperatura, disponibilidad del recurso hídrico y disponibilidad de nutrientes), a los cuales las especies vegetales responderían en cuanto a su funcionamiento.

En relación el objeto principal de estudio, que corresponde a la Flora y vegetación, se da cuenta de la presencia potencial de al menos 336 especies, pertenecientes a 50 familias. De estas especies 299 corresponden a especies nativas y 37 son introducidas. La mayor parte de ellas corresponden a especies que se distribuyen en condiciones zonales. Sólo nueve de las especies registradas actualmente presentan alguna categoría de conservación, motivo por la cual su inclusión en las siguientes actividades del proyecto deberá ser evaluada, tomando precaución de no alterar la dinámica de las especies. En relación a la vegetación se da cuenta de al menos 17 formaciones en el área de estudio con diverso grado de cobertura y riqueza de especies.

En relación a la importancia de la flora y vegetación para las comunidades aledañas al Salar de Atacama, se identifican al menos 10 tipos de usos tradicionales de las especies registradas, usos que en su conjunto proporcionan los recursos para la mayor parte de las actividades de las comunidades del sector.

Finalmente se entrega un listado de especies que potencialmente podrían ser consideradas en las siguientes actividades del proyecto. Estas especies cumplen con los criterios de abundancia, origen y ser reconocidas con algún uso por las comunidades indígenas.

1.9 Referencias

- [Ref 1] Agüero, C., & Uribe, M. (2011). Las sociedades Formativas de San Pedro de Atacama: Asentamiento, cronología y proceso. Estudios Atacameños, 53-78."
- [Ref 2] Agüero, P. (2005). Aproximación al asentamiento humano temprano en los oasis de San Pedro de Atacama. Estudios atacameños, (30), 29-60."

- [Ref 3] Ahumada, M. y Faúndez, L. (2009). Guía Descriptiva de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres de la Ecorregión Altiplánica (SVAHT). Ministerio de Agricultura de Chile, Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago. 118 p."
- [Ref 4] Ahumada, M., Aguirre, F., Contreras, M., & Figueroa, A. (2011) Guía para la conservación y seguimiento ambiental de humedales andinos. [Http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/26045](http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/26045)"
- [Ref 5] Albemarle (2019). Plan de Manejo Biótico Proyecto: "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA N°21/2016)" Informe Anual N°3 Volumen 1 Monitoreo Invierno 2018 – Verano 2019"
- [Ref 6] Albemarle (2019). Volumen II. Plan de Manejo Biótico Proyecto: "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas (RCA N°21/2016)"de Evaporación Solar en el Salar de Atacama. Informe Anual N°3 Monitoreo Invierno 2018 – Verano 2019
- [Ref 7] Ahumada, C. (2014). Caracterización hidrogeológica e hidroquímica del sector sur del Salar de Atacama, II región de Antofagasta, Chile. Tesis Doctoral. Universidad de Málaga. http://cehiuma.uma.es/TFM_Deficiente1.pdf"
- [Ref 8] Alegría Calvo, M. A., & Lillo Zenteno, A. (2002). Protección legal de los humedales altoandinos (vegas y bofedales) en Chile.
- [Ref 9] Alonso, H., & Risacher, F. (1996). Geoquímica del Salar de Atacama, parte 1: Origen de los componentes y balance salino. Revista Geológica de Chile 23(2): 113:122
- [Ref 10] Amakaik (2017). Proyecto CORFO Estudio de un Modelo Conceptual Ecológico para la cuenca del Salar de Atacama. Informe 1: Análisis Crítico de Antecedentes Ambientales Registrados para la cuenca del Salar De Atacama.
- [Ref 11] Amakaik (2018). Proyecto CORFO Estudio de un Modelo Conceptual Ecológico para la cuenca del Salar de Atacama. Informe 2: Definición, selección y justificación de componentes principales y/o variables influyentes a considerar en la formulación del Modelo Conceptual Ecológico de la Cuenca del Salar de Atacama.
- [Ref 12] Aquaterra (2014). Análisis y Sistematización de Información Regional para Plan Estratégico para Gestión de Recursos Hídricos Región de Antofagasta.
- [Ref 13] Araya-Presa, J.; Squeo, F.; Barrientos, L.; Belmonte, E.; Mamani, M. y Arancio, G. (2003). Manual de plantas y canciones Aymara. Universidad de La Serena.
- [Ref 14] Bahamondes Prieto, M., & Muñoz González, E. M. (1997). Sitio Arqueológico Tulo 1: Consideraciones Para Su Conservación Y Caracterización De Materiales1. Conserva, (1), 49-60. Bainbridge, D. A. (2012). A Guide for desert and Dryland Restoration New hope for arid lands. Island press.
- [Ref 15] Bolados García, P. (2014) Los conflictos etnoambientales de" Pampa Colorada" y" el Tatio" en el salar de Atacama, norte de Chile: Procesos étnicos en un contexto minero y turístico transnacional Estudios atacameños, (48), 228-248."

- [Ref 16] Bolados García, P., & Babidge, S. (2017) Ritualidad y extractivismo: la limpia de canales y las disputas por el agua en el Salar de Atacama-norte de Chile. *Estudios atacameños*, (54), 201-216."
- [Ref 17] Boschetti, T., Cortecci, G., Barbieri, M., & Mussi, M. (2007). New and past geochemical data on fresh to brine waters of the Salar de Atacama and Andean Altiplano, northern Chile. *Geofluids*, 7(1), 33-50."
- [Ref 18] Bustos Cortés, Alejandro (1999). *Etnografía Atacameña*. Antofagasta: Editorial Universidad de Antofagasta.
- [Ref 19] Cade-Idepe. (2004). Diagnóstico y clasificación de los cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca Salar de Atacama. Cade-Idepe Consultores en Ingeniería. Dirección General de Aguas. Ministerio de Obras Públicas. Gobierno de Chile.
- [Ref 20] Cárdenas H., (1998). Entre el tolar y el pajonal: Percepción ambiental y uso de plantas en la comunidad atacameña de Talabre, II Región, Chile. *Estudios Atacameños* N° 16
- [Ref 21] Castro, V. (2010). Atacama en el tiempo. territorios, identidades, lenguas. (Provincia El Loa, II Región). *Anales de la Universidad de Chile* (No. 13). DOI: 10.5354/0717-8883.2010.2527"
- [Ref 22] CEAZA, CODELCO & COMUNIDAD ATACAMEÑA DE PEINE (2013). Aspectos esenciales de la hidrología y gestión del agua. Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas – Ceaza Comunidad Atacameña de Peine
- [Ref 23] CEI GAPMA (2010) Programa Nacional para la Conservación de Humedales insertos en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado
- [Ref 24] Chamorro, P., & Tocornal, C. (2005) Prácticas de salud en las comunidades del Salar de Atacama: Hacia una etnografía médica contemporánea *Estudios Atacameños* [Internet]. 2005 [citado Mar 2017]: 117-139.
- [Ref 25] CIREN (2016) Flora y Vegetación II Región de Antofagasta.
- [Ref 26] CONAF (2001) Guías de Parques nacionales y áreas silvestres protegidas de Chile 2da Edición SANTIAGODE CHILE"
- [Ref 27] CONAF (2005) Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) – Versión 2006-2008 http://www.ramsar.org/ris/key_ris_index.htm."
- [Ref 28] CONAF (2008) Actualización Plan de Manejo Participativo Reserva Nacional Los Flamencos Región de Antofagasta"
- [Ref 29] Contreras, M., & De la Fuente, A. (2006) Conceptos y criterios para la evaluación ambiental de humedales. SAG, Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile."
- [Ref 30] DGA (2001) Actualización delimitación de acuíferos alimentadores de vegas y bofedales II Región. Informe final.
- [Ref 31] DGA (2004) Actualización delimitación de acuíferos alimentadores de vegas y bofedales II Región. Informe final. <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/2563>

- [Ref 32] Faúndez, L., & Escobar, M. (2006) Estudio de los sistemas vegetacionales azonales hídricos del altiplano. Biota Gestión y Consultorías Ambientales Limitada, Santiago, Chile."
- [Ref 33] Gajardo, R. (1994). La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria, Santiago, Chile, 33.
- [Ref 34] García, M., & Uribe, M. (2012) Contextos de uso de las plantas vinculadas al Complejo Pica Tarapacá, Andes Centro-Sur: Arqueo botánica y agricultura en el período Intermedio Tardío (ca. 1250-1450 Estudios Atacameños, 107(44), 107-122."
- [Ref 35] GCF (2010). Actualización de la evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos para constituir derechos de aprovechamiento en las subcuencas afluentes al Salar de Atacama. II
- [Ref 36] Gili, F., Echeverría, J., Stovel, E., Deibel, M., & Niemeyer, H. M. (2017) Las pipas del salar de atacama: reevaluando su origen y uso. Estudios atacameños, (54), 37-64."
- [Ref 37] Gleisner, C. y Montt, S. (2014) Atacameño. Serie introducción Histórica y relatos de los pueblos originarios de Chile. Imprenta Ograma: Santiago de Chile, 2014. Proyecto de la Fundación de Comunicaciones, Capacitación y Cultura del Agro, Fucoa, y cuenta con el aporte del Fondo Nacional para el Desarrollo de la Cultura y las Artes, Fondart, Línea Bicentenario.
- [Ref 38] Gómez, J. L., Espinosa, M., Bustamante, A. M., Lira, P., Castro, R., González, C., & Peña Alcaide, J. (2010) Caracterización base de vegas y bofedales altoandinos para una gestión sostenible de los recursos hídricos. Primera parte: Región de Antofagasta.
- [Ref 39] Gonnet, J. M., López, C., Aranibar, D. E., & Lictevout, E. (2016) Manual introductorio al manejo de vegas y bofedales mediante prácticas tradicionales de culturas andinas en el norte de Chile.
- [Ref 40] Grenee Silva, F. (2013) Arboles, culturas e identidades colectivas en San Pedro de Atacama. Memoria para optar al título de Antropóloga Social. Universidad de Chile, junio 2013.
- [Ref 41] Grilli, A., & Vidal, F. (1986) Evaporación desde salares: metodología para evaluar los recursos hídricos renovables. Aplicación a las regiones I y II. Dirección General de Aguas, Departamento de Hidrología, Publicación Interna SDEH, 1986, vol. 86, no 4, p. 19."
- [Ref 42] ICASS LTDA. (2014). Análisis de los Mecanismos de Evaporación y Evaluación de los Recursos Hídricos del Salar de Atacama. Informe Final. Ministerio de Obras Públicas.
- [Ref 43] Krusell, H. (1976). Artesanos y artesanías de los pueblos precordilleranos de la zona circundante al Salar de Atacama (II región, Chile). Estudios Atacameños Nº 4.
- [Ref 44] Latorre Hidalgo, C. (2002) Clima y vegetación del Desierto de Atacama durante el Cuaternario tardío, II Región, Chile. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/106692>"
- [Ref 45] Lemus, A. M. (2017) Demarcación Espacial, Imaginario Estatal. ADI Atacama la Grande. <http://cdsa.aacademica.org/000-019/553.pdf>"

- [Ref 46] Leyton, D. & Valenzuela, A. (2017). Trayectorias del cuidado de la salud infantil. El caso de la comunidad atacameña de Toconao. Estudios Atacameños N° 55, 2017.
- [Ref 47] Loyola, R., Núñez, L., Aschero, C., & Cartajena, I. (2017) Tecnología lítica del pleistoceno final y la colonización del salar de punta negra (24, 5° S), desierto de atacama. Estudios atacameños, (55), 5-34."
- [Ref 48] Luebert, F., & Gajardo, R. (2000). Vegetación de los Andes áridos del norte de Chile. Lazaroa 2000 vol. 21: 111-130
- [Ref 49] Luebert, F., & Pliscoff, P. (2006). Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial universitaria.
- [Ref 50] Luzio, W. (2010). Suelos de Chile. Universidad de Chile.
- [Ref 51] Marazuela, M. A., Vázquez-Suñé, E., Ayora, C., García-Gil, A., & Palma, T. (2019) Hydrodynamics of salt flat basins: The Salar de Atacama example Science of the Total Environment, 651, 668-683."
- [Ref 52] Marticorena, C., Matthei O., Rodriguez R., Kalin Arroyo M., Muñoz M., Squeo F., Arancio G.(1998) Catálogo de la flora vascular de la segunda región (Región de Antofagasta), Chile. Gayana Botánica 55: 23-83
- [Ref 53] Martín-López, B. & Montes, C. (2011). Biodiversidad y servicios de los ecosistemas. Biodiversidad en España: base de la sostenibilidad ante el cambio global. Observatorio de la Sostenibilidad en España. 444-465.
- [Ref 54] Martín-López, B., González, J.A., Díaz, S., Castro, I., García-Llorente, M. (2007). Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. Ecosistemas 16(3):69-80."
- [Ref 55] McRostie, V. (2014) Arboricultura y silvopastoralismo en el período Formativo (1.400 aC-500 dC) de la cuenca del Salar de Atacama. Chungará (Arica), 46(4), 543-557."
- [Ref 56] Minga, J. (2014) Traslado y adaptabilidad de bofedales para la viabilidad ambiental del proyecto minero Inmaculada ubicado en el distrito de Oyolo, provincia de Paucar del Sara Sara. Región de Ayacucho.
- [Ref 57] Miño Guajardo, A. I. (2018) Determinación estratégica de capacidades y cuotas de producción de derivados de litio y potasio en el Salar de Atacama. <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/22099>"
- [Ref 58] MMA - Centro de Ecología Aplicada. (2011) Diseño del inventario nacional de humedales y el seguimiento ambiental. Ministerio de Medio Ambiente. Santiago. Chile. 164 pp."
- [Ref 59] MMO (2006) Actualización delimitación de acuíferos que alimentan vegas y bofedales de la región de Antofagasta, año 2006. Cartografía temática
- [Ref 60] Molina, R. (2019) Nostalgias, conversiones y desbordes en San Pedro de Atacama. Antropologías del Sur, 6(12), 261-281."

- [Ref 61] Montt, C. T. (2006) Medicinas en Atacama: salud e interculturalidad en el salar (Doctoral disertación, Universidad de Chile).
- [Ref 62] Morales Dinamarca, L. A. (2013) Modelo de la zona no saturada de la vega altoandina de Jachucoposa, I Región. Universidad de Chile <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/115099>"
- [Ref 63] Morales Morgado, H. (2016) Etnopolítica atacameña: Ejes de la diversidad. Estudios atacameños, (53), 185-203."
- [Ref 64] MORALES, P. (2011). Valoración económica de 4 humedales altoandinos de la I región (Huasco, Coposa, Caya y Lirima). Informe Final. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Economía Agraria. Servicio Agrícola y Ganadero-SAG., Santiago, Chile. (2011)
- [Ref 65] Mostacero, J., Ramírez, R., & Mejía, F. (2008) Caracterización biológica, física y química de los Humedales altoandinos de La Libertad, Perú, 2008. RevREBIOL. Vol., 28(2), 91-98."
- [Ref 66] Muñoz-Pardo, J. & C. Ortiz-Astete (2004) Funcionamiento hidrogeológico del acuífero del núcleo del salar de Atacama, Chile Ingeniería hidráulica en México Vol. XIX n°3 pp 69-81
- [Ref 67] Noy-Meir I. (1973). Desert Ecosystems: Environment and producers. Annual Review of Ecology and Systematics 4: 25-51.
- [Ref 68] PIMENTEL, G. (2009) Las Huacas Del Tráfico. Arquitectura Ceremonial En Rutas Prehispánicas Del Desierto De Atacama1. Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino, 14(2)."
- [Ref 69] Pimentel, G. E., & Montt, I. (2008) Tarapacá En Atacama. Arte Rupestre Y Relaciones Intersociales Entre El 900 Y 1450 Dc. Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino, 13(1), 35-50."
- [Ref 70] Pourrut, P., Núñez, L., Rivera, F., Gundermann, K., & González, H. (2015) Agua, ocupación del espacio y economía campesina en la Región Atacameña. Aspectos dinámicos.
- [Ref 71] Prieto M. & G. Sandoval (2018) Informe Expansión de la Extracción de Salmuera en el Salar de Atacama San Pedro de Atacama, enero de 2018"
- [Ref 72] Ramírez Díaz, J. (2014) Solor. Observatorio del Salar de Atacama.
- [Ref 73] Ramsar (2007) Designación de sitios Ramsar: Marco estratégico y lineamientos para el desarrollo futuro de la Lista de Humedales de Importancia Internacional. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 14, 122-122."
- [Ref 74] Ramsar (2008) Estrategia regional de conservación y uso sostenible de los humedales altoandinos. Ramsar COP9 DOC, 26.
- [Ref 75] RIDES (2005) Bienestar Humano Y Manejo Sustentable En San Pedro De Atacama-Chile. Santiago.

- [Ref 76] Rodríguez, R., C. Marticorena, D. Alarcón, C. Baeza, L. Cavieres, V.L. Finot, N. Fuentes, A. Kiessling, M. Mihoc, A. Pauchard, E. Ruiz, P. Sanchez & A. Marticorena (2018, y actualizaciones). Catálogo de las plantas vasculares de Chile. *Gayana Botánica* 75(1): 1-430.
- [Ref 77] Romero Toledo, H., Videla, A., & Gutiérrez, F. (2017) Explorando conflictos entre comunidades indígenas y la industria minera en Chile: las transformaciones socio ambientales de la región de Tarapacá y el caso de Lagunillas. *Estudios atacameños*, (55), 231-250."
- [Ref 78] Romo, M., Castro C., Villagrán. & Latorre C. (1999) La transición entre las tradiciones de los oasis del desierto y de las quebradas altas de Loa Superior: Etnobotánica del Valle del Río grande, 2a Región, Chile. *Chungara, Revista de Antropología Chilena*. Volumen 31, N° 2: 319-360
- [Ref 79] Russo R. (2008) *Wetlands: ecology, conservation and restoration*. Nova Science, New York, 295-323.
- [Ref 80] Salas, J., Aravena, R., Guzmán, E., Cornellà, O., Guimerà, J., Tore, C., ... & Henríquez, A. (2009) Modelo de evolución hidroquímica e isotópica en el sistema de recarga del Salar de Atacama a través de su margen E. Santiago, 2009, vol. 22, p. S6_017."
- [Ref 81] Sepúlveda Rivera, I., Molina Otárola, R., Delgado-Serrano, M. D. M., & Guerrero Ginel, J. E. (2015) Aguas, riego y cultivos: cambios y permanencias en los ayllus de San Pedro de Atacama. *Estudios atacameños*, (51), 185-206."
- [Ref 82] Soler, J. M., Salazar, P. A., Navarro, J. S., F., L., & SANZ, A. (2013) Preliminary Hydrochemical Characterización of the Lagoons of "Los Flamencos" National Reserve (Salar de Atacama, Chile). *Macla: Revista Sociedad Española de Mineralogía*, (17), 67-68."
- [Ref 83] Squeo F., Cavieres L., Arancio G., Novoa J., Matthei M., Marticorena C., Rodriguez R., Arroyo M. & M. Muñoz (1998). Biodiversidad de la flora vascular en la Región de Antofagasta, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 71: 571-591
- [Ref 84] Tocornal, C. (2004) Panorama etnográfico de la relación entre la medicina tradicional Atacameña y la medicina formal de las comunidades indígenas del Salar de Atacama. In *Simposio de Antropología Médica, V Congreso Chileno de Antropología*."
- [Ref 85] Tricallotis, H. H. (2014) Lo Propio Y Lo Ajeno. Definición Del Estilo San Pedro En La Parafernalia Alucinógena De Los Oasis Del Salar De Atacama. *Chungara, Revista de Antropología Chilena*, 46(4), 559-583."
- [Ref 86] Trivelli, M. y J. Huerta. 2014. Alcances sobre Flora y Vegetación de la Cordillera de Los Andes. Región de Antofagasta. Primera Edición. Ministerio de Agricultura. Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago. 319 p.
- [Ref 87] Tyler M.A (2015) *Biogenic Ethane Production in Hypersaline Environments*. Electronic Theses, Treatises and Dissertations, Florida State University
- [Ref 88] Villablanca R. & Ibarra J. (2015) Diagnóstico y Evaluación (2002-2015) de la Estrategia Regional y Plan de Acción para la Conservación y Uso Sustentable de la Diversidad

Biológica de la Región de Antofagasta MMA SEREMI del Medio Ambiente, Región de Antofagasta"

- [Ref 89]** Villagra, P. E., Meglioli, P. A., Pugnaire, F. I., Vidal, B., Aranibar, J., & Jobbágy, E. (2013). Regulación de la partición del agua en zonas áridas y sus consecuencias en la productividad del ecosistema y disponibilidad de agua para los habitantes. Red ProAgua CYTED.
- [Ref 90]** Villagrán C. & M. Castro (1997) Etnobotánica y manejo ganadero de las vegas, bofedales y quebradas, en el Loa superior, Andes de Antofagasta, Segunda Región, Chile. Chungara, 1997, p. 275-304."
- [Ref 91]** Villagrán C., Castro, V., Sánchez, G., Romo, M., Latorre C. & Hinojosa L. (1998) La tradición surandina del desierto: Etnobotánica del área del Salar de Atacama (Provincia de El Loa, Región de Antofagasta, Chile) Estudios Atacameños, No. 16 pp. 7-105"
- [Ref 92]** Walter, H. (2002). Vegetation of the Earth. The ecological systems of the Geo-Biosphere. Cuarta edición traducida. Springer-Verlag, Berlin.
- [Ref 93]** Woodward, F.I. (1987). Climate and plant distribución. Cambridge. University Press, Cambridge.

2 Capítulo: Prospección de los Ecosistemas Azonales en el Área de Estudio

2.1 Resumen

El presente documento describe los objetivos, metodología, resultados y discusión de la Tarea 3 (Prospección) del proyecto Estudio Historia de Vida de Especies Vegetales Azonales, Salar de Atacama encargado por Albemarle a Ausenco.

El proyecto, en general, cubre 3 macrozonas al interior del Salar de Atacama, correspondientes a los sistemas Peine, Soncor y Quelana.

Hasta el momento de la generación de este informe, sólo se han llevado a cabo actividades de prospección en la macrozona de Peine (L. Interna, alrededores de poblado de Peine), Tilopozo (Ojo de agua, La Punta, La Brava), Tilomonte y ecosistemas zonales en sector campamento SQM. La prospección en las zonas de Soncor y Quelana no se ha podido llevar a cabo, producto del cierre por parte de CONAF (reproducción de flamencos) y las medidas que se han tomado en el país con relación a la pandemia Covid-19 en las fechas que estaban programadas para dichos terrenos.

En el presente informe se da cuenta de los resultados de la etapa de Prospección llevado a cabo por Ausenco en diferentes puntos de colecta (sitios), en la campaña efectuada en febrero 2020, en las inmediaciones del Salar de Atacama.

2.2 Objetivos

Los objetivos generales del proyecto son: recopilar, revisar y sistematizar los antecedentes relevantes para la selección y priorización de especies que crecen en el Salar de Atacama que tengan potencial de ser reproducidas en el proyecto: "Historia de Vida de Especies Vegetales azonales y zonales del Salar de Atacama", e identificar en terreno la disponibilidad de estas especies.

En este informe, se da cuenta del cumplimiento de objetivos asociados a la actividad de Prospección de los ecosistemas azonales en el área de estudio.

2.2.1 Objetivos específicos

- Validación de la información bibliográfica previamente recopilada.
- Determinación y establecimiento de variables bióticas y abióticas relevantes para cumplir con los objetivos del proyecto.
- Establecimiento de sitios/poblaciones de colecta.

2.3 Materiales y Métodos

2.3.1 Área de estudio

La cuenca de Atacama se ubica en la Región de Antofagasta, aproximadamente a 150 kilómetros al sureste de la ciudad de Calama, entre los 22°57' y 23°47' latitud Sur, esta corresponde a una cuenca endorreica que se desarrolla en el centro oriente de la región a una altitud de 2.300 m.s.n.m., presenta una superficie de 15.620 km², con su mayor longitud en sentido N-S de 210 km

y un ancho máximo de 110 km (Amakaik 2018). Se encuentra ubicada entre la Cordillera de los Andes al Este y por la Cordillera de Domeyko al Oeste (Alonso & Risacher 1996). El fondo de la cuenca de Atacama está ocupado por el salar propiamente tal, el que posee una superficie aproximada de 3000 km², superficie que lo posiciona como el salar más grande de Chile (Alonso & Risacher 1996).

La zona de menor elevación en la cuenca corresponde al núcleo de salar (2300 m.s.n.m.); este tiene una superficie de aproximadamente 1600 km². En torno al núcleo, existen zonas húmedas de vegas, lagunas y bofedales, a este sector se le conoce como zona marginal. La extensión húmeda alcanza aproximadamente a 1.500 km², lo que representa un 10% de la superficie total, con una altitud media de 2.400 m.s.n.m. Constituye la base de equilibrio de una profusa red de drenaje, cuyas principales vías de escurrimiento desembocan en la cabecera norte del salar a través de los ríos San Pedro y Vilama (Cade-Idepe, 2004).

Las áreas prospectadas se encuentran descritas en las bases técnicas de la licitación del presente estudio y corresponden a los mismos sectores donde se ejecuta el PMB, estos corresponden a:

- Sistema La Punta y La Brava, conformado por las lagunas La Punta y La Brava.
- Sistema Peine, constituido por las lagunas Salada, Saladita e Interna, y
- Sistema Tilopozo, constituido por las vegas de Tilopozo.
- Sistema Soncor, constituido por las lagunas Barros Negros y Chaxa.
- Quelana, Aguas de Quelana.

2.3.2 Flora

A partir del examen del material herborizado en CONC, la revisión bibliográfica de artículos científicos y líneas base, se obtuvo una base de datos de 405 nombres de taxa (especies y categorías intraespecíficas) potenciales citadas para el Salar de Atacama. La depuración de este listado con relación a sinonimia de nombres, citas erróneas y problemas nomenclaturales arrojó un listado de 347 nombres de especies, de los cuales 9 no pudieron ser validados. De acuerdo con lo anteriormente señalado, un total de 336 especies han sido registradas, pertenecientes a 50 familias. De estas especies, 299 corresponden a nativas (42 endémicas) y 37 son introducidas. Las familias con mayor representación corresponden a Asteraceae y Poaceae.

Debido a que el compromiso adquirido por Ausenco detalla la inclusión de 10 especies para el desarrollo del proyecto "*Historia de Vida de Especies Vegetales Azonales y Zonales del Salar de Atacama*", las cuales deben ser seleccionadas en función de la aplicación de criterios de selección generados a partir del presente estudio. De acuerdo con las bases técnicas de la propuesta aprobada por Albemarle, y en coherencia con el compromiso ambiental suscrito por la empresa, los criterios de priorización de las especies a seleccionar debían considerar al menos:

- Estado de conservación de las especies.
- Origen.
- Abundancias / Densidad.
- Importancia en las dinámicas ecológicas.

- Uso tradicional por la comunidad local (pastoril, medicinal y/o patrimonial).

El listado de especies preseleccionadas se detallada en la Tabla 2-1. Debido a que no se posee información preliminar de estas especies en relación a las condiciones de reproducción, disponibilidad de material, y su respuesta a las condiciones hídricas y de salinidad, preliminarmente se incluyeron en la selección más de 30 especies, priorizando como criterio de selección abundancia y dominancia (atributos ecológicos), uso potencial de la comunidad (atributos de servicios ecosistémicos), además de los criterios ya mencionados (Ver detalles en el Informe de Revisión Bibliográfica).

La inclusión de un mayor número de especies en esta primera fase obedece a disponer diversas alternativas (especies), para desarrollar las actividades del proyecto no comprometiendo su continuidad por falta de material. La prospección del área de estudio buscó, en una primera instancia, validar la información recopilada a partir de los documentos disponibles, establecer sitios de colecta donde se encuentren las especies pre-seleccionadas y determinar si en donde se encuentran, existe un número de individuos adecuado que permita obtener material vegetativo y/o semillas sin dañar a la población y que permita desarrollar las técnicas de muestreo.

Tabla 2-1: Especies de Mayor Relevancia en el Área de Estudio¹¹

| FAMILIA | NOMBRE CIENTÍFICO | NOMBRE COMÚN | HÁBITO | CICLO DE VIDA | ORIGEN | DISTRIBUCIÓN EN EL ÁREA |
|-----------------|--|--|----------------------|---------------|----------|-------------------------|
| Verbenaceae | <i>Aloysia deserticola</i> (Phil.) Lu-Irving & O'Leary | Kore | Arbusto | Perenne | Nativo | Zonal |
| Asteraceae | <i>Ambrosia artemisioides</i> Meyen & Walp. ex Meyen | Tikara, pikara, cadillo, monte verde, tola negra, pegapega, lipelipe | Arbusto | Perenne | Nativo | Zonal |
| Caryophyllaceae | <i>Arenaria serpens</i> Kunth | | Hierba | Perenne | Nativa | Azonal |
| Chenopodiaceae | <i>Atriplex atacamensis</i> Phil. | Cachiyuyo | Arbusto | Perenne | Endémico | Zonal |
| Chenopodiaceae | <i>Atriplex imbricata</i> (Moq.) D. Dietr. var. imbricata | Cachiyuyo, chókel, ojalar, kopakopa macho, pilaya | Arbusto o subarbusto | Perenne | Nativo | Zonal |
| Asteraceae | <i>Baccharis boliviensis</i> (Wedd.) Cabrera | Tolilla, tolita, tola chica, monte de paloma, tola amarilla, tola hembra | Arbusto | Perenne | Nativo | Zonal |
| Asteraceae | <i>Baccharis juncea</i> (Lehm.) Desf. | Suncho, pasto loco, totora, chukchuka, mutumutu | Hierba | Perenne | Nativa | Azonal |
| Montiaceae | <i>Cistanthe celosioides</i> (Phil.) Carolin ex Hershkovitz | Básal | Hierba | Anual | Nativa | Zonal |
| Montiaceae | <i>Cistanthe densiflora</i> (Barnéoud) Hershkovitz | Pata de guanaco | Hierba | Anual | Nativa | Zonal |
| Montiaceae | <i>Cistanthe minuscula</i> (Añon) Peralta | | Hierba | Anual | Nativa | Zonal |
| Montiaceae | <i>Cistanthe salsoloides</i> (Barnéoud) Carolin ex Hershkovitz | | Hierba anual | Anual | Nativa | Zonal |
| Cactaceae | <i>Cumulopuntia echinacea</i> (Ritter) Ritter | | Arbusto suculento | Perenne | Nativo | Zonal |
| Poaceae | <i>Distichlis spicata</i> (L.) Greene | | Hierba | Perenne | Nativa | Azonal |
| Ephedraceae | <i>Ephedra americana</i> Humb. & Bonpl. ex Willd. | Pingo-pingo | Arbusto | Perenne | Nativo | Zonal |

¹¹ Se destaca en gris las especies de mayor relevancia para las actividades posteriores del proyecto (en su mayoría nombradas como dominantes en el PMB, y en amarillo aquellas que presentan alguna categoría de conservación).

| FAMILIA | NOMBRE CIENTÍFICO | NOMBRE COMÚN | HÁBITO | CICLO DE VIDA | ORIGEN | DISTRIBUCIÓN EN EL ÁREA |
|----------------|--|--|-------------------------|---------------|----------|-------------------------|
| Fabaceae | <i>Geoffroea decorticans</i> (Gillies ex Hook. & Arn.) Burkart | Chañar | Árbol | Perenne | Nativo | Zonal |
| Loasaceae | <i>Huidobria fruticosa</i> Phil. | | Arbusto | Perenne | Endémica | Zonal |
| Juncaceae | <i>Juncus balticus</i> Willd. | | Hierba | Perenne | Nativa | Azonal |
| Solanaceae | <i>Lycium humile</i> Phil. | Jume, june, wicha | Arbusto | Perenne | Nativo | Zonal/Azonal |
| Poaceae | <i>Nassella rupestris</i> (Phil.) Torres | | Hierba | Perenne | Nativa | Zonal |
| Chenopodiaceae | <i>Nitrophila atacamensis</i> (Phil.) Hieron. ex Ulbr. | | Hierba | Annual | Endémica | Zonal/Azonal |
| Solanaceae | <i>Nolana linearifolia</i> Phil. | | Hierba | Perenne | Endémica | Zonal |
| Poaceae | <i>Pappostipa atacamensis</i> (Parodi) Romasch. | | Hierba perenne | Perenne | Nativa | Zonal |
| Juncaceae | <i>Patosia clandestina</i> (Phil.) Buchenau | | Hierba perenne | Perenne | Nativa | Azonal |
| Rosaceae | <i>Polylepis tarapacana</i> Phil. | | Árbol | Perenne | Nativa | Zonal |
| Fabaceae | <i>Prosopis alba</i> Griseb. | Algarrobo blanco | Árbol | Perenne | Nativo | Zonal |
| Fabaceae | <i>Prosopis chilensis</i> (Molina) Stuntz emend. Burkart | Algarrobo del centro | Árbol | Perenne | Nativo | Zonal |
| Poaceae | <i>Puccinellia frigida</i> (Phil.) I.M. Johnst. | | Hierba | Perenne | Nativa | Azonal |
| Ruppiaceae | <i>Ruppia filifolia</i> (Phil.) Skottsbo. | | Hierba acuática perenne | Perenne | Nativa | Azonal |
| Chenopodiaceae | <i>Sarcocornia andina</i> (Phil.) Freitag, M.A. Alonso & M.B. Crespo | | Arbusto | Perenne | Nativo | Zonal/Azonal |
| Cyperaceae | <i>Schoenoplectus californicus</i> (C.A. Mey.) Soják | | Hierba | Perenne | Nativa | Azonal |
| Asteraceae | <i>Tessaria absinthioides</i> (Hook. & Arn.) DC. | Brea, chilquilla, sorona, péril, callacozo, hierba de la zorra | Arbusto | Perenne | Nativo | Zonal |
| Boraginaceae | <i>Tiquilia atacamensis</i> (Phil.) A.T. Richardson | Káuchal | Subarbusto | Perenne | Endémico | Zonal |
| Juncaginaceae | <i>Triglochin concinna</i> Burt Davy | | Hierba | Perenne | Nativa | Azonal |

Fuente: elaboración propia (Informe Bibliográfico)

Donde, el estado de conservación por especie es el siguiente:

- *Cumulopuntia echinacea* (Ritter) Ritter: Preocupación menor (LC)¹²
- *Polylepis tarapacana phil*: Vulnerable (VU)¹³
- *Prosopis alba Griseb*: Preocupación menor (LC)¹⁴

12 http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/fichas8proceso/fichas_finales/Maihueniopsis_boliviana_P08_Propuesta.pdf

13 http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/Anexo_tercer_proceso/plantas/Polylepis_tarapacana_FINAL.pdf

14 http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/fichas9proceso/FICHAS_INICIO_9o_PROCESO_PDF/Prosopis_alba.pdf

2.3.3 Vegetación

De acuerdo con Gajardo (1994), en el área de estudio se desarrolla la Subregión del Desierto Andino, particularmente, el Desierto del Salar de Atacama, el cual abarca la gran cuenca del Salar de Atacama y sus alrededores, otorgándole gran homogeneidad al paisaje. Presenta grandes extensiones carentes completamente de vegetación, especialmente en el interior del salar, en su borde y hacia el sur se encuentran comunidades esteparias desarrolladas, entre las cuales se distinguen:

- *Atriplex atacamensis* – *Tessaria absinthioides*.
- *Acantholippia punensis* – *Franseria meyeniana*.
- *Atriplex atacamensis* – *Acantholippia trífida*.
- *Prosopis chilensis* – *Geoffroea decorticans*.

De acuerdo con la clasificación de Luebert & Plissock (2006), las unidades presentes en el Salar de Atacama corresponden a:

- Matorral bajo desértico tropical interior de *Adesmia atacamensis* y *Cistanthe salsoloides*
- Matorral desértico tropical interior de *Atriplex atacamensis* y *Tessaria absinthioides*

Sin embargo, estas clasificaciones poseen un carácter general, no permitiendo establecer las particularidades de la vegetación que se desarrolla en el Salar. Por esta razón, la caracterización preliminar de la vegetación toma como base lo reportado por Albemarle en sus planes de monitoreo. A su vez, esta información permite establecer el estado de la vegetación de forma actualizada y considerando diferentes épocas del año.

De acuerdo con Albemarle (2019 a y b), las formaciones vegetales que se encuentran en el área de estudio corresponden principalmente a Matorrales y Herbazales dominados por diversas especies (Tabla 2-2), siendo el Matorral de *Tessaria absinthioides* la formación más representativa del área de estudio.

Tabla 2-2: Formaciones Vegetales en el Área de Estudio (Incluyendo Zonales y Azonales), según PMB (2019 a y b)

| Sector | Subsector | Formación Vegetal | Fuente |
|-------------------|-----------|--|--------------------------------------|
| La Punta-La Brava | Tilopozo | Matorral de Tessaria absinthioides | Albemarle 2019 a Albemarle 2019 b |
| | | Matorral de Ephedra breana | Albemarle 2019 b |
| | | Matorral – Vega de Tessaria absinthioides y Distichlis spicata | Albemarle 2019 b |
| | | Matorral hídrico de <i>Lycium humile</i> | Albemarle 2019 b |
| | | Matorral hídrico – Vega de <i>Lycium humile</i> | Albemarle 2019 b |
| | | Matorral hídrico – Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> | Albemarle 2019 b |
| | | Herbazal de Distichlis spicata | Albemarle 2019 a |
| | | Herbazal de Juncus balticus | Albemarle 2019 a |
| | | Herbazal de Schoenoplectus californicus | Albemarle 2019 a Albemarle 2019 b |
| | | Vega de Phragmites australis, Distichlis spicata y Schoenoplectus californicus | Albemarle 2019 b |
| | | Vega de Distichlis spicata | Albemarle 2019 b |
| | | Vega de Juncus balticus | Albemarle 2019 b |
| | | Vega de Triglochin concinna | Albemarle 2019 b |
| | La Brava | Matorral hídrico – Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> | Albemarle 2019 b |
| | | Herbazal de Triglochin concinna | Albemarle 2019 a |
| | | Vega de Triglochin concinna | Albemarle 2019 b |
| | | Vega de Distichlis spicata | Albemarle 2019 b |
| | | Vega de Nitrophila atacamensis y Triglochin concinna | Albemarle 2019 b |
| | La Punta | Matorral de Sarcocornia fruticosa | Albemarle 2019 a |
| | | Matorral hídrico – Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> | Albemarle 2019 b |
| | | Herbazal de <i>Juncus balticus</i> | Albemarle 2019 a |
| | | Herbazal de Triglochin concinna | Albemarle 2019 a |
| | | Vega de Triglochin concinna | Albemarle 2019 b |
| | | Vega de Distichlis spicata | Albemarle 2019 b |
| | | Vega de Nitrophila atacamensis y Triglochin concinna | Albemarle 2019 b |

| Sector | Subsector | Formación Vegetal | Fuente |
|------------------|---------------|---|--------------------------------------|
| Peine | Peine | Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> | Albemarle 2019 a Albemarle 2019 b |
| | | Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i> | Albemarle 2019 b |
| | | Matorral de <i>Atriplex imbricata</i> | Albemarle 2019 b |
| | | Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> | Albemarle 2019 b |
| | | Matorral – Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> y <i>Distichlis spicata</i> | Albemarle 2019 b |
| | | Matorral hídrico – Vega de <i>Lycium humile</i> | Albemarle 2019 b |
| | | Matorral hídrico – Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> | Albemarle 2019 b |
| | | Herbazal de <i>Distichlis spicata</i> | Albemarle 2019 a |
| | | Herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i> | Albemarle 2019 a Albemarle 2019 b |
| | | Vega de <i>Distichlis spicata</i> | Albemarle 2019 b |
| Aguas de Quelana | Aguas Quelana | Matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i> | Albemarle 2019 a Albemarle 2019 b |
| | | Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> | Albemarle 2019 b |
| | | Matorral – Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> y <i>Distichlis spicata</i> | Albemarle 2019 b |
| | | Matorral hídrico – Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> | Albemarle 2019 b |
| | | Matorral hídrico – Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> , <i>Lycium humile</i> y <i>Distichlis spicata</i> | Albemarle 2019 b |
| | | Vega de <i>Distichlis spicata</i> | Albemarle 2019 b |
| Soncor | Soncor | Área desprovista de vegetación | Albemarle 2019 a |
| | | Matorral – Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> y <i>Distichlis spicata</i> | Albemarle 2019 b |
| | | Vega de <i>Distichlis spicata</i> | Albemarle 2019 b |

Fuente: elaboración propia en base a la información de PMB 2019

2.3.4 Prospección

Entre los días 17 y 26 de febrero 2020 se desarrolló la primera campaña de terreno con el objetivo de prospectar y posteriormente coleccionar material vegetativo en terreno. Para ello, se identificó en base a la COT del área de estudio (PMB) puntos representativos de cada unidad de vegetación homogénea. La prospección se realizó entre los días 18 y 21 de febrero. De acuerdo con lo solicitado por Albemarle¹⁵, solo se procedió a identificar las formaciones presentes en base a la Carta de Ocupación de Tierras del PMB.

En cada punto de muestreo seleccionado se realizó un recorrido de las formaciones presentes, identificando la riqueza florística del sitio e identificando las especies dominantes de las formaciones citadas en el PMB. En cada formación se puso particular énfasis en la evaluación de la presencia y abundancia de las especies pre-seleccionadas. A su vez se evaluó el estado

¹⁵ Acta Reunión KOM

fenológico de los individuos (plántulas, juveniles, adultos (en flor, fructificación, o senescentes)), para considerar los puntos como eventuales sitios de colecta.

A partir de la identificación o registro en terreno de las especies pre-seleccionadas (Tabla 2-3), se realizó la selección final de especies a colectar y los sitios de colecta de acuerdo a la frecuencia y abundancia como criterios de selección para esta etapa.

La frecuencia se estimó a partir del número de localidades con la presencia de la especie, y la abundancia como el número de individuos en cada punto. Ambos criterios fueron categorizados, con el fin de maximizar el esfuerzo de muestreo de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 2-3: categorización de Frecuencia y abundancia

| Frecuencia | Abundancia |
|---|--|
| Muy frecuente: Especie presente en al menos el 75 % de las localidades visitadas. | Muy abundante: Especie dominante de la formación, o con una densidad mayor de 5 individuos por m ² |
| Frecuente: Especie presente en al menos el 50% de las localidades visitadas. | Abundante: Especie con más de 1000 individuos en la formación. También se incluyen especies de coberturas inferior al 20 % cuya formación tiene gran extensión continua. |
| Poco frecuente: Especie presente en no más del 5 % de las localidades visitadas. | Escasa: Especie con menos de 1000 individuos en la formación. |

Finalmente, la selección de especies incluyó a especies localmente abundantes (especies dominantes de las formaciones evaluadas), o especies frecuentes (especies presentes en más del 50 % de los sitios prospectados, con al menos 200 individuos por localidad).

2.4 Resultados

2.4.1 Sitios Prospectados

Se visitó 16 puntos en el área de estudio, los que se muestran en la Figura 2-1. Si bien, preliminarmente se habían seleccionado una mayor cantidad de puntos de muestreo, sólo se consideraron para este informe aquellos puntos donde el desarrollo de la vegetación y el estado de los individuos estuvieran vigorosos.

Es necesario destacar, que la finalidad de la prospección fue validar la información recopilada e identificar los sitios idóneos para la colecta de especies preseleccionadas para desarrollar las etapas sucesivas del presente estudio. Como ya se mencionó, la identificación de sitios de colecta y la selección final de especies se realizó en función de la frecuencia (número sitios con la presencia de la especie, y/o la abundancia local de individuos por especie).

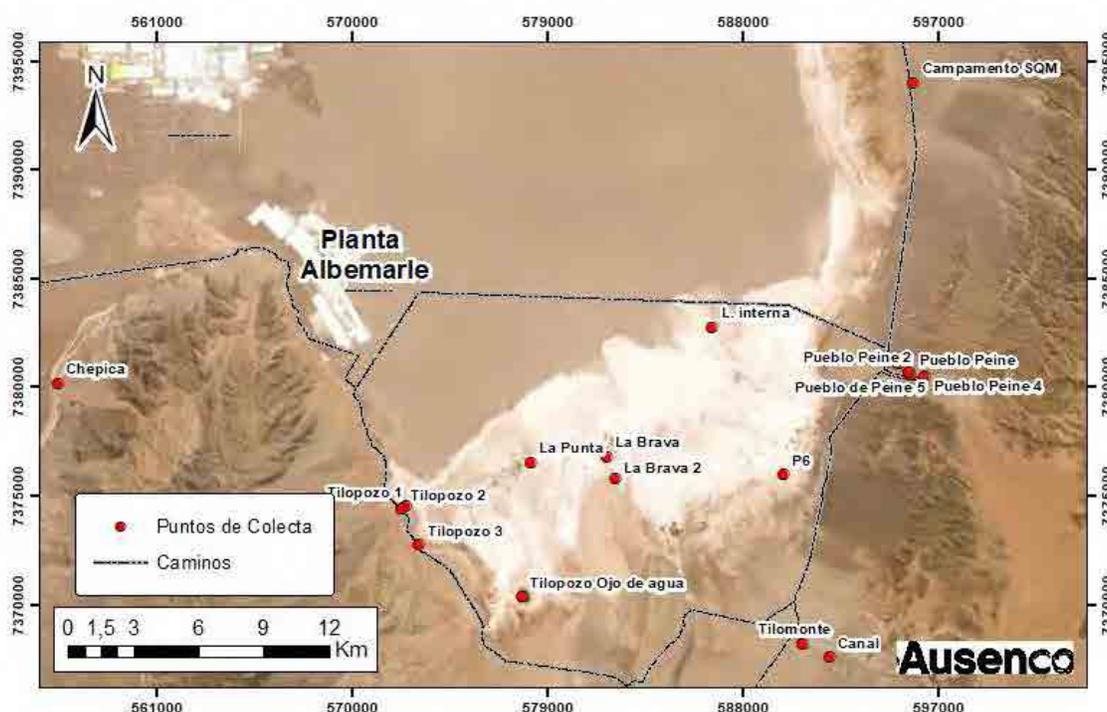


Figura 2-1: Puntos de Prospectados

Los sitios prospectados, el subsector al que pertenecen y su coordenada geográfica se listan en la Tabla 2-4. Una vez visitados todos los sitios seleccionados para desarrollar la prospección, se identificó los mejores sitios de colecta por especie, en función de la disponibilidad de material y estado fenológico de las especies. Los sitios seleccionados de esta forma fueron revisitados en la etapa final del terreno para proceder a la colecta del material.

Tabla 2-4: Sitios de Muestreo Considerados

| Nombre de Terreno | SubSector | Este (UTM 19S, Datum WGS84) | Sur (UTM: WGS 84, 19) |
|--------------------------|-----------|-----------------------------------|--------------------------|
| 057 Tilopozo 1 | Tilopozo | 572478.16 | 7374531.89 |
| 058 Tilopozo 2 | Tilopozo | 572260.25 | 7374414.35 |
| 059 Tilopozo 3 | Tilopozo | 573040.40 | 7372762.06 |
| 060 La Punta | La Punta | 578233.03 | 7376545.73 |
| 063 L. Interna | Peine | 586577.24 | 7382776.84 |
| 064 La Brava 2 | La Brava | 582102.27 | 7375811.32 |
| 061 Tilopozo Ojo de agua | Tilopozo | 577798.91 | 7370360.35 |
| Tilomonte | Tilopozo | 590732.95 | 7368218.08 |
| P6 | Peine | 589850.49 | 7376003.35 |
| 03 Pueblo Peine | Peine | 595695.99 | 7380575.76 |

| Nombre de Terreno | SubSector | Este (UTM 19S, Datum WGS84) | Sur (UTM: WGS 84, 19) |
|----------------------|-----------|-----------------------------------|--------------------------|
| 01 Chépica | Tilopozo | 556444.07 | 7380184.73 |
| 02 Campamento SQM | Peine | 595843.08 | 7394027.68 |
| 05 La Brava | La Brava | 581732.73 | 7376802.67 |
| 06 Canal | Tilopozo | 591962.10 | 7367593.56 |
| 07 Pueblo Peine 2 | Peine | 595618.81 | 7380728.18 |
| 09 Pueblo de Peine 5 | Peine | 595180.04 | 7381087.07 |

Fuente: elaboración propia

En gris, los sitios considerados para colecta de material vegetativo y/o semillas

2.4.2 Formaciones vegetales

Durante la prospección fue posible identificar las siguientes formaciones, de las cuales se entrega el registro fotográfico en el anexo 1, con el registro diario de localidades y formaciones vegetales prospectadas.

En el marco del criterio de incorporar especies de uso tradicional comunitario, y a partir de los antecedentes recopilados en la bibliografía, así como consultas a informantes de la comunidad se incorporaron puntos de prospección donde se localizaban especies de potencial interés por su uso tradicional. Si bien el enfoque del estudio es de especies de ecosistemas Azonales, de manera especial se incorporó la prospección en la localidad de Tilomonte, donde se registra la presencia de las especies *Geoffroea decorticans* y *Prosopis chilensis*., cuyo uso se da preferentemente para construcción y diferentes tipos de alimentos, y que son propias de ecosistemas zonales.

2.4.2.1 Formaciones zonales

Las siguientes imágenes muestran las formaciones zonales prospectadas.



Foto 2-1: Matorral con dominancia de *Atriplex atacamensis*/*Atriplex imbricata* (sector aldeaño campamento SQM)



Foto 2-2: Matorral con dominancia de Aloysia deserticola (Tilopozo sector Cantera)



Foto 2-3: Matorral de Ephedra breana (sector oeste de Tilopozo)



Foto 2-4: Matorral de Tessaria absinthioides (sector de 062 Tilomonte)

2.4.2.2 Formaciones Azonales

Las siguientes imágenes muestran las formaciones azonales prospectadas en el área de estudio.



Foto 2-5: Vega de *Phragmites australis* y *Schoenoplectus californicus* (Sector 062 La Brava 2)



Foto 2-6: Vega con dominancia de *Distichlis spicata* (Sector 01 Chepica)



Foto 2-7: Vega con dominancia de *Juncus balticus* (Sector 061 Tilopozo Ojo de Agua)



Foto 2-8: Vega con dominancia de *Schoenoplectus californicus* (Sector P6)



Foto 2-9: Vega con dominancia de *Triglochin concinna* (sector La punta)



Foto 2-10: Matorral hídrico con dominancia de *Sarcocornia fruticosa* (sector 061 Tilopozo)

Las siguientes formaciones fueron registradas, pero no se dispone de material fotográfico.

- Matorral hídrico – Vega de *Tessaria absinthioides*, *Lycium humile* y *Distichlis spicata*.
- Matorral hídrico de *Lycium humile*.

Además de estas formaciones, previamente reportadas en el Plan de Manejo Biótico (2018), se registró la presencia de formaciones de Vega de *Baccharis juncea* y *Schoenoplectus californicus*.



Foto 2-11: Vega de *Baccharis juncea* y *Schoenoplectus californicus* (Sector 061 Tilopozo Ojo de Agua)



Foto 2-12: *Baccharis juncea* (Sector 061 Tilopozo Ojo de Agua)

2.4.3 Especies registradas

En cuanto a la búsqueda de especies preseleccionadas durante la etapa de revisión bibliográfica, no fue posible encontrar poblaciones de todas las especies. Durante la etapa de prospección se registraron 22 especies, de las cuales dos Poaceae no han sido identificadas. Las especies registradas se listan en la Tabla 2-5. De las especies identificadas, solo *Eleocharis pseudoalbibracteata* no estaba considerada en la pre-selección de la Tabla 2-1.

Tabla 2-5: Especies Registradas en la Etapa de Prospección

| Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Frecuencia | Abundancia |
|----------------|--|--|----------------|-----------------|
| Verbenaceae | <i>Aloysia deserticola</i> (Phil.) Lu-Irving & O'Leary | Kore | Frecuente | Abundante |
| Chenopodiaceae | <i>Atriplex atacamensis</i> Phil. | Cachiyuyo | Muy frecuente | Abundante |
| Chenopodiaceae | <i>Atriplex imbricata</i> (Moq.) D. Dietr. var. <i>imbricata</i> | Cachiyuyo, chókel, ojar, kopakopa | Poco frecuente | Escasa |
| Asteraceae | <i>Baccharis juncea</i> (Lehm.) Desf. | Suncho, totora, chukchuka, mutumutu | Frecuente | Muy Abundante |
| Montiaceae | <i>Cistanthe celosioides</i> (Phil.) Carolin ex Hershkovitz | Básal | Frecuente | Abundante |
| Montiaceae | <i>Cistanthe</i> sp. | | Frecuente | Abundante |
| Poaceae | <i>Distichlis spicata</i> (L.) Greene | | Muy frecuente | Muy abundante |
| Cyperaceae | <i>Eleocharis pseudoalbibractea</i> S. González & Guagl. | | Poco frecuente | Abundante |
| Ephedraceae | <i>Ephedra americana</i> Humb. & Bonpl. ex Willd. | Pingo-pingo | Poco frecuente | Abundante |
| Fabaceae | <i>Geoffroea decorticans</i> (Gillies ex Hook. & Arn.) Burkart | Chañar | Poco frecuente | Sujeta a manejo |
| Loasaceae | <i>Huidobria fruticosa</i> Phil. | | Poco frecuente | Escasa |
| Juncaceae | <i>Juncus balticus</i> Willd. | | Poco frecuente | Abundante |
| Solanaceae | <i>Lycium humile</i> Phil. | Jume, june, wicha | Frecuente | Escasa |
| Chenopodiaceae | <i>Nitrophila atacamensis</i> (Phil.) Hieron. ex Ulbr. | | Poco frecuente | Escasa |
| Fabaceae | <i>Prosopis chilensis</i> (Molina) Stuntz emend. Burkart | Algarrobo del centro | Poco frecuente | Sujeta a manejo |
| Poaceae | <i>Poaceae</i> sp. | | Frecuente | Abundante |
| Ruppiaceae | <i>Ruppia filifolia</i> (Phil.) Skottsb. | | Poco frecuente | Escasa |
| Chenopodiaceae | <i>Sarcocornia andina</i> (Phil.) Freitag, M.A. Alonso & M.B. Crespo | | Frecuente | Abundante |
| Cyperaceae | <i>Schoenoplectus californicus</i> (C.A. Mey.) Soják | | Muy frecuente | Muy abundante |
| Asteraceae | <i>Tessaria absinthioides</i> (Hook. & Arn.) DC. | Brea, chilquilla, sorona, péril, callacozo | Muy frecuente | Muy abundante |
| Boraginaceae | <i>Tiquilia atacamensis</i> (Phil.) A.T. Richardson | Káuchal | Frecuente | Abundante |
| Juncaginaceae | <i>Triglochin concinna</i> Burt Davy | | Frecuente | Abundante |

Fuente: elaboración propia

A continuación (Tabla 2-6), se entregan las principales observaciones en relación a las especies registradas, registro fotográfico, su distribución en los subsectores, tipo de ambientes y características de sustrato donde se encontraban y observaciones sobre su fenología.

Tabla 2-6: Sitios de Muestreos Considerados

| Especie | Distribución y ambientes | Fenología y otros |
|--|--|--|
| <p>Aloysia deserticola</p>  | <p>Especie zonal, presente principalmente en terrenos con baja pendiente, en sustrato terrosos. Localmente abundante. Registro. Frecuente en los puntos de prospección. Se registró en los subsectores de Peine y Tilopozo. Según personal local de uso frecuente.</p> | <p>Individuos en floración y fructificación escasa, no se registran plántulas. En algunas poblaciones escasos juveniles.</p> |
| <p>Atriplex atacamensis</p>  | <p>Especie zonal, presente principalmente en terrenos con baja pendiente, en sustrato terrosos. Localmente abundante. Muy Frecuente. Se registró en los subsectores de Peine y Tilopozo. Según personal local de uso frecuente.</p> | <p>Individuos en floración y frutos no maduros, no se registran plántulas. En algunas poblaciones escasos juveniles.</p> |
| <p>Atriplex imbricata</p>  | <p>Especie zonal, presente principalmente en terrenos con baja pendiente, en sustrato terrosos, escasa. Poco frecuente. Se registró en los subsectores de Peine y Tilopozo. Según personal local de uso frecuente.</p> | <p>Individuos en floración, sin frutos maduros, no se registran plántulas. En algunas poblaciones escasos juveniles.</p> |

| Especie | Distribución y ambientes | Fenología y otros |
|---|---|--|
| <p>Baccharis juncea</p>  | <p>Especie azonal, presente principalmente en terrenos con baja pendiente, en sustrato terrosos, sobresaturados, localmente muy abundante, frecuente.</p> <p>Se registró en los subsectores de Peine y Tilopozo.</p> <p>Según personal local de uso frecuente.</p> | <p>Escasos individuos en floración, la mayor parte en fructificación, presencia de plántulas y juveniles en los bordes de las poblaciones. Muchos individuos adultos con su parte vegetativa senescente.</p> |
| <p>Cistanthe celosioides y Cistanthe sp.</p>  | <p>Especies zonales, presentes principalmente en terrenos con baja pendiente, en sustrato terrosos, localmente abundantes, frecuentes.</p> <p>Se registró en los subsectores de Peine y Tilopozo y en la mayor parte de las laderas que bordean el Salar por el Este.</p> | <p>Escasos individuos en floración, la mayor parte en fructificación, no se observa la presencia de plántulas y juveniles. Muchos individuos adultos con su parte vegetativa senescentes.</p> |
| <p>Distichlis spicata</p>  | <p>Especie zonal y azonal, presente en terrenos con baja pendiente, en prácticamente todos los tipos de sustrato, muy frecuente y abundante, aunque escasa en laderas terrosas sin fuente hídrica cercana, y en zonas inundadas.</p> <p>Se registró en los subsectores de Peine y Tilopozo, La Punta y La Brava.</p> <p>Se confunde con una maleza para la comunidad local.</p> | <p>Escasos individuos en fructificación, no se observa la presencia de plántulas por semillas, se registra reproducción clonal.</p> |

| Especie | Distribución y ambientes | Fenología y otros |
|--|---|--|
| <p data-bbox="349 310 690 338"><i>Eleocharis pseudoalbibracteata</i></p>  | <p data-bbox="727 310 1057 478">Especie azonal, presente en terrenos con baja pendiente, localmente abundante, poco frecuente, se registra en zonas inundadas o sobresaturadas, con costra salina.</p> <p data-bbox="727 487 1045 543">Se registró en el subsector de Tilopozo.</p> <p data-bbox="727 552 1045 606">Desconocida para el personal local</p> | <p data-bbox="1105 310 1435 422">Escasos individuos en fructificación, no se observa la presencia de plántulas, se registra reproducción clonal.</p> |
| <p data-bbox="349 703 558 730"><i>Ephedra americana</i></p>  | <p data-bbox="727 703 1068 898">Especie zonal, presente en terrenos con baja a media pendiente, y en sectores rocosos, localmente abundante, poco frecuente, se registra sustratos terrosos sin costra salina.</p> <p data-bbox="727 907 1045 963">Se registró en el subsector de Tilopozo y Peine</p> <p data-bbox="727 972 1029 1026">Según personal local de uso frecuente medicinal.</p> | <p data-bbox="1105 703 1409 785">No se observa reproducción sexual ni plántulas. Fase vegetativa vigorosa.</p> |
| <p data-bbox="349 1113 591 1140"><i>Geoffroea decorticans</i></p>  | <p data-bbox="727 1113 1036 1308">Especie zonal, presente en terrenos con baja a media pendiente, localmente abundante sujeta a manejo, poco frecuente, se registra sustratos terrosos sin costra salina.</p> <p data-bbox="727 1316 1062 1373">Se registró en Tilomonte y en el pueblo de Peine</p> <p data-bbox="727 1381 1029 1463">Según personal local de uso frecuente y con prioridad de reproducción.</p> | <p data-bbox="1105 1113 1451 1224">Escasos individuos en floración, la mayor parte en fructificación, no se observa la presencia de plántulas y juveniles.</p> |

| Especie | Distribución y ambientes | Fenología y otros |
|---|---|--|
| <p data-bbox="347 310 558 336"><i>Huidobria fruticosa</i></p>  | <p data-bbox="725 310 1084 478">Especie zonal, presente en terrenos con baja a media pendiente, y en sectores rocosos, escasa, poco frecuente, se registra sustratos terrosos sin costra salina.</p> <p data-bbox="725 487 1045 546">Se registró en el subsector de Tilopozo y Peine</p> <p data-bbox="725 554 1029 604">Según personal local de uso frecuente.</p> | <p data-bbox="1104 310 1448 424">Pocos individuos en floración, formación de frutos incipientes. No se observan plántulas. Fase vegetativa vigorosa.</p> |
| <p data-bbox="347 667 519 693"><i>Juncus balticus</i></p>  | <p data-bbox="725 667 1052 894">Especie azonal, presente en terrenos con baja pendiente, localmente abundante, poco frecuente, se registra en terrenos sobresaturados, con costra salina. También en sectores terrosos asociados a disponibilidad hídrica</p> <p data-bbox="725 903 1045 953">Se registró en el subsector de Tilopozo.</p> <p data-bbox="725 961 1045 1012">Desconocida para el personal local</p> | <p data-bbox="1104 667 1435 781">Escasos individuos en fructificación, no se observa la presencia de plántulas, se registra reproducción clonal.</p> |
| <p data-bbox="347 1129 509 1155"><i>Lycium humile</i></p>  | <p data-bbox="725 1129 1081 1356">Especie zonal y azonal, presente en terrenos con baja pendiente, en prácticamente todos los tipos de sustratos, también sobre costra salina. Frecuente y escasa, se asocia su presencia a fuente hídrica cercana, no presente en zonas inundadas.</p> <p data-bbox="725 1365 1052 1415">Se registró en los subsectores de Peine y Tilopozo.</p> <p data-bbox="725 1423 1036 1474">Se confunde con una maleza para la comunidad local.</p> | <p data-bbox="1104 1129 1406 1213">No se observa reproducción sexual ni plántulas. Fase vegetativa vigorosa.</p> |

| Especie | Distribución y ambientes | Fenología y otros |
|--|--|---|
| <p data-bbox="349 310 602 338"><i>Nitrophila atacamensis</i></p>  | <p data-bbox="727 310 1083 573">Especie zonal y azonal, presente en terrenos con baja pendiente, generalmente crece sobre costra salina. Poco frecuente y escasa, se asocia su presencia a fuente hídrica cercana, no presente en zonas inundadas. Se registró en los subsectores de Peine, Tilopozo y La Punta</p> | <p data-bbox="1105 310 1455 369">Individuos fructificando. Fase vegetativa vigorosa en juveniles.</p> |
| <p data-bbox="349 709 548 737"><i>Prosopis chilensis</i></p>  | <p data-bbox="727 709 1065 1062">Especie zonal, presente en terrenos con baja a media pendiente, localmente abundante sujeta a manejo, poco frecuente, se registra sustratos terrosos sin costra salina. Se registró en Tilomonte y en el pueblo de Peine Según personal local de uso frecuente y con prioridad de reproducción.</p> | <p data-bbox="1105 709 1446 888">Individuos en fructificación, fructificación, no se observa la presencia de plántulas y juveniles. La comunidad utiliza las plántulas para su relocalización</p> |
| <p data-bbox="349 1182 505 1209"><i>Ruppia filifolia</i></p>  | <p data-bbox="727 1182 1083 1451">Especie azonal, presente en terrenos con baja pendiente, muy escasa, poco frecuente, se registra en zonas inundadas, con costra salina. Se registró en el subsector de Peine. Desconocida para el personal local</p> | <p data-bbox="1105 1182 1442 1297">Escasos individuos, no se observa reproducción sexual ni la presencia de plántulas, se registra reproducción clonal.</p> |

| Especie | Distribución y ambientes | Fenología y otros |
|--|---|---|
| <p data-bbox="347 310 558 336"><i>Sarcocornia andina</i></p>  | <p data-bbox="725 310 1084 562">Especie zonal y azonal, presente en terrenos con baja pendiente, en prácticamente todos los tipos de sustrato, frecuente y abundante, aunque escasa en laderas terrosas sin fuente hídrica cercana, y en zonas inundadas crece sobre costra salina.</p> <p data-bbox="725 571 1062 655">Se registró en los subsectores de Peine y Tilopozo, La Punta y La Brava..</p> | <p data-bbox="1104 310 1409 478">No se observa reproducción sexual, ni la presencia de plántulas por semillas. Fase vegetativa vigorosa, aunque individuos muy grandes con partes senescentes</p> |
| <p data-bbox="347 714 656 739"><i>Schoenoplectus californicus</i></p>  | <p data-bbox="725 714 1052 966">Especie azonal, presente en terrenos con baja pendiente, localmente muy abundante y frecuente, se registra en terrenos sobresaturados, e inundados sin costra salina. También en sectores terrosos asociados a disponibilidad hídrica</p> <p data-bbox="725 974 1045 1033">Se registró en el subsector de Tilopozo y Peine.</p> <p data-bbox="725 1041 1029 1100">Según personal local de uso frecuente.</p> | <p data-bbox="1104 714 1435 831">Escasos individuos en fructificación, no se observa la presencia de plántulas, se registra reproducción clonal.</p> |
| <p data-bbox="347 1171 591 1197"><i>Tessaria absinthioides</i></p>  | <p data-bbox="725 1171 1084 1402">Especie zonal y azonal, presente en terrenos con baja pendiente, en prácticamente todos los tipos de sustrato, muy frecuente y abundante, aunque escasa en laderas terrosas sin fuente hídrica cercana, y en zonas inundadas.</p> <p data-bbox="725 1411 1062 1495">Se registró en los subsectores de Peine y Tilopozo, La Punta y La Brava.</p> <p data-bbox="725 1503 1029 1562">Según personal local de uso frecuente.</p> | <p data-bbox="1104 1171 1416 1344">En fase final de del peak de floración, muchos individuos con frutos, no se observa la presencia de plántulas por semillas. Fase vegetativa vigorosa.</p> |

| Especie | Distribución y ambientes | Fenología y otros |
|---|--|---|
| <p>Tiquilia atacamensis</p>  | <p>Especie zonal, presente principalmente en terrenos con baja pendiente, en sustrato terrosos, localmente abundantes, frecuentes. Se registró en los subsectores de Peine y Tilopozo y en la mayor parte de las laderas que bordean el Salar por el Este.</p> | <p>La mayor parte en floración, escasos individuos en fructificación, se observa la presencia de plántulas y juveniles.</p> |
| <p>Triglochin concinna</p>  | <p>Especie azonal, y escasos en la condición zonal, presente en terrenos con baja pendiente, localmente abundante, frecuente, se registra en terrenos sobresaturados, e inundados sin costra salina. También en sectores terrosos asociados a disponibilidad hídrica cercana- Se registró en el subsector de Tilopozo, Peine y La punta.</p> | <p>Individuos en fructificación, no se observa la presencia de plántulas, se registra reproducción clonal.</p> |

2.5 Discusión

A partir de los resultados entregados en el presente informe se puede establecer que se realizó una exitosa campaña de terreno, cumpliendo con el objetivo de prospección de los subsectores de Peine, pudiendo visitar e identificar diferentes puntos de colecta en el área de estudio, tales como Tilopozo, P6, Tilomonte, ecosistemas zonales aledaños del campamento SQM, entre otros, seleccionando las poblaciones que potencialmente servirán como fuente de material vegetativo y semillas, para el desarrollo de las actividades futuras comprometidas en el presente proyecto.

Se ha logrado identificar a aquellas especies que se encuentran en mayor abundancia en los diferentes puntos del área de estudio y que concuerdan con los diferentes criterios empleados para la priorización de especies con las cuales trabajar en las actividades futuras comprometidas, entre los que se incluyen:

- Origen (especies que sean nativas).
- Ciclo de vida (especies preferentemente perennes).
- Categorías de conservación (especies que no se encuentren en categoría de conservación).
- Abundancia (Especies que correspondan a especies dominantes dentro de alguna formación vegetal).
- Usos (Especies que hayan sido reportadas con algún uso tradicional).

- Funciones ecosistémicas (especies preferentemente de la condición azonal).
- Vulnerabilidad (especies preferentemente de la condición azonal).

La oportuna implementación de medidas que mitigaran los efectos del contexto en el que se está desarrollando el proyecto, la realización de las actividades paliativas, desfase en las etapas, entre otras, han permitido el desarrollo continuo de las actividades comprometidas en el proyecto. Si bien, se incorporaron actividades como la mantención y no inmediata reproducción de ejemplares, la colecta en desfase de semillas, capacitación del personal de la localidad Peine, han determinado la maximización del material colectado salvaguardando el cumplimiento de los objetivos y productos esperados del proyecto.

Si bien no fue posible visitar Soncor y Quelana, el tipo formaciones vegetales que conforme a la Revisión Bibliográfica se encuentran en esos sectores fue considerada en el presente informe, como, por ejemplo:

- Matorral de *Sarcocornia fruticosa*
- Matorral de *Tessaria absinthioides*
- Matorral – Vega de *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata*
- Matorral hídrico – Vega de *Tessaria absinthioides*, *Lycium humile* y *Distichlis spicata*
- Vega de *Distichlis spicata*

En el marco del interés de identificar especies de uso tradicional por las comunidades, se incorporaron puntos de prospección donde se localizaban especies de mayor interés conforme a sus usos, lo que se obtuvo de la consulta a informantes calificados de la comunidad y conocimiento de las especies y sus usos, así como del estudio de revisión bibliográfica. Particularmente se incorporó la prospección en la localidad de Tilomonte, donde se registra la presencia de las especies *Geoffroea decorticans* (chañar) y *Prosopis chilensis* (algarrobo), que tienen importancia para la comunidad por su uso maderero y alimenticio. Conforme a lo que establece el asistente local, la comunidad de Peine se encuentra desarrollando iniciativas de reproducción con ambas especies para reforestación, sin embargo, de acuerdo con lo observado, la técnica empleada (extracción de plántulas), no presenta indicadores de éxito, perdiéndose un alto porcentaje de los ejemplares extraídos. En este sentido el estudio de las condiciones de producción en vivero de estas especies será un aporte significativo para la comunidad que actualmente extrae los ejemplares vivos (plántulas de regeneración natural) para trasladarlos al lugar de interés, con lo cual se deteriora el ecosistema nativo desde el cual se extraen los ejemplares.

Se cumplió con el objetivo de validar la información bibliográfica donde la mayor parte de las especies encontradas en terreno aparecieron como especies importantes en el Informe de Revisión Bibliográfica (Capítulo 1), considerado en este informe como las especies preseleccionadas. En relación con las variables bióticas, se identificaron las formaciones Azonales, donde la mayor parte de las especies seleccionadas corresponden a la condición azonal o bien especies dominantes en la condición zonal. Se establecieron adecuadamente los sitios de colecta cumpliendo así con los objetivos para esta Tarea.

2.6 Referencias

- [Ref 1]** Albemarle (2019a). Plan de Manejo Biótico Proyecto: "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA N°21/2016)" Informe Anual N°3 Volumen 1 Monitoreo Invierno 2018 – Verano 2019"
- [Ref 2]** Albemarle (2019b). Volumen II. Plan de Manejo Biótico Proyecto: "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas (RCA N°21/2016)"de Evaporación Solar en el Salar de Atacama. Informe Anual N°3 Monitoreo Invierno 2018 – Verano 2019
- [Ref 3]** Alonso, H., & Risacher, F. (1996). Geoquímica del Salar de Atacama, parte 1: Origen de los componentes y balance salino. Revista Geológica de Chile 23(2): 113:122
- [Ref 4]** Amakaik (2018). Proyecto CORFO Estudio de un Modelo Conceptual Ecológico para la cuenca del Salar de Atacama. Informe 2: Definición, selección y justificación de componentes principales y/o variables influyentes a considerar en la formulación del Modelo Conceptual Ecológico de la Cuenca del Salar de Atacama.
- [Ref 5]** Cade-Idepe. (2004). Diagnóstico y clasificación de los cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca Salar de Atacama. Cade-Idepe Consultores en Ingeniería. Dirección General de Aguas. Ministerio de Obras Públicas. Gobierno de Chile.
- [Ref 6]** Gajardo, R. (1994). La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria, Santiago, Chile, 33.
- [Ref 7]** Luebert, F., & Pliscoff, P. (2006). Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial universitaria.

3 Capítulo: Colecta de Semillas y Material Vegetativo de las Especies más Representativas y Prioritarias

3.1 Resumen

El presente documento describe los objetivos, metodología, resultados y discusión de la Tarea 4: **Colecta de semillas y material vegetativo de las especies más representativas y prioritarias**, del proyecto Estudio Historia de Vida de Especies Vegetales Azonales, Salar de Atacama encargado por Albemarle a Ausenco.

Originalmente, se consideraba desarrollar una campaña específica de prospección (Tarea 3) y otra de colecta (Tarea 4), pero debido a que el proyecto se inició recién en el mes de enero de 2020 y el primer terreno en el mes de febrero, fue necesario unir las actividades de ambas Tareas y así evitar que la fase de semillación de algunas de las plantas de interés se perdiera. Por ende, en este informe se presentan los resultados de la campaña de colecta, que combinó actividades de prospección. La colecta se llevó a cabo en el mes de febrero entre los días 17 y 26.

El proyecto de estudio cubre 3 macrozonas, correspondientes a los sistemas Peine, Soncor y Quelana. Hasta el momento de la generación de este informe, sólo se ha llevado a cabo colectas del sector de Peine (Laguna Interna, alrededores de poblado de Peine), Tilopozo (Ojo de agua, La Punta, La Brava), Tilomonte y ecosistemas zonales en sector campamento SQM. La colecta de las zonas de Soncor y Quelana no se ha podido llevar a cabo, producto del cierre por parte de CONAF (reproducción de flamencos) y las medidas que se han tomado en el país con relación a la pandemia Covid-19 en las fechas que estaban programadas para dichos terrenos.

En el presente informe se da cuenta de la colecta del material mínimo necesario para desarrollar los protocolos comprometidos en el presente estudio. **En cuanto al material vegetativo, se dispone del material suficiente para al menos 8 especies, y en cuanto al material de semillas se dispone del material suficiente para al menos 9 especies.** Estos resultados pueden ser optimizados dependiendo de la realización de las campañas pendientes proyectadas para los siguientes meses del presente año.

3.2 Objetivos

Los objetivos generales del proyecto son: recopilar, revisar y sistematizar los antecedentes relevantes para la selección y priorización de especies que crecen en el Salar de Atacama que tengan potencial de ser reproducidas en el proyecto: "Historia de Vida de Especies Vegetales azonales y zonales del Salar de Atacama", e identificar en terreno la disponibilidad de estas especies.

En este informe, se da cuenta del cumplimiento de objetivos asociados a la actividad de Colecta de material vegetativo y semillas para llevar a cabo las evaluaciones y tratamientos experimentales de las siguientes fases de investigación del proyecto.

3.3 Objetivos específicos

- Obtención de material vegetativo y/o semillas para los ensayos de propagación.
- Evaluar métodos de mantención de las estructuras a reproducir.

3.4 Materiales y Métodos

3.4.1 Antecedentes

A partir del examen del material herborizado en CONC, la revisión bibliográfica de artículos científicos y líneas base se obtuvo una base de datos de 405 nombres de taxa (especies y categorías intraespecíficas) potenciales citadas para el Salar de Atacama. La depuración de este listado con relación a sinonimia de nombres, citas erróneas y problemas nomenclaturales arrojó un listado de 347 nombres de especies, de los cuales 9 no pudieron ser validados. De acuerdo con lo anteriormente señalado, un total de 336 especies han sido registradas, pertenecientes a 50 familias. De estas especies, 299 corresponden a nativas (42 endémicas) y 37 son introducidas. Las familias con mayor representación corresponden a Asteraceae y Poaceae. Con esta información, desarrollada en el Informe Bibliográfico, fue posible seleccionar especies que potencialmente podrían ser reproducidas en el marco y objetivos del presente proyecto. El listado de especies preseleccionadas se detalla en la Tabla 3-1.

.Debido a que el compromiso adquirido por Ausenco detalla la inclusión de 10 especies para el desarrollo del proyecto "*Historia de Vida de Especies Vegetales Azonales y Zonales del Salar de Atacama*", las cuales deben ser escogidas a partir de criterios que se desprenden la revisión bibliográfica, de las cuales no se posee información preliminar sobre las condiciones de reproducción, disponibilidad de material, y su respuesta a las condiciones hídricas y de salinidad, preliminarmente se incluyeron más de 30 especies pre seleccionadas principalmente en función de su abundancia y dominancia (atributos ecológicos), uso potencial de la comunidad (atributos de servicios ecosistémicos), entre otros.

La inclusión de un mayor número de especies en esta primera fase obedece a disponer diversas alternativas (especies), para desarrollar las actividades del proyecto no comprometiendo su continuidad por falta de material.

Entre los días 17 y 26 de febrero 2020 se desarrolló la primera campaña de terreno con el objetivo de prospectar y posteriormente coleccionar material vegetativo en terreno. Para ello, se identificó en base a la COT del área de estudio (Plan de Manejo Biótico) puntos representativos de cada unidad de vegetación homogénea. La prospección se realizó entre los días 18 y 21 de febrero. En los diferentes sectores prospectados fue posible identificar las siguientes formaciones:

3.4.1.1 Formaciones zonales

- Matorral de *Atriplex atacamensis*/ *Atriplex imbricata*.
- Matorral de *Aloisia deserticola*.
- Matorral de *Ephedra breana*.
- Matorral de *Tessaria absinthioides*.

3.4.1.2 Formaciones azonales

- Vega de *Phragmites australis* y *Schoenoplectus californicus*.
- Vega de *Distichlis spicata*.
- Vega de *Juncus balticus*.
- Vega con dominancia de *Schoenoplectus californicus*.

- Vega de Triglochin concinna.
- Matorral hídrico de *Lycium humile*.
- Matorral hídrico de *Sarcocornia fruticosa*.
- Matorral hídrico – Vega de *Sarcocornia fruticosa*.
- Matorral hídrico – Vega de Tessaria absinthioides, *Lycium humile* y *Distichlis spicata*.

Además de estas formaciones, previamente reportadas en el Plan de Manejo Biótico (2018), se registró la presencia de formaciones de Vega de *Baccharis juncea* y *Schoenoplectus californicus*, en el sector de Tilopozo (Informe de prospección).

La disponibilidad de material fue validada en terreno, cuyos resultados se detallan en el **Informe Prospección**. Una vez identificadas las especies dominantes y la disponibilidad de material de estas, se procedió a la colecta de material vegetativo.

Tabla 3-1: Especies de Mayor Relevancia en el Área de Estudio según Revisión Bibliográfica¹⁶ y criterios establecidos.

| Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Hábito | Ciclo De Vida | Origen | Distribución En El Área |
|-----------------|--|--|----------------------|---------------|----------|-------------------------|
| Verbenaceae | <i>Aloysia deserticola</i> (Phil.) Lu-Irving & O'Leary | Kore | Arbusto | Perenne | Nativo | Zonal |
| Asteraceae | <i>Ambrosia artemisioides</i> Meyen & Walp. ex Meyen | Tikara, pikara, cadillo, monte verde, tola negra, pegapega, lipelipe | Arbusto | Perenne | Nativo | Zonal |
| Caryophyllaceae | <i>Arenaria serpens</i> Kunth | | Hierba | Perenne | Nativa | Azonal |
| Chenopodiaceae | <i>Atriplex atacamensis</i> Phil. | Cachiyuyo | Arbusto | Perenne | Endémico | Zonal |
| Chenopodiaceae | <i>Atriplex imbricata</i> (Moq.) D. Dietr. var. <i>imbricata</i> | Cachiyuyo, chókel, ojar, kopakopa macho, pilaya | Arbusto o subarbusto | Perenne | Nativo | Zonal |
| Asteraceae | <i>Baccharis boliviensis</i> (Wedd.) Cabrera | Tolilla, tolita, tola chica, monte de paloma, tola amarilla, tola hembra | Arbusto | Perenne | Nativo | Zonal |
| Asteraceae | <i>Baccharis juncea</i> (Lehm.) Desf. | Suncho, pasto loco, totora, chukchuka, mutumutu | Hierba | Perenne | Nativa | Azonal |
| Montiaceae | <i>Cistanthe celosioides</i> (Phil.) Carolin ex Hershkovitz | Básal | Hierba | Anual | Nativa | Zonal |
| Montiaceae | <i>Cistanthe densiflora</i> (Barnéoud) Hershkovitz | Pata de guanaco | Hierba | Anual | Nativa | Zonal |
| Montiaceae | <i>Cistanthe minuscula</i> (Añon) Peralta | | Hierba | Anual | Nativa | Zonal |
| Montiaceae | <i>Cistanthe salsoloides</i> (Barnéoud) Carolin ex Hershkovitz | | Hierba anual | Anual | Nativa | Zonal |
| Cactaceae | <i>Cumulopuntia echinacea</i> (Ritter) Ritter | | Arbusto suculento | Perenne | Nativo | Zonal |
| Poaceae | <i>Distichlis spicata</i> (L.) Greene | | Hierba | Perenne | Nativa | Azonal |
| Ephedraceae | <i>Ephedra americana</i> Humb. & Bonpl. ex Willd. | Pingo-pingo | Arbusto | Perenne | Nativo | Zonal |
| Fabaceae | <i>Geoffroea decorticans</i> (Gillies ex Hook. & Arn.) Burkart | Chañar | Árbol | Perenne | Nativo | Zonal |

¹⁶ Se destaca en gris las especies de mayor relevancia para las actividades posteriores del proyecto (en su mayoría nombradas como dominantes en el PMB, y en amarillo aquellas que presentan alguna categoría de conservación).

| Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Hábito | Ciclo De Vida | Origen | Distribución En El Área |
|----------------|--|--|-------------------------|---------------|----------|-------------------------|
| Loasaceae | Huidobria fruticosa Phil. | | Arbusto | Perenne | Endémica | Zonal |
| Juncaceae | Juncus balticus Willd. | | Hierba | Perenne | Nativa | Azonal |
| Solanaceae | Lycium humile Phil. | Jume, june, wicha | Arbusto | Perenne | Nativo | Zonal/Azonal |
| Poaceae | Nassella rupestris (Phil.) Torres | | Hierba | Perenne | Nativa | Zonal |
| Chenopodiaceae | <i>Nitrophila atacamensis</i> (Phil.) Hieron. ex Ulbr. | | Hierba | Añual | Endémica | Zonal/Azonal |
| Solanaceae | Nolana linearifolia Phil. | | Hierba | Perenne | Endémica | Zonal |
| Poaceae | Pappostipa atacamensis (Parodi) Romasch. | | Hierba perenne | Perenne | Nativa | Zonal |
| Juncaceae | Patosia clandestina (Phil.) Buchenau | | Hierba perenne | Perenne | Nativa | Azonal |
| Rosaceae | Polylepis tarapacana Phil. | | Árbol | Perenne | Nativa | Zonal |
| Fabaceae | Prosopis alba Griseb. | Algarrobo blanco | Árbol | Perenne | Nativo | Zonal |
| Fabaceae | <i>Prosopis chilensis</i> (Molina) Stuntz emend. Burkart | Algarrobo del centro | Árbol | Perenne | Nativo | Zonal |
| Poaceae | <i>Puccinellia frigida</i> (Phil.) I.M. Johnst. | | Hierba | Perenne | Nativa | Azonal |
| Ruppiaceae | <i>Ruppia filifolia</i> (Phil.) Skottsbo. | | Hierba acuática perenne | Perenne | Nativa | Azonal |
| Chenopodiaceae | <i>Sarcocornia andina</i> (Phil.) Freitag, M.A. Alonso & M.B. Crespo | | Arbusto | Perenne | Nativo | Zonal/Azonal |
| Cyperaceae | Schoenoplectus californicus (C.A. Mey.) Soják | | Hierba | Perenne | Nativa | Azonal |
| Asteraceae | Tessaria absinthioides (Hook. & Arn.) DC. | Brea, chilquilla, sorona, péril, callacozo, hierba de la zorra | Arbusto | Perenne | Nativo | Zonal |
| Boraginaceae | <i>Tiquilia atacamensis</i> (Phil.) A.T. Richardson | Káuchal | Subarbusto | Perenne | Endémico | Zonal |
| Juncaginaceae | Triglochin concinna Burt Davy | | Hierba | Perenne | Nativa | Azonal |

Fuente: elaboración propia (Informe Bibliográfico)

3.4.2 Colecta de material vegetativo

Para establecer preliminarmente la mejor fecha de colecta de las especies se revisó las frecuencias mensuales en que se llevaron a cabo los registros depositados en el Herbario de la Universidad de Concepción. El examen de ejemplares herborizados nos permitió establecer el estado fenológico de las especies (estado vegetativo, reproductivo). En los siguientes gráficos (Figura 3-1), se muestra la frecuencia de registros de las especies agrupadas en: Monocotiledóneas, Dicotiledóneas y Gimnospermas. En este sentido, **es necesario mencionar que las principales especies con las que se trabajará en el resto del proyecto son las de la condición azonal, y que en su mayoría son monocotiledóneas.**

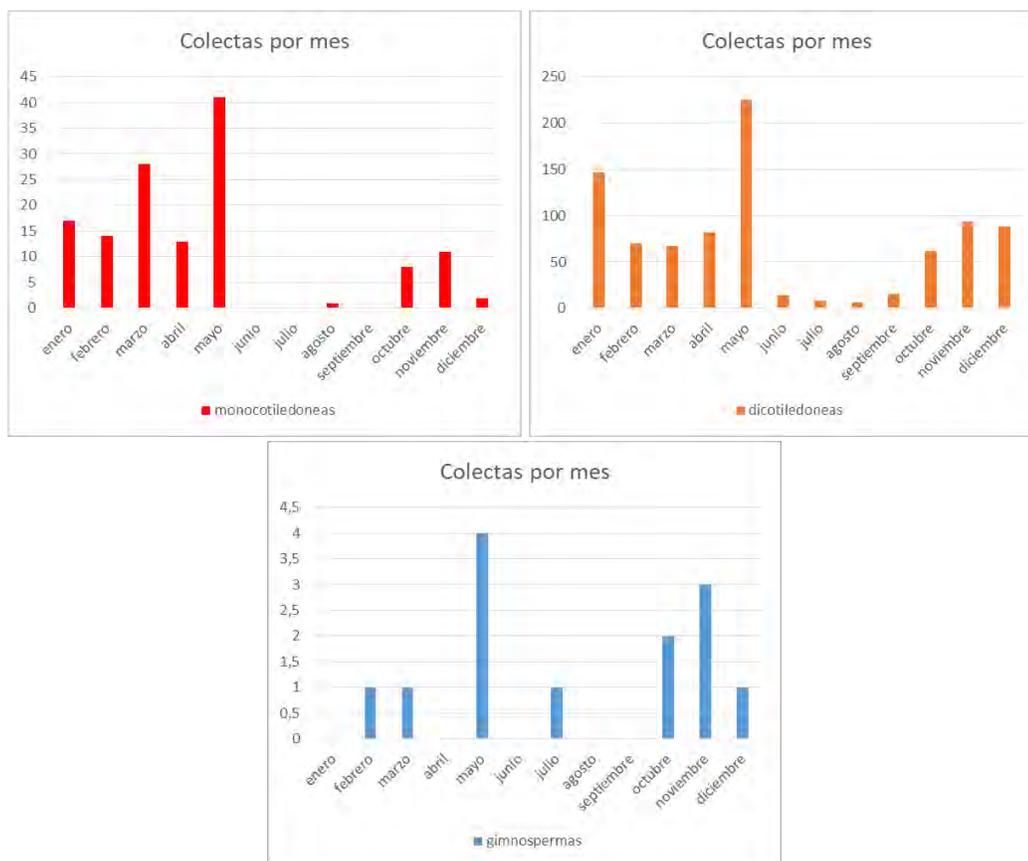


Figura 3-1: Gráficos de Distribución Mensual de Colectas Según Grupo de Especies de Flora. Fuente elaboración propia

La colecta de material se realizó de acuerdo con la estructura y morfología de cada especie, cuidando de no dañar el material colectado.

En cada población seleccionada, se escogieron en forma aleatoria individuos vigorosos. El número total de individuos muestreado al interior de cada población dependió de la abundancia de la especie, asegurando no dañar la población y obteniendo un número mínimo de clones que aseguren las réplicas para los ensayos de propagación.

Muchas de las especies que se encontraron en estas formaciones presentan macollas, que corresponde al material vegetativo colectado para el desarrollo de los ensayos de propagación.

Debido a que en las especies de mayor talla es difícil discriminar el tamaño de los individuos el muestreo del material vegetativo se realizó considerando una distancia mínima de 5 metros entre individuos colectados, para asegurar la colecta de individuos diferentes que representen a la población.

Las muestras fueron individualizadas en bolsas plásticas manteniendo parte del sustrato en el que se encontraban (Foto 3-1). Estas muestras fueron mantenidas durante el resto del terreno en condición de semisombra, y completamente hidratadas para evitar daño por desecación. Finalmente, el último día de terreno se procedió a su embalaje (Foto 3-2).



Foto 3-1: Individualización de material vegetativo al momento de la colecta



Foto 3-2: Embalaje de material vegetativo para el traslado de Muestras Vegetales a Concepción

3.4.3 Colecta de semillas

El proceso de colección de semillas siguió los lineamientos sugeridos por la International Seed Testing Association (ISTA) (2017). La colecta de semillas se realizó en distintas poblaciones que contara con el mayor número posible de individuos de la especie foco. Esto es necesario para obtener la mayor variabilidad genética posible de la especie foco y así obtener resultados concluyentes del experimento de germinación.

En cada población se identificó un número mínimo de 100 individuos adultos de la especie foco y se evaluó si estos presentaban o no semillas. De acuerdo con las sugerencias de la ISTA (2017), en cada población, se escogieron en forma aleatoria individuos en estado de fructificación. Una vez concluida la colecta de semillas en el primer punto, se escogió aleatoriamente un segundo punto dentro de la población, y se repitió el procedimiento de colecta de semillas. El número total de puntos de colecta al interior de cada población dependerá del número de individuos que finalmente estaban en semillación, pero éste no fue inferior a 25 individuos, lo que en consecuencia implicó coleccionar semillas de al menos 50 individuos por sitio de muestreo.

La colecta y almacenaje de semillas se realizó en las condiciones que aseguren su mantenimiento hasta el momento de los ensayos. Las semillas colectadas por sitio fueron puestas en bolsas de papel y transportadas en cajas de cartón, para permitir que el resto de los frutos termine el proceso de secado.

Debido a que en el momento de la colecta no todas las especies se encontraban en el máximo de reproducción (semillación), se capacitó al asistente José Bravo, personal local contratado por Ausenco. La capacitación incluyó tópicos generales de identificación de especies, colecta de semillas, mantención y rotulación de éstas. Además, el Sr. Bravo fue capacitado para realizar la colecta de semillas siguiendo los lineamientos ISTA (2017).

Durante todo el desarrollo del terreno y posteriormente a distancia, el asistente fue capacitado en el reconocimiento particular de las especies de interés para el proyecto, incluyendo su identificación, reconocimiento de individuos (crecimiento clonal), selección de frutos adecuados para colecta, reconocimiento de estructuras reproductivas y reconocimiento de estructuras vegetativas (raíces, tallos, reproducción vegetativa), así como también en las técnicas de muestreo y colecta de especies.

Con este entrenamiento, el personal en terreno ha llevado a cabo dos campañas (mayo-junio) de colectas de semillas, de aquellas especies seleccionadas que inicialmente no pudieron colectarse debido a su estado reproductivo.



Foto 3-3: Capacitación Reconocimiento de Especies y Estados de Desarrollo a Asistente de Comunidad de Peine

3.4.4 Mantención de las muestras vegetativas y semillas

Una vez que el material vegetativo se encontraba en las dependencias de la Universidad de Concepción, fueron dispuestas en cámaras de crecimiento a 25°C, 14 Horas día/ y 10°C, 10 Horas noche, para estabilizar, aclimatar y recuperar el daño ocasionado por el traslado de muestras. En esta condición permanecieron una semana, para posteriormente ser divididas y dispuestas en sustrato (mezcla de turba y sustrato de origen).

Las muestras de semillas fueron inicialmente limpiadas de restos de hojas, ramas o frutos y embolsadas en papel para proceder al periodo de limpieza del material. Durante todo este

proceso las muestras han sido mantenidas en oscuridad, en cajas de cartón para mantenerlas frescas y secas para su posterior manipulación.

3.4.5 Recuperación de las muestras vegetativas

Una vez que las muestras del material vegetativo fueron aclimatadas, se procedió con el replante y división de material. Para esto, las muestras fueron limpiadas y dispuestas en una mezcla de turba y sustrato del salar. Previo a este procedimiento la turba se dispuso al sol por 15 días (para agotar las posibles semillas que pudiesen venir como contaminantes). Posteriormente, la turba fue hidratada a nivel de sobresaturación hídrica por 72 horas y dispuestas bolsas para trasplante.

Las muestras ya multiplicadas se mantuvieron en cámaras de crecimiento por 15 días, para posteriormente ser llevadas al invernadero.

3.5 Resultados

3.5.1 Sitios de colecta y formaciones reportadas

Se visitó un total de 16 puntos en el área de estudio, los que se muestran en la Figura 3-2 (Más información en el Informe de Prospección). El detalle de los puntos donde se realizó colecta de material vegetativo o semillas se entrega en la Tabla 3-2.

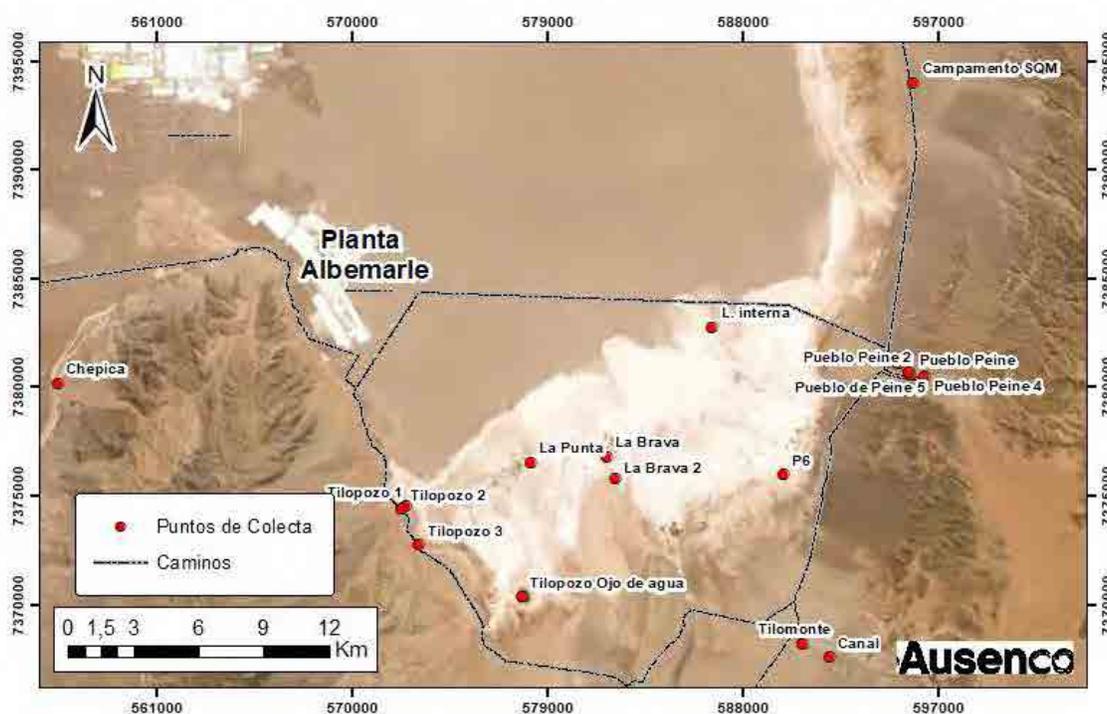


Figura 3-2: Puntos de Colecta de Semillas y Material Vegetativo

En los diferentes sectores prospectados fue posible identificar las siguientes formaciones:

Formaciones zonales

- Matorral de *Atriplex atacamensis*/ *Atriplex imbricata*.
- Matorral de *Aloysia deserticola*.
- Matorral de *Ephedra breana*.
- Matorral de *Tessaria absinthioides*.

Formaciones Azonales

- Vega de *Phragmites australis* y *Schoenoplectus californicus*.
- Vega de *Distichlis spicata*.
- Vega de *Juncus balticus*.
- Vega de *Schoenoplectus californicus*.
- Vega de *Triglochin concinna*.
- Matorral hídrico de *Lycium humile*.
- Matorral hídrico de *Sarcocornia fruticosa*.
- Matorral hídrico – Vega de *Sarcocornia fruticosa*.
- Matorral hídrico – Vega de *Tessaria absinthioides*, *Lycium humile* y *Distichlis spicata*.
- Vega de *Baccharis juncea* y *Schoenoplectus californicus*.

Tabla 3-2: Sitios de Muestreo Considerados

| Nombre de Terreno | SubSector | Este (UTM 19S, Datum WGS84) | Sur (UTM: WGS 84, 19) |
|--------------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------|
| 057 Tilopozo 1 | Tilopozo | 572478.16 | 7374531.89 |
| 058 Tilopozo 2 | Tilopozo | 572260.25 | 7374414.35 |
| 059 Tilopozo 3 | Tilopozo | 573040.40 | 7372762.06 |
| 060 La Punta | La Punta | 578233.03 | 7376545.73 |
| 063 L. interna | Peine | 586577.24 | 7382776.84 |
| 064 La Brava 2 | La Brava | 582102.27 | 7375811.32 |
| 061 Tilopozo Ojo de agua | Tilopozo | 577798.91 | 7370360.35 |
| Tilomonte | Tilopozo | 590732.95 | 7368218.08 |
| P6 | Peine | 589850.49 | 7376003.35 |
| 03 Pueblo Peine | Peine | 595695.99 | 7380575.76 |
| 01 Chépica | Tilopozo | 556444.07 | 7380184.73 |
| 02 Campamento SQM | Peine | 595843.08 | 7394027.68 |
| 05 La Brava | La Brava | 581732.73 | 7376802.67 |
| 06 Canal | Tilopozo | 591962.10 | 7367593.56 |

| Nombre de Terreno | SubSector | Este (UTM 19S, Datum WGS84) | Sur (UTM: WGS 84, 19) |
|----------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------|
| 07 Pueblo Peine 2 | Peine | 595618.81 | 7380728.18 |
| 09 Pueblo de Peine 5 | Peine | 595180.04 | 7381087.07 |

Fuente: elaboración propia

3.5.2 Material colectado

A partir de la evaluación de la disponibilidad de material en terreno (abundancia de especies en las diferentes poblaciones de las especies preseleccionadas Tabla 3-3), se procedió a identificar a aquellas especies que presentarían disponibilidad de semillas, abundancia de individuos en estado vegetativo y/o que formarían parte integral de los ecosistemas/formaciones evaluadas. Se identificó un total de 17 especies para ser colectadas (mayor detalle en el informe de prospección, Tabla 7-3). Con esta información se identificaron los sitios de colecta del material, el cual fue colectado en la etapa final de la campaña a terreno.

El material colectado en terreno corresponde al material de 17* especies y constituye material vegetativo y/o semillas (Tabla 3-3), considerando la posibilidad de evaluación de ambas vías de reproducción (vegetativa o por semillas) en etapas posteriores del proyecto. Las especies en las cuales sólo se colectó material vegetativo, corresponden a aquellas especies que se encontraban en buen estado (plantas vigorosas y recién comenzando la etapa de floración). Las especies en las cuales solo se colectó semillas corresponden a aquellas en donde la parte vegetativa de los individuos estaban comenzando la etapa de senescencia y que, por lo tanto, no presentaban posibilidades de colecta de material vegetativo.

El material colectado y las especies considerados se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 3-3: Material Colectado de las 17 especies encontradas y calificadas como aptas para continuar con las siguientes fases del presente estudio

| Material Vegetativo | Semillas |
|--------------------------------|--------------------------------|
| Baccharis juncea | Baccharis juncea |
| Nitrophila atacamensis | Nitrophila atacamensis |
| Eleocharis pseudoalbibracteata | Eleocharis pseudoalbibracteata |
| Schoenoplectus californicus | Schoenoplectus californicus |
| Schoenoplectus sp.* | Schoenoplectus sp.* |
| Triglochin concinna | Triglochin concinna |
| Distichlis spicata | Distichlis spicata |
| Poaceae sp** | Poaceae sp** |
| Juncus balticus | Juncus balticus |
| Lycium humile | No disponible |
| Sarcocornia andina. | No disponible |
| No disponible | Aloysia deserticola |
| No disponible | Atriplex conf. atacamensis |
| No disponible | Atriplex conf. imbricata |
| No disponible | Geoffroea decorticans |
| No disponible | Prosopis chilensis |
| No disponible | Tessaria absinthioides |
| No disponible | Cistanthe sp. |

Fuente: elaboración propia

En todos los casos del material vegetativo, se colectó menos del material necesario (50 muestras por especie), llegando a 10 a 20 muestras por especie. En esta primera fase, se implementaron técnicas iniciales de mantención y reproducción de matas grandes privilegiando la generación de hojas y estructuras vegetativas para su posterior reproducción clonal considerando muestras más pequeñas y así alcanzar el número de individuos o clones necesarios para las siguientes etapas.

En el caso de las semillas, si bien se siguió el protocolo establecido, algunos de los frutos colectados ya habían liberado las semillas, lo que para algunas especies implicó no alcanzar el número mínimo necesario para establecer los protocolos comprometidos. Por esta razón, el material colectado inicialmente ha sido complementado con colectas en las campañas de mayo y junio.

* Especie cuyo habito y distribución en los humedales es diferente a *Schoenoplectus californicus*, pero que aún no se encuentra en estado reproductivo para determinar su identidad. Por lo tanto, no se considera en el conteo de especies.

** Potencialmente corresponden a dos especies, se espera la etapa de floración para determinar su identidad

3.5.3 Recuperación del material

Si bien las muestras fueron despachadas por vía aérea hacia Concepción, la recepción del material en las dependencias de la Universidad demoró 6 días, lo cual tuvo un impacto negativo sobre las muestras.

Parte del material fotosintéticamente activo (tallos y hojas) fue dañado irreversiblemente, razón por la cual inicialmente, se mantuvo un protocolo de mantención de las muestras que maximizara la recuperación de las muestras en desmedro de la reproducción de éstas. En la Foto 3-4 se observa parte del daño en las muestras, el aspecto seco de las hojas es evidencia del daño en las muestras.



Foto 3-4: Recepción, recuperación y limpieza en Laboratorio Ecobiosis de la Universidad de Concepción

Una vez que las muestras fueron aclimatadas, se procedió a la limpieza y a el establecimiento de matas o clones que asegurasen la recuperación de los individuos.

Con este objetivo, se procedió al replante en turba con mezcla del sustrato de origen, sin privilegiar la reproducción de los especímenes, sino que privilegiando el establecimiento de matas vigorosas. A continuación, se entrega el respaldo fotográfico (Foto 3-5 a Foto 3-9) del material vegetativo en recuperación tras dos semanas de implementadas las medidas: el material fotosintéticamente activo (hojas verdes) corresponden al rebrote de las muestras, y por ende recuperación.



Foto 3-5: Especies en Invernadero



Foto 3-6: Poaceae (Izquierda Abajo) y Distichlis spicata



Foto 3-7: *Sarcocornia andina*, *Lycium humile* y *Nitropila atacamensis*



Foto 3-8: *Eleocharis pseudoalbibracteata*



Foto 3-9: Triglochin concinna, Schoenoplectus californicus y Juncus balticus

Con este procedimiento, a la fecha se han recuperado y/o logrado reproducir vegetativamente 3 especies con el número máximo de individuos considerados para las siguientes etapas del proyecto* (Foto 3-10 y Foto 3-11, Tabla 3-4) y 5 especies con el número mínimo necesario para poder validar estadísticamente los resultados obtenidos (Tabla 3-4).

Tabla 3-4: Número de Clones por Especie Reproducidas en Laboratorio

| Especie | Número De Individuos |
|---------------------------------|----------------------|
| Nitrophila atacamensis | 32 |
| Eleocharis pseudoalbibracteata* | 80* |
| Schoenoplectus californicus* | 80* |
| Schoenoplectus sp.** | 80* |
| Triglochin concinna | 44 |
| Distichlis spicata* | 80* |
| Sarcocornia sp. | 40 |
| Juncus balticus | 32 |
| Poaceae sp.1 | 8 |
| Poaceae sp.2 | 32 |

Fuente: Elaboración propia

* 80 es el número máximo de individuos considerados para los tratamientos experimentales que se implementaran en las etapas sucesivas del proyecto, sin embargo, el éxito de las técnicas implementadas permitió reproducir mayor cantidad de ejemplares de los necesarios.

** Debido a que la especie aun no presenta estructuras reproductivas que permitan su identificación no ha sido considerada en el conteo final de resultados



Foto 3-10: a: *Distichlis spicata*, b: *Eleocharis pseudoalbibracteata*, c: *Juncus balticus*, d: *Nitropila atacamensis*, e: *Poaceae sp.*



Foto 3-11: Arriba: *Triglochin concinna*, abajo: *Schoenoplectus californicus*

3.5.4 Limpieza de semillas

Actualmente, el equipo de trabajo se encuentra realizando el proceso de limpieza de semillas y montaje de los experimentos. A la fecha, se ha podido montar satisfactoriamente el material necesario para realizar los ensayos de germinación para las especies: *Baccharis juncea*, *Nitrophila atacamensis*, *Triglochin concinna*, *Prosopis chilensis*, *Tessaria absinthioides*, *Cistanthe sp.* *Juncus balticus*.

Tras la limpieza de semillas se pudo establecer que el material colectado para las especies *Eleocharis pseudoalbibracteata*, *Schoenoplectus californicus* y *Distichlis spicata* no cumplen con el N (número) mínimo necesario para poder establecer los protocolos de germinación.

Las colectas realizadas en las campañas de mayo y junio potencialmente podrían permitir la inclusión de otras especies seleccionadas, como *Aloysia deserticola*, *Atriplex conf. atacamensis*, *Atriplex conf. imbricata* y *Geoffroea decorticans*.

3.6 Discusión

A partir de los resultados entregados en el presente informe, se puede establecer que se ha realizado exitosas campañas de terreno, cumpliendo con el objetivo de colecta, pudiendo visitar e identificar diferentes puntos de colecta con poblaciones que potencialmente servirán como fuente de material vegetativo y semillas, para el desarrollo de las actividades futuras comprometidas en el presente proyecto.

Se ha logrado identificar a aquellas especies que se encuentran en mayor abundancia en los diferentes puntos del área de estudio (Ver Tabla 2-3 del Informe 104585-01-0000-GEN-INF-002.doc) y que concuerdan con los diferentes criterios empleados para la priorización de especies con las cuales trabajar en las actividades futuras comprometidas.

De igual forma, se pudo colectar el material necesario para desarrollar los protocolos comprometidos en el presente proyecto. Es necesario destacar en cuanto al material vegetativo, que se dispone del material suficiente para al menos 8 especies, y en cuanto al material de semillas se dispone del material suficiente para al menos 9 especies. Cabe aclarar que, si bien este número de especies indicado es menor a lo colectado, ya sea como estructura vegetativa o semillas, corresponde a los resultados obtenidos tras la aplicación de métodos para la mantención de las estructuras colectadas (recuperación de material vegetativo tras la extracción y envío a la ciudad de Concepción, y la etapa de limpieza de semillas).

La oportuna implementación de medidas que mitigaran los efectos del contexto en el que se está desarrollando el proyecto, la realización de las actividades paliativas, desfase en las etapas, entre otras, han permitido el desarrollo continuo de las actividades comprometidas en el proyecto. Si bien, se incorporaron actividades como la mantención y no inmediata reproducción de ejemplares, la colecta en desfase de semillas, capacitación del personal de la localidad Peine, han determinado la maximización del material colectado salvaguardando el cumplimiento de los objetivos y productos esperados del proyecto.

A partir de la experiencia de colecta de material vegetativo desarrollado en esta etapa se pudo verificar la buena respuesta de las plantas elegidas para la reproducción vegetativa, en este contexto mediante la mantención de estructuras de mayor tamaño en una etapa inicial se logró la recuperación de gran parte del material colectado, lo que permitió en las siguientes fases la reproducción de clones de menor tamaño.

4 Capítulo: Diseño Experimental

4.1 Resumen

El presente documento describe el diseño experimental a implementar en las dependencias de la Universidad de Concepción con el objeto de evaluar y proponer técnicas de propagación, germinación y trasplante de las especies en estudio, así como evaluar la relación de las especies vegetales del Salar de Atacama con las variables hídrica y de salinidad.

El Informe aborda los protocolos de reproducción de las especies de acuerdo con los tipos de reproducción, variables a considerar en cada caso, tipos de ensayos y evaluación de la respuesta de las especies a variables hídricas y de salinidad. Finalmente se muestra el protocolo de evaluación de las condiciones estresantes para cada especie.

4.2 Objetivos

Los objetivos generales del proyecto son: recopilar, revisar y sistematizar los antecedentes relevantes para la selección y priorización de especies que crecen en el Salar de Atacama que tengan potencial de ser reproducidas en el proyecto: “Historia de Vida de Especies Vegetales azonales y zonales del Salar de Atacama”, e identificar en terreno la disponibilidad de estas especies.

En este informe, se da cuenta de actividades asociadas al cumplimiento de objetivos **Estudio del ciclo fenológico: propagación, germinación, trasplante y restablecimiento**. A su vez, los resultados de las actividades descritas en este informe sentarán las bases para el cumplimiento de la Tarea 6: Instalación, implementación y operación de un vivero.

4.2.1 Objetivos específicos

- Diseño de actividades y experimentos tendientes establecer protocolos de técnicas de propagación, germinación y trasplante de las especies del Salar de Atacama.
- Diseño de actividades que permitan evaluar la relación de las especies vegetales del Salar de Atacama con las variables hídrica y salinidad.

4.3 Establecimiento de protocolos de reproducción de las especies

De acuerdo con la clasificación de Luebert & Plischoff (2006), la vegetación zonal del área de estudio corresponde principalmente a matorrales bajos desérticos con la dominancia de diversas especies arbustivas. Concordantemente, la caracterización de la vegetación desarrollada por Albemarle en el Plan de Monitoreo Biótico PMB (Albemarle 2019), establece la dominancia de especies arbustivas en la condición zonal, mientras que en la condición azonal dominan de especies herbáceas. Finalmente, de acuerdo a Squeo et al. (2006), las vegas andinas del norte de Chile pueden ser clasificadas en dos tipos funcionales: Vegas dominadas por gramíneas (Poaceae) y vegas dominadas por cojines de juncáceas. En ambas familias se ha descrito con frecuencia la reproducción vegetativa como alternativa de desarrollo en condiciones naturales.

En general, la forma de crecimiento de las especies vegetales de estos ambientes es principalmente horizontal, expandiéndose vegetativamente por sobre el suelo o sustrato y adaptándose al microrelieve que las soporta. Aunque tienen la capacidad de reproducción sexual, su principal forma de propagación es través de lo que se conoce como crecimiento clonal (Körner

2003), donde, producto de la propagación lateral del cuerpo vegetativo, se van formando champas o céspedes rígidos y compactos (Foto 4-1).



Foto 4-1: Crecimiento clonal, adaptado de Körner (2003)

4.3.1 Reproducción

En Chile, casi no existen trabajos publicados referidos a protocolos de propagación ya sea sexual o vegetativa de especies de alta-montaña en general y de especies de vegas y bofedales¹⁷ altoandinos en particular. El conocimiento de estos ambientes, o de las especies que en ellos habitan se centra en la recuperación y propagación con base en el conocimiento ancestral de las culturas andinas que dependían en gran medida de vegas y bofedales sanos y vigorosos para sustentar su agricultura y ganadería (Gonnet et al. 2016).

La mayoría de las técnicas tradicionales de manejo de vegas se basan en la manipulación de champas, es decir, unidades pequeñas y manejables de la vegetación de la vega o bofedal que pueden ser trasplantadas en otros sectores para su rebrote. El manejo tradicional consiste en distribuir el agua, manejando el microrelieve a través de la canalización de agua, formación de diques, o redistribución de champas desde sitios degradados donde la supervivencia de las plantas se ha visto comprometida (Gonnet et al. 2016). Este tipo de experiencias cuantifica su éxito (formal o informalmente) en términos de la mantención o aumento de la cobertura vegetal, sin establecer, por lo general, una idea clara de la dinámica de las especies al interior del sistema.

Algunos ejemplos descritos en literatura en relación con la propagación o recuperación de sistemas de humedales o vegetación asociada se describen a continuación:

¹⁷ Vegas y bofedales (vegetación azonal), constituyen una forma de humedal caracterizada principalmente por tener humedad permanente (MMA 2018), con fluctuaciones significativas de los niveles freáticos producto de escurrimientos superficiales eventuales y/o escorrentía directa (Squeo et al. 1994) que se relaciona con el aporte de oxígeno y lavado de sales necesario para que la vegetación se desarrolle (Castro-Lucic et al. 2004).

- Squeo et al. (2006), en un intento formal de restauración ecológica en la parte alta de Vega Tambo (Cordillera de Doña Ana), trasplantaron ejemplares (champas) de 3 especies de gramíneas dominantes del sistema azonal (*Deyeuxia velutina*, *Deschampsia caespitosa* y *Hordeum comosum*). El trasplante de “individuos” lo realizaron de forma directa (extracción de ejemplares y trasplante inmediato en las zonas aledañas de la misma vega), y de forma indirecta (división de matas en laboratorio y replante en la temporada siguiente). Si bien los autores destacan el éxito de la experiencia términos del incremento de la cobertura vegetal promedio, la cual aumentó desde 1,7% en diciembre de 1998 hasta 37,7% en marzo del 2003, no establecen las dinámicas particulares (sobrevivencia, tasas de crecimiento, etc.) de las especies bajo experimentación.
- Mersey et al. (2015) realizó experimentos de germinación de semillas y de propagación vegetativa en plantas alto-andinas de la zona de Pampa Puno a 4200 m de altitud en la Región de Antofagasta. Dentro de plantas de vegas evaluadas en este estudio estuvieron *Deyeuxia eminens* (Poaceae) y *Oxychloe andina* (Juncaceae) y varias especies de la condición zonal. Los autores reportan el éxito comparativo de las experiencias realizadas en términos de la reproducción sexual y asexual estableciendo que: Para el caso de *Deyeuxia eminens*, la propagación vegetativa por separación de matas (champas) en la época estival, fue más rápida y eficiente que la propagación por semillas. En el caso de la reproducción vegetativa por separación de champas se alcanzó hasta un 99% de prendimiento sin ningún tipo de tratamiento y se logró obtener plantas aptas para la plantación en terreno en 6 meses (Mersey et al. 2015). En el caso de *Oxychloe andina*, la germinación de semillas tuvo un éxito relativo: cuando ellas se sembraron apenas recolectadas, previa imbibición por 24 horas se obtuvo entre un 4 y 11 % de germinación (Mersey et al. 2015). En contraste, la separación de champas fue altamente exitosa ya que con ningún tipo de tratamiento se obtuvo hasta un 98 % de prendimiento (Mersey et al. 2015).

La necesidad de obtener conocimiento de las características específicas de reproducción y condiciones ambientales necesarias para el crecimiento y desarrollo de estas especies es esencial para que puedan ser replicadas (Forneris 2018). Desafortunadamente, no se encontró más información disponible sobre germinación de semillas para especies de vegas. La información disponible respecto de las especies de plantas altoandinas, de la condición zonal y en particular de la condición azonal, refiere principalmente a taxonomía, comunidades y uso etnobotánico, con ejemplos muy escasos y rara vez publicados, de estudios referidos a protocolos de propagación y cultivo y solo algunas pruebas de las condiciones de germinación de semillas de especies zonales.

4.3.2 Tipos de reproducción

De acuerdo con Fernández et al. (2017), existen básicamente dos alternativas de propagación en plantas: sexualmente a través de semillas o asexualmente mediante tejidos vegetales. La propagación por semillas es el método principal mediante el cual las plantas se reproducen en la naturaleza y uno de los métodos de propagación más eficientes y ampliamente utilizados para cultivos (Hartmann et al. 2011). Sin embargo, la germinación de semillas está regulada tanto por factores internos de la semilla (viabilidad y longevidad), como por factores externos (humedad, oxígeno, temperatura y luz, entre otros), los cuales deben conjugarse para proporcionar las condiciones adecuadas que permitan que el proceso de germinación se lleve a cabo (Fernández et al. 2017). Estos factores son especie dependiente, y pueden determinar el éxito o fracaso de la reproducción de una especie.

Por su parte, la reproducción asexual o vegetativa permite generar nuevos individuos que, normalmente son genéticamente idénticos al progenitor, aunque ocasionalmente se pueden dar mutaciones menores (Hartmann 1997). La propagación vegetativa explota la capacidad natural de los tejidos de las plantas, los cuales conservan la potencialidad de multiplicación y diferenciación celular para generar nuevos individuos con partes vegetativas de la planta (Fernández et al. 2017). En este tipo de propagación, a través de la separación de partes vegetativas o rametes, se obtienen nuevos individuos (clones), fisiológicamente independientes de la planta madre.

4.3.3 Variables a considerar

Previo a cualquier estudio de germinación o propagación es necesario caracterizar el lugar de donde se obtendrán las semillas o material vegetativo para establecer el umbral de variables a considerar en la etapa experimental. Por ejemplo, este tipo de información puede ser utilizada para la estimación de la temperatura a la cual se pondrán a germinar las semillas o se realizarán los ensayos de propagación vegetativa, o bien para ensayar valores de la variable fuera del rango natural para evaluar la respuesta de las especies sometidas a estrés.

Si bien, de acuerdo con las actividades programadas se contemplaba al inicio del proyecto la instalación de sondas para caracterizar los valores de temperatura, humedad, de aire y suelo, donde se desempeñan las especies, esto no fue posible debido a las alteraciones de calendario y reprogramación de actividades en el contexto de las medidas COVID. No obstante, se utilizó información bibliográfica para establecer las condiciones iniciales de las actividades, y se modificaron parte de las actividades programadas a fin de establecer los umbrales de respuesta de las especies.

Considerando lo anteriormente explicado, en una primera etapa las especies fueron mantenidas dentro de los rangos medios de temperatura (Temperatura promedio de 15° día /10° noche) según literatura (Ver apartado 4.2 Variables Abióticas, Informe de Revisión Bibliográfica), y condiciones hídricas *Ad libitum*. Adicionalmente, al momento de la colecta del material se registró cualitativamente las condiciones de ladera (pendiente, retención de agua) y se realizó una caracterización visual de los diferentes sustratos donde crecen las especies, para realizar los ensayos de propagación. Esta caracterización estuvo orientada a determinar la textura del sustrato (tierra, piedras, materia orgánica muerta, saturación de agua).

La determinación de las condiciones de hábitat donde crecen las especies para establecer protocolos que maximicen el éxito de la reproducción, es una tarea pendiente para la próxima estación de crecimiento, y en función de los resultados obtenidos, la información será utilizada para implementar mejora en los protocolos en la fase de reproducción de las plantas en el vivero del salar.

La caracterización del hábitat y patrones naturales de asociación de cada especie se realizará a partir de la determinación de las condiciones bióticas y abióticas en donde crecen las especies seleccionadas para estos ensayos. Para esto se realizará un muestreo mediante el uso de parcelas distribuidas al azar, en distintas condiciones de hábitats (e.g. borde de salar, vega, curso de agua, o ladera). Se pondrá especial énfasis al muestreo de individuos jóvenes o nuevos reclutas (evidencia de reproducción sexual de las especies). El tamaño y distribución de las parcelas se definirá en función del ordenamiento espacial de las especies, considerando que al interior de la parcela en promedio existan al menos 15 individuos de la especie foco a evaluar.

En cada parcela se evaluará el número de veces que la especie se encuentra creciendo sola, y acompañada. En este último caso se identificará la identidad del acompañante. Para los individuos de la especie foco se determinarán rasgos que permitan identificar el estado o desempeño de la planta (e.g. tamaño promedio de rosetas o vigor de los individuos).

Cada sitio será caracterizado en relación con macroindicadores de calidad de suelo. Las condiciones abióticas que se considerarán en cada sitio corresponden a:

- **Temperatura de sustrato:** corresponde a la temperatura del sustrato (e.g. suelo, turba) que entra en contacto con los primeros 10 cm de raíces.
- **Disponibilidad hídrica:** Medida como el contenido volumétrico de agua del sustrato que entra en contacto con los primeros 10 cm de raíces.
- **Conductividad eléctrica:** Medición realizada para estimar la salinidad del sustrato que entra en contacto con las raíces.

Todos estos parámetros se evaluarán mediante sondas GS3 asociadas a un registrador de datos DECAGON. La medición de estos parámetros se mantendrá durante la duración del proyecto con el fin de establecer variaciones interanuales en los parámetros medidos.

Con estos antecedentes se determinará el desempeño que presenta la especie en cada hábitat y según su acompañante y los umbrales naturales de humedad, temperatura y salinidad a la cual están expuestas de forma natural las especies.

4.3.4 Ensayos de reproducción

A continuación, se establecen las condiciones y diseño experimental para establecer los protocolos de reproducción asexual y sexual de las especies del Salar de Atacama.

4.3.4.1 Ensayo reproducción asexual

Los principales métodos de propagación vegetativa son la división, la obtención de estacas o esquejes, el acodo y el injerto. La reproducción asexual, consiste en la propagación empleando partes de la planta original y esto es posible debido a que cada célula de la planta contiene la información genética necesaria para generar una planta nueva, esta característica se conoce como totipotencialidad celular (Fernández et al. 2017). La producción de nuevos individuos se realiza a partir de un fragmento de la especie a propagar, las que pueden ser porciones de hojas y/o tallos (Hartman 1997, Hartman et al. 2011).

4.3.4.2 Colecta y mantención del material vegetativo

Para establecer preliminarmente la mejor fecha de colecta de las especies se revisó las frecuencias mensuales en que se llevaron a cabo los registros depositados en el Herbario de la Universidad de Concepción. El examen de ejemplares herborizados nos permitió establecer el estado fenológico de las especies (estado vegetativo, reproductivo).

En terreno, se procedió a identificar a aquellas especies que presentarían disponibilidad de semillas, abundancia de individuos en estado vegetativo y/o que formarían parte integral de los ecosistemas/formaciones evaluadas. Se identificó un total de 17 especies para ser colectadas y que contaban con material suficiente para realizar réplicas en el experimento (esas especies se seleccionaron desde la Tabla 7-3 del informe de prospección). Con esta información se

identificaron los sitios de colecta del material, el cual fue colectado en la etapa final de la campaña a terreno.

La colecta de material vegetativo se realizó de acuerdo con la estructura y morfología de cada especie, cuidando de no dañar el material colectado. Para esto, fue necesario al momento de colecta establecer largo de raíces, y conexión entre plantas. En cada población seleccionada, se escogieron en forma aleatoria individuos vigorosos. El número total de individuos muestreado al interior de cada población dependió de la abundancia de la especie, asegurando no dañar la población. Las especies en las cuales sólo se colectó material vegetativo, corresponden a aquellas especies que se encontraban en buen estado (plantas vigorosas, en estado vegetativo o recién comenzando la etapa de floración).

Aunque no fue posible muestrear diferentes poblaciones para cada especie, para las etapas posteriores del proyecto, se recomienda que, al momento de aplicar los protocolos de reproducción en el vivero, se establezca un monitoreo considerando el muestreo de individuos de diferentes poblaciones y su respuesta a los protocolos establecidos, para evaluar potencial diferenciación entre poblaciones.

En todas las especies el material vegetativo colectado fue menor al material necesario (50 muestras por especie), llegando a 10 a 20 muestras por especie. En la etapa inicial del proyecto se calendarizaron nuevas campañas de colecta de material, sin embargo, estas no pudieron llevarse a cabo debido a la contingencia nacional. Por lo tanto, en esta primera fase, se implementaron técnicas iniciales de mantención y reproducción de matas grandes privilegiando la generación de hojas y estructuras vegetativas para su posterior reproducción clonal con el fin de maximizar el material colectado.

El número de individuos colectados para la propagación determinará la representatividad de la variabilidad genética de la población (variabilidad genética expresada). Por tanto, en caso de establecer estos protocolos con la finalidad de restaurar o rescatar la población dañada de una especie, se recomienda maximizar los esfuerzos de colecta con el fin de obtener una buena representación de la variación genética de la población.

La mayor parte de las especies colectadas presentaron macollas, que corresponde al material vegetativo colectado para el desarrollo de los ensayos de propagación. Debido a que en las especies de mayor talla es difícil discriminar el tamaño de los individuos, el muestreo del material vegetativo se realizó considerando una distancia mínima de 5 metros entre individuos colectados, para asegurar la colecta de individuos diferentes.

Las muestras fueron individualizadas en bolsas plásticas (Foto 4-2) manteniendo parte del sustrato en el que se encontraban. Estas muestras fueron mantenidas en condición de semi-sombra, y completamente hidratadas para evitar daño por desecación. Finalmente, el último día de terreno se procedió a su embalaje.



Foto 4-2: Individualización de material vegetativo al momento de la colecta

4.3.4.3 Recuperación del material

Si bien las muestras fueron despachadas por vía aérea desde Calama hacia Concepción, la recepción del material en las dependencias de la Universidad demoró 6 días, lo cual tuvo un impacto negativo sobre las muestras. Parte del material fotosintéticamente activo (tallos y hojas) fue dañado irrecuperablemente, razón por la cual inicialmente, se mantuvo un protocolo de mantención de las muestras que maximizara la recuperación de las especies en desmedro de la aplicación de los protocolos reproducción de forma inmediata. En la Foto 4-3 se observa parte del daño en las muestras, el aspecto seco de las hojas es evidencia el daño en las muestras.

Una vez que el material vegetativo se encontraba en las dependencias de la Universidad de Concepción, fueron dispuestas en cámaras de crecimiento a 25°C, 14 Horas día/ y 10°C, 10 Horas noche, para estabilizar, aclimatar y recuperar el daño ocasionado por el traslado de muestras. En esta condición permanecieron una semana, para posteriormente ser divididas y dispuestas en sustrato (mezcla de turba y sustrato de origen).

Una vez que las muestras del material vegetativo fueron aclimatadas, se procedió con el replante y división de material. Para esto, las muestras fueron limpiadas y dispuestas en una mezcla de turba y sustrato del salar. Previo a este procedimiento la turba se dispuso al sol por 15 días (para agotar las posibles semillas que pudiesen venir como contaminantes). Posteriormente, la turba fue hidratada a nivel de sobresaturación hídrica por 72 horas y dispuestas bolsas para trasplante.

Las muestras ya multiplicadas se mantuvieron en cámaras de crecimiento por 15 días, para posteriormente ser llevadas al invernadero.

4.3.4.3.1 Condiciones de mantención de las muestras

- **Temperatura:** Temperatura promedio de 15° día /10° noche.
- **Condición hídrica:** *Ad libitum*, en el caso de especies que se encontraban en sobresaturación se mantuvo anegado el sustrato.

- **Sustrato:** Sustrato proveniente de los sitios de colecta de las muestras.
- **Condiciones lumínicas:** Sistema de luces led de alta intensidad ($< 1500 \text{ umol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), 12 horas.



Foto 4-3: Recepción, recuperación y limpieza en Laboratorio Ecobiosis de la Universidad de Concepción

Una vez que las muestras fueron aclimatadas, se procedió a la limpieza y a el establecimiento de matas o clones que asegurasen la recuperación de los individuos. Con este objetivo, se procedió al replante en turba con mezcla del sustrato de origen, sin privilegiar la reproducción de los especímenes, sino que privilegiando el establecimiento de matas vigorosas. A continuación, se entrega el respaldo fotográfico (Foto 4-4 a la Foto 4-8) del material vegetativo en recuperación tras dos semanas de implementadas las medidas: el material fotosintéticamente activo (hojas verdes) corresponden al rebrote de las muestras, y por ende recuperación.

4.3.4.3.2 Condiciones de mantención de las muestras

- **Temperatura:** Temperatura promedio de 15° día / 10° noche.
- Condición hídrica: Ad libitum.
- **Sustrato:** Mezcla de turba (sustrato comercial) y sustrato proveniente de los sitios de colecta de las muestras en una proporción 5:1.
- **Condiciones lumínicas:** sistema de luces led de alta intensidad ($< 1500 \text{ umol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), 12 horas.



Foto 4-4: Especies en Invernadero



Foto 4-5: Poaceae (Izquierda Abajo) y *Distichlis spicata*



Foto 4-6: *Sarcocornia andina*, *Lycium humile* y *Nitropila atacamensis*



Foto 4-7: *Eleocharis pseudoalbibracteata*



Foto 4-8: Triglochin concinna, Schoenoplectus californicus y Juncus balticus

A continuación, se muestra el estado de recuperación del material tras dos meses y medio de la colecta (Foto 4-9 y Foto 4-10).



Foto 4-9: Izquierda: *Triglochin concinna*, Derecha: *Schoenoplectus californicus*



Foto 4-10: a: *Distichlis spicata*, b: *Eleocharis pseudoalbibracteata*, c: *Juncus balticus*, d: *Nitropila atacamensis*, e: *Poaceae* sp. y e. *Sarcocornia andina*

4.3.4.4 División del material vegetativo, obtención de Rametes

Las plantas se consideran organismos modulares, cada módulo de una planta corresponde a un brote con crecimiento determinado integrado por un entrenudo, un nudo, una hoja y una yema axilar que dará origen a ramas u hojas en la etapa vegetativa y a flores y frutos en la etapa reproductiva (Begon et al. 1999, Fernández et al. 2017). Cada módulo constituye un ramete que al volverse autónomos dan lugar a nuevos individuos que constituyen clones con identidad genética (Collazo 2013).

La mayor parte de las especies colectadas presentaron macollas. Las macollas corresponden a los brotes secundarios que se generan a partir de las yemas axilares de la planta (Foto 4-11). Desde el eje principal de la planta, pueden originarse y desarrollarse varias macollas. Generalmente, después del desarrollo de las primeras hojas generan su propio sistema de raíces adventicias. Por tanto, a medida que se desarrollan comienzan a independizarse progresivamente de ésta, hasta llegar a comportarse como una planta individual.



Foto 4-11: Macollas en desarrollo

Las especies en las que fue posible realizar separación de macollas o división de macollas producidas por rizomas o esquejes corresponden a: *Distichlis spicata*, *Eleocharis pseudoalbibracteata*, *Juncus balticus*, *Poaceae* sp., *Schoenoplectus californicus*, y *Triglochin concinna* (Foto 4-12).



Foto 4-12: a: *Distichlis spicata*, b: *Eleocharis pseudoalbibracteata*, c: *Juncus balticus*, d: *Nitropila atacamensis*, e: *Poaceae* sp. y e. *Sarcocornia andina*

La especie *Nitrophila atacamensis*, corresponde a una planta herbácea- suculenta de tallos erguidos, suculentos (Poblete 1989). Debido a la escasez de material y la anatomía de la planta se procedió a dividir módulos (esquejes) de la planta sin la presencia de raíces. Tratamiento similar se le dio a la especie arbustiva *Sarcocornia andina* (Foto 4-13).



Foto 4-13: Esquejes de Sarcocornia andina

La cantidad de material (clones), obtenido para este ensayo se describe en la Tabla 4-1.

Tabla 4-1: Clones por especie

| Especie | Numero de Rametes o Clones |
|--------------------------------|----------------------------|
| Distichlis spicata | 80 |
| Eleocharis pseudoalbibracteata | 80 |
| Juncus balticus | 80 |
| Nitrophila atacamensis | 16 |
| Poaceae sp. | 32 |
| Sarcocornia andina | 40 |
| Schoenoplectus californicus | 80 |
| Triglochin concinna | 40 |

Posterior a la división de rametes se procedió al trasplante de los especímenes. De acuerdo con el objetivo planteado, se evaluará las tasas de crecimiento de los individuos reproducidos en diferentes condiciones de crecimiento. La evaluación del crecimiento se encuentra en desarrollo.

4.3.4.5 Condiciones para establecer las tasas de crecimiento de los individuos

Tipos de sustrato: La diferencia en el estado nutricional de los tratamientos solo contempla la utilización de los diferentes sustratos y no la incorporación o enriquecimiento de nutrientes. En la presente propuesta se busca el método que maximice la producción de individuos para ser llevados a condiciones naturales (generalmente asociadas a suelos pobres o con escaso contenido de materia orgánica o condiciones de salinidad elevada). El cambio en las condiciones de propagación y posterior trasplante a condiciones naturales podría determinar potencial mortandad de individuos generados por el cambio en las condiciones y no debidos al método de propagación, enmascarando los resultados esperados. Los sustratos a ensayar corresponden a la mezcla de sustrato en el cual se mantienen actualmente los individuos (turba + sustrato natural, en una proporción de 5:1, Foto 4-14), condición que de acuerdo a los resultados obtenidos hasta el momento ha resultado exitosa. El segundo tipo de sustrato corresponde a turba cuya materia prima corresponde a Turba parda de *Sphagnum*.

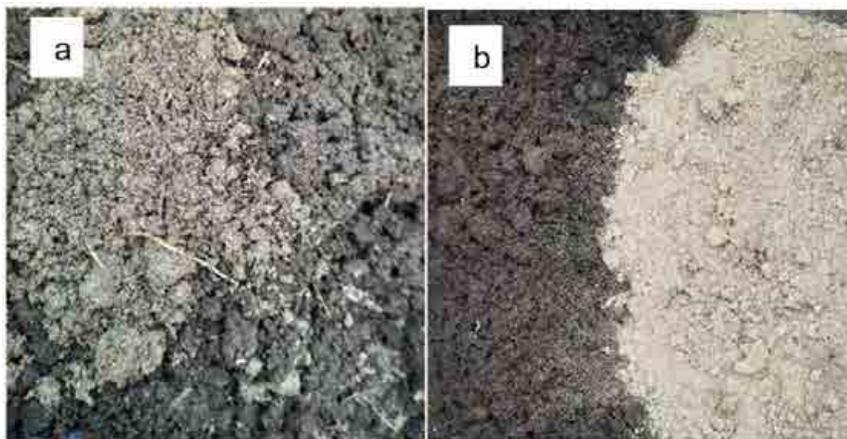


Foto 4-14: Mezcla de sustrato y turba. a: sustrato proveniente de zonas inundadas, b: sustrato de zonas con costra de sal

Hormonas: Se evaluará el efecto del uso de hormonas para el enraizamiento, con el objetivo de evaluar métodos que maximicen la producción de matas en vivero. Con este objetivo se utilizará el ácido indolbutírico, una de las auxinas más usada para estimular la formación de raíces adventicias (Mesén et al. 1997, Hartmann y Kester 1998).

Para ambos tratamientos (Hormonas y sustrato), se evaluará el crecimiento de igual número de rametes (macollas, estolones o esquejes, dependiendo de la especie) por especie, dependiendo de la disponibilidad de material según lo establecido en la Tabla 4-2 y considerando un n ideal por ensayo de 20 individuos.

Tabla 4-2: Tratamientos Propuestos para Evaluar las Tasas de Crecimiento de las Diferentes Especies

| | Turba + sustrato de origen | Turba |
|--------------|--|--|
| Con hormonas | Número de rametes dependiente de la disponibilidad por especie (20 máximo) | Número de rametes dependiente de la disponibilidad por especie (20 máximo) |
| Sin hormonas | Número de rametes dependiente de la disponibilidad por especie (20 máximo) | Número de rametes dependiente de la disponibilidad por especie (20 máximo) |

Para el ensayo, cada ramete será pesado (peso inicial de la muestra) y será colocado en potes individuales rellenos con los diferentes sustratos a ensayar y/o con el tratamiento de hormonas según corresponda. Luego los individuos trasplantados serán trasladados a una cámara de crecimiento en las siguientes condiciones por 15 días (aclimatación):

- **Temperatura:** Temperatura promedio de 20° día /10° noche.
- Condición hídrica: *Ad libitum*.
- **Condiciones lumínicas:** sistema de luces led de alta intensidad (< 1500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), 12 horas.

Tras este periodo, las muestras se dispondrán en el invernadero de las dependencias de la Universidad de Concepción.

Cada ramete será considerado como una unidad experimental. Cada unidad será controlada semanalmente a fin de establecer el éxito de la propagación (desarrollo de brotes nuevos). Una vez determinado los ejemplares que lograron enraizar (1 mes aproximadamente de control), se procederá a establecer las tasas de crecimiento durante 3 meses.

Las tasas de crecimiento serán comparadas con la tasa de crecimiento de los ejemplares obtenidos por vía sexual (semillas según disponibilidad de ejemplares), evaluadas en iguales condiciones de invernadero y por el mismo periodo de tiempo.

Al finalizar el ensayo, 25 individuos escogidos al azar serán seleccionados de cada tratamiento con el fin de determinar la biomasa aérea y radicular final (peso seco) obtenida en cada tratamiento. Con este objetivo raíces y el material vegetativo (hojas y tallos) serán secados en una estufa de tiro forzado A 70° C. El secado de las muestras depende del tamaño de las mismas, sin embargo, se estima que al menos 15 días deben permanecer en la estufa o hasta que el peso de la muestra se estabilice.

Para estandarizar condiciones al peso final de los individuos se le restará el peso inicial con el que llegaron. Finalmente, las diferentes evaluaciones buscan determinar el método de propagación que maximice la producción de individuos con un rápido establecimiento, con un buen estado fitosanitario para disminuir la mortalidad de individuos en las diferentes etapas del proceso.

4.3.5 Ensayo de reproducción sexual

Para que una semilla cumpla con su objetivo es necesario que el embrión germine. La germinación comienza con la absorción de agua por la semilla a través de imbibición y termina

cuando la radícula emerge a través de todas las capas que la cubren (Bewley 1997, Koornneef et al. 2002, Kucera et al. 2005).

El proceso de germinación está influenciado tanto por factores internos como externos. Dentro de los factores internos más importantes están la viabilidad del embrión, la cantidad y calidad del tejido de reserva y los diferentes tipos de dormancia (Baskin & Baskin 2015).

La viabilidad se refiere a la capacidad de la semilla para germinar y generar plántulas normales; mientras que desde la perspectiva fisiológica se refiere a si la semilla contiene o no cualquier tejido con actividad metabólica, y si posee reservas energéticas y enzimas para el funcionamiento de las células de la planta.

La dormancia o latencia de la semilla se define como la incapacidad de una semilla viable para germinar bajo ciertas condiciones ambientales que posteriormente permiten la germinación de las semillas cuando el estado restrictivo ha terminado, ya sea por medios naturales o artificiales (Bradbeer 1988).

Algunos de los factores externos que regulan el proceso son el grosor de la testa, disponibilidad de agua, temperatura y tipos de luz (Baskin & Baskin 2015). Es importante destacar, que diversos estudios han demostrado que la distribución de muchas especies de plantas vasculares se encuentra determinada por la necesidad de temperaturas específicas para su germinación (Bewley & Blank 1994, Baskin & Baskin 1998). Por lo tanto, si se conocen las temperaturas en el hábitat, o en el área general, los estudios de fenología de germinación se pueden hacer en incubadoras o cámaras de crecimiento sometiendo las semillas a una secuencia de los regímenes mensuales de temperatura que simulan las de la naturaleza (Baskin & Baskin 2015).

En el siguiente apartado se describen las condiciones de colecta y las condiciones a ensayar en las dependencias de la Universidad de Concepción.

4.3.5.1 Colecta y mantención de semillas

El proceso de colección de semillas siguió los lineamientos sugeridos por la International Seed Testing Association (ISTA) (2017). La colecta de semillas se realizó en distintas poblaciones que contaran con el mayor número posible de individuos de la especie foco. Esto es necesario para obtener la mayor variabilidad genética posible de la especie foco y así obtener resultados concluyentes del experimento de germinación.

En cada población se identificó un número mínimo de 100 individuos adultos de la especie foco y se evaluó si estos presentaban o no semillas. De acuerdo con las sugerencias de la ISTA (2017), en cada población, se escogieron en forma aleatoria individuos en estado de fructificación. Una vez concluida la colecta de semillas en el primer punto, se escogió aleatoriamente un segundo punto dentro de la población, y se repitió el procedimiento de colecta de semillas. El número total de puntos de colecta al interior de cada población dependió del número de individuos que finalmente estaban en semillación, pero éste no fue inferior a 25 individuos, lo que en consecuencia implicó coleccionar frutos de al menos 50 individuos por sitio de muestreo.

La colecta y almacenaje de semillas se realizó en las condiciones que aseguren su mantenimiento hasta el momento de los ensayos. Las semillas colectadas por sitio fueron puestas en bolsas de papel y transportadas en cajas de cartón, para permitir que el resto de los frutos termine el proceso de secado.

Una vez que las semillas se encontraron en las dependencias de la Universidad de Concepción, se procedió a el cambio de bolsas de papel dos veces por semana y fueron puestas en cajas de cartón en un lugar fresco y seco. Al interior de cada caja se dispuso un fondo cubierto con silica gel con indicador naranja-verde. El cambio de bolsas se mantuvo hasta que el indicador de humedad se estabilizó (con un índice de humedad menor al 10 %). Posterior a los dos meses (dependiendo de la especie), el cambio se realiza una vez al mes, solo de ser necesario.

4.3.5.2 Limpieza de semillas

Previo a iniciar el experimento de germinación es necesario limpiar las semillas, con el fin de evitar la contaminación de las muestras una vez iniciados los experimentos (Foto 4-15). El resto de las estructuras reproductivas puede favorecer la colonización de hongos y por ende propiciar la contaminación del ensayo, por tales motivos las semillas fueron limpiadas hasta dejar sólo las testas. A su vez, esta práctica permite evaluar el potencial daño de las semillas por insectos parásitos.



Foto 4-15: Semillas de *Juncus balticus* em processo de limpeza

Actualmente, el equipo de trabajo se encuentra finalizando el proceso de limpieza de semillas y montaje de los experimentos. A la fecha, se ha podido montar satisfactoriamente el material necesario para realizar los ensayos de germinación para las especies: *Baccharis juncea*, *Nitrophila atacamensis*, *Triglochin concinna*, *Prosopis chilensis*, *Tessaria absinthioides*, *Cistanthe* sp. y *Juncus balticus*.

Tras la limpieza de semillas se pudo establecer que el material colectado para las especies *Eleocharis pseudoalbibracteata*, *Schoenoplectus californicus* y *Distichlis spicata* no cumplen con el N (número) mínimo necesario para poder establecer los protocolos de germinación. Las colectas realizadas en las campañas de mayo y junio potencialmente podrían permitir la inclusión de otras especies seleccionadas, como *Aloysia deserticola*, *Atriplex conf. atacamensis*, *Atriplex conf. imbricata* y *Geoffroea decorticans*.

Posterior a la limpieza de semillas se procede al montaje de los experimentos (Foto 4-16), donde se seleccionan aleatoriamente de total de semillas tantas replicas como sea necesario. El número de semillas contenido en cada replica debe ser lo suficientemente alto (50 semillas), para evitar que los resultados de los experimentos no se encuentren sesgados por la viabilidad de las semillas (si de una réplica de 50 semillas 1 no germina corresponde al 2% del experimento).



Foto 4-16: Ejemplo de montaje de semillas. Para los ensayos de germinación en oscuridad las placas Petri son cubiertas con papel aluminio para evitar que cualquier haz de luz interfiera con los resultados

4.3.5.3 Determinación de la viabilidad de las semillas

De acuerdo con las sugerencias de la ISTA (2017), es de suma importancia saber si las semillas con las que se pretende trabajar están vivas. El método que se utilizará para determinar la viabilidad de las semillas es a través de una prueba con cloruro de Tetrazolio (TZ). Esta prueba provee un método indirecto para medir la actividad respiratoria asociada a la cadena de transporte de electrones en las mitocondrias. La reducción de la sal de tetrazolium causa la formación de un precipitado insoluble, conocido con el nombre de formazán, que colorea el tejido que se encuentra realizando respiración (en este test, comúnmente el embrión viable se tiñe de un color rojo intenso).

Del total de semillas colectadas de cada especie se seleccionarán al azar 3 grupos de 50 semillas cada uno, a los cuales se le realizará el test de viabilidad al inicio y en cada año de la ejecución del proyecto. El número de semillas viables en cada placa será expresado en términos de porcentaje. Para cada especie se procederá a estimar el porcentaje promedio de semillas viables y si existen diferencias estadísticas entre tiempo de almacenaje. Este antecedente será necesario al momento de evaluar el éxito final de las técnicas de propagación y el establecimiento de las condiciones ideales de almacenaje de las semillas para futuros ensayos.

Las semillas colectadas en el presente proyecto son mantenidas en ECOBIOSIS en condiciones controladas de temperatura, luz y humedad con el fin de asegurar su preservación y viabilidad. Aquellas semillas que sobren al final del periodo en que se ejecuta esta tarea serán enviadas al Vivero de la Planta en el Salar de Atacama.

4.3.5.4 Estratificación de las semillas y ensayos de germinación

Una vez determinada la viabilidad de las semillas, las semillas colectadas se someterán a dos tratamientos de estratificación fría: 3 meses y 6 meses. Esto se realiza de acuerdo con los estándares de procedimientos de estratificación fría de semillas sugerido por la ISTA (2017) y simulando un período de bajas temperaturas como el que naturalmente ocurre durante la época invernal al que son expuestas las semillas en su hábitat natural.

De las semillas obtenidas de cada población se seleccionarán al azar 6 grupos (réplicas) de 50 semillas cada uno (según disponibilidad de semillas por especie). Cada réplica será estratificada en cámaras de frío (durante 3 o 6 meses según tratamiento), y de acuerdo con la experiencia con otras especies de altura se estratificarán a una temperatura de -10°C . La estratificación se

realizará en oscuridad y evitando que algún rayo de luz altere el periodo de estratificación. Esto se realiza con el propósito de prevenir la penetración de luz y estudiar la germinación de semillas ajustándose de mejor forma a las condiciones de germinación en terreno.

En el caso de la temperatura de germinación, se evaluará dos termo periodos: 20°/10°C y 15°C-5°C día/noche con un fotoperiodo de 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad, de acuerdo con lo reportado en la literatura y considerando las condiciones térmicas del salar.

Para los ensayos de germinación, las réplicas de cada especie serán colocadas en cámaras de crecimiento programadas con dos termoperíodos antes señalados. En estas cámaras se regula tanto las horas de luz como la temperatura a la que serán expuestas las semillas. Para ello, una cámara será programada con el termo período más cálido mientras que otra será programada con el termo período más frío. La evaluación de la germinación se realizará periódicamente (cada 3 días) por 4 semanas (1 mes), contabilizando en cada una de las placas el número de semillas germinadas, semillas atacadas por algún patógeno (si fuera el caso) y número de semillas que no germinó. Se considerará una semilla germinada cuando presente emergencia de la radícula (Baskin & Baskin 2014). Aquellas semillas que potencialmente sean atacadas por hongos serán eliminadas del ensayo y se considerarán como muertas. Además, estas semillas serán eliminadas de las placas para evitar la contaminación del resto de las semillas.

El ensayo de germinación tendrá una duración de 4 semanas. Con el fin de separar los efectos del termo período vs el de la cámara en particular, cada semana se rotará el termo período de cada cámara y las semillas que contenga. Así las semillas expuestas a 20°/10°C o 15°/5°C experimentarán sus termo periodos en distintas cámaras de crecimiento. Todas las semillas estarán en condiciones de oscuridad. La evaluación de la germinación se realizará bajo luz verde para mantener la condición de oscuridad (Foto 4-17).



Foto 4-17: Revisión de una placa Petri, bajo condiciones que simulan oscuridad

Posteriormente, el resto de las serán mantenidas durante un mes adicional, para dejar que el máximo de semillas germine, y así recuperar la mayor cantidad de gametes. Terminado el ensayo todas aquellas semillas que no germinaron se someterán al test de viabilidad para así determinar si la germinación no ocurrió producto de que las semillas no estaban vivas o por algún otro factor a determinar.

4.3.5.5 Trasplante de plántulas o gametes

Con el fin de maximizar el material colectado (semillas), cada individuo germinado en el ensayo de germinación será trasplantado para evaluar el éxito de trasplante en diferentes sustratos. Estos sustratos considerarán las mismas condiciones a los cuales se someterá el material vegetativo. Una vez trasplantados, los individuos serán llevados al invernadero y serán sometido a las mismas condiciones descritas para el ensayo de trasplante y establecimiento de la reproducción asexual como se indica a continuación:

- **Temperatura:** Temperatura promedio de 20° día /10° noche.
- Condición hídrica: *Ad libitum*.
- **Condiciones lumínicas:** sistema de luces led de alta intensidad ($< 1500 \text{ umol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), 12 horas.

El éxito de trasplante se evaluará con la aparición de las primeras hojas verdaderas. Para esto se seleccionarán al menos 6 réplicas de 50 gametes (individuos generados por la germinación de semillas) por especie $n=300$ (dependiendo de la disponibilidad de gametes por especie), los cuales serán evaluados cada 3 días durante dos meses o hasta la aparición de hojas verdaderas.

4.3.5.6 Crecimiento

Las plantas obtenidas a partir de los ensayos de germinación y que exitosamente hayan resistido el trasplante a los diferentes sustratos serán monitoreadas semanalmente durante 3 meses con el fin de evaluar la tasa de crecimiento de los ejemplares. Estas tasas de crecimiento serán comparadas con la tasa de crecimiento de los ejemplares obtenidos por vía asexual evaluadas en iguales condiciones de invernadero y por el mismo periodo de tiempo.

Las tasas de crecimiento se evaluarán en función de las estructuras vegetativas producidas por los ejemplares por unidad de tiempo. Al finalizar el ensayo 50 individuos al azar serán seleccionados con el fin de determinar la biomasa aérea y radicular final (peso seco) obtenida en cada tratamiento.

Con el desarrollo de las actividades antes descritas se espera poder determinar al menos para cada especie:

- Método de reproducción (sexual o asexual) que asegure un mayor porcentaje de éxito (evaluado como la mayor sobrevivencia de individuos).
- Condiciones que maximizan los protocolos de reproducción (sustrato, hormonas, temperatura de germinación, necesidad de estratificación).
- Tasas de crecimiento dependiendo del método empleado.
- Características de los nuevos ejemplares (asignación de biomasa aérea, radicular).
- Condiciones que maximizan el porcentaje de germinación de las especies.
- Viabilidad de las semillas.

Además, se espera poder producir el material necesario para las siguientes etapas de experimentación.

4.4 Respuesta de las especies a las variables hídricas y de salinidad

La producción de biomasa en las comunidades vegetales está influenciada por factores intrínsecos o características de las especies que componen una comunidad vegetal, como son como el área basal, el número de macollas y de hojas por planta, la altura, el área foliar y la velocidad de crecimiento de las especies (Busso et al. 2003). Sin embargo, factores ambientales como la disponibilidad de agua, y en particular, la cantidad de agua disponible en el suelo es un determinante de la productividad de las comunidades vegetales (Medrano et al. 2007), siendo la limitación por agua, considerada el factor más importante para la productividad de la vegetación (Kramer & Boyer 1995).

La importancia del agua para las plantas se debe a que tanto la fotosíntesis como la transpiración se producen a la vez. La fotosíntesis es el principal proceso en la producción de materia orgánica vegetal y paralelo a éste, ocurre el proceso respiratorio que afecta el balance de carbono y la acumulación de materia orgánica (Lambers et al. 2008). En estos procesos, la entrada del dióxido de carbono y la salida del agua utilizan la misma vía, a través de los estomas en las hojas. Cuanto más abiertos están los estomas, más fácilmente entra el CO₂ pero también más rápidamente se pierde agua. El agua consumida para la producción biomasa, es por tanto inevitable y tiene un alto costo para la planta. Por tanto, la producción de biomasa sin agua es imposible para las plantas (Medrano et al. 2007).

Para la comprensión de los procesos fisiológicos que determinan los flujos de agua en las plantas es necesario tener en cuenta la variación en la disponibilidad del recurso y de la necesidad del mismo (Medrano et al. 2007). En general, las condiciones ambientales que limitan la disponibilidad del agua para las plantas, como las heladas, la salinidad y la sequía, involucran tres factores principales: el momento del año en el que se presenta (verano o invierno), su intensidad (ligera o severa), y su duración (días, semanas, meses). Todos estos factores varían ampliamente en la naturaleza, en las diferentes regiones de la Tierra (Covarrubias 2007).

Por ejemplo, la disponibilidad de agua en el suelo depende de los ingresos (lluvia, nieve, corrientes subterráneas, riego), de la capacidad de almacenamiento del suelo y de la densidad y profundidad del sistema radicular de la planta, que determina el volumen de suelo utilizado respecto del total (Medrano et al. 2007). De esta forma, el suelo constituiría el soporte natural de la planta y actuaría como intermediario entre ella y los factores climáticos (López 2000). En este sentido, las necesidades de agua dependen de las condiciones climáticas, que se sintetizan en la evaporación potencial, o demanda atmosférica de agua, parámetro que integra los efectos de la cantidad de radiación, humedad, temperatura ambiental y velocidad del viento (Medrano et al. 2007).

La pérdida de agua desde la superficie foliar se denomina transpiración y representa un proceso fundamental para la refrigeración de la planta (López 2000). A nivel de especie, la superficie foliar total y la arquitectura de la planta, entre otras cosas, determinan el gasto real frente a una determinada demanda atmosférica (Busso et al. 2003, Medrano et al. 2007). Es así como las especies vegetales desarrollan su arquitectura foliar en función de sus características genéticas y de la disponibilidad de recursos durante el crecimiento. Cuantas más hojas hay, mayor es el porte y mayor es el gasto de agua. Así, en función de la disponibilidad de agua, las plantas ajustan el tamaño y la cantidad de hojas (Medrano et al. 2007).

Además de estos controles, los estomas establecen un control fino sobre el gasto de agua, control que experimenta amplias variaciones a lo largo del día en función de la cantidad de luz y de otras variables ambientales, pero sobretodo en función de la disponibilidad de agua en las hojas. Además, el aparato estomático depende de la actividad fotosintética, que en condiciones limitantes (por ejemplo, a causa de falta de luz, temperaturas bajas o infecciones) provoca el cierre estomático independiente de la disponibilidad hídrica (Medrano et al. 2007).

Las condiciones de limitación de agua inducen en las plantas respuestas que afectan su morfología, fisiología y metabolismo (Morgan 1984, Covarrubias 2007). Las situaciones de déficit hídrico son muy frecuentes en la vida de las plantas, de hecho, la disponibilidad hídrica resulta ser el primer factor limitante del crecimiento vegetal (Medrano et al. 2007). El estrés¹⁸ hídrico, como cualquier otro estrés, limita la capacidad de la planta de emplear fotosintéticamente la luz que absorbe (Valladares et al. 2004). Así, las plantas han desarrollado diferentes respuestas frente al estrés hídrico que en conjunto implican asegurar la supervivencia de la especie, aumentar la disponibilidad de agua y mejorar la eficiencia de su uso (Schulze 1986).

Resulta difícil generalizar en un patrón común la respuesta de las plantas al déficit hídrico, debido a la variedad en duración e intensidad de dicho déficit y a la variedad de modificaciones morfológicas, fisiológicas y de ciclo de vida que existen como caracteres constitutivos de la especie (adaptaciones) y como respuestas a largo (aclimatación) y a corto plazo (regulación) (Medrano et al. 2007). De acuerdo con este autor, existen diferentes modelos de comportamiento que describen conjuntos de características que tienden a presentarse a la vez en respuesta a la sequía y que confieren a la especie mayor capacidad de resistir y completar su ciclo bajo esta

limitación ambiental. Se describen así tres estrategias o modelos de respuesta frente al déficit hídrico:

1. Escapar de la sequía, estrategia que consiste principalmente en acoplar el ciclo biológico a los meses con mayor disponibilidad de agua.
2. Tolerar la desecación, que consiste en un conjunto de modificaciones fisiológicas que permiten soportar un cierto grado de deshidratación de los tejidos sin reducción drástica de la actividad vital.
3. Evitar la deshidratación, estrategia que supone aumentar la capacidad de aprovisionamiento de agua y limitar su gasto, incrementando la eficiencia en el uso del agua, lo que aumenta la capacidad de permanecer y sobrevivir durante los períodos de sequía.

Estas estrategias se fundamentan en las respuestas morfológicas y fisiológicas que reducen y/o retrasan la incidencia y los efectos del déficit hídrico.

4.4.1 Evaluación de condiciones estresantes

Para cumplir con el objetivo de analizar la relación de estas especies con la variable hídrica y salinidad, se presenta la propuesta experimental que se describe a continuación.

A partir del material (individuos) obtenidos de cada uno de los ensayos de reproducción vegetativa y por semillas se realizarán los siguientes ensayos:

Sequía: Para determinar el efecto de la disponibilidad hídrica sobre las especies considerando variables como la intensidad (ligera o severa), y su duración (días, semanas, meses), se desarrollará el siguiente ensayo:

- Se mantendrán 60 individuos a saturación durante 1 mes, en condiciones de invernadero; y;
- Condiciones experimentales:
 - **Temperatura:** Temperatura promedio de 30° día /15° noche.
 - **Condición hídrica:** según tratamiento
 - **Condiciones lumínicas:** sistema de luces led de alta intensidad (< 1500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), 12 horas.
 - **Sustrato:** sustrato comercial (turba + perlita en proporción 1:1).
- Los individuos se dispondrán en tres grupos sometidos a pulsos de sequía: 20 de ellos se continuarán regando (grupo control), 20 se dejarán de regar por 3 semanas, y 20 se dejarán de regar por 6 semanas.
- Ambos grupos sometidos a estrés hídrico se volverán a regar para evaluar la capacidad de recuperación.

Durante el transcurso del ensayo en cada grupo se evaluará sobrevivencia, crecimiento (número de estructuras vegetativas desarrolladas, estado de la planta (turgencia, color). Si al momento de la evaluación, no se observa respuesta de las especies o la respuesta es muy severa se

aumentará o disminuirá el periodo de sequía, teniendo precaución de no superar el 50 % de mortalidad.

Al finalizar el ensayo se evaluará el peso seco de estructuras vegetativas diferenciando generación de raíces y generación de estructuras fotosintéticas, para lo cual se seleccionarán al azar 10 individuos para cada condición (dependiendo de la sobrevivencia en cada estado).

Salinidad: para determinar el efecto de la salinidad sobre las especies se determinarán cuatro condiciones de sal: sin sal, condición leve, media y alta. Las concentraciones de sal se determinarán a partir de lo reportado por el Plan de Manejo Biótico en las áreas de origen de las especies y serán tratadas en el presente ensayo en función de gramos/litro de composición salina.

- Para realizar este ensayo se seleccionarán al azar 10 individuos para cada condición (120 individuos). Los cuáles serán pesados (peso inicial) y mantenidos en invernadero en las siguientes condiciones durante la duración del ensayo:
 - **Temperatura:** Temperatura promedio de 30° día /15° noche.
 - **Condición hídrica:** según tratamiento
 - **Condiciones lumínicas:** sistema de luces led de alta intensidad (< 1500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), 12 horas.
 - **Condición salina:** según tratamiento
 - **Sustrato:** sustrato comercial (turba + perlita en proporción 1:1)

Durante dos meses, cada individuo será monitoreado cada 15 días registrando sobrevivencia, tasa de crecimiento (número de estructuras formadas) y cualquier otra variable cualitativa o cuantitativa que sea susceptible de ser medida y que entregue antecedentes de la respuesta de los individuos a las diferentes condiciones expuestas.

Al finalizar el ensayo, 6 individuos escogidos al azar serán seleccionados de cada tratamiento con el fin de determinar la biomasa aérea y radicular final (peso seco) obtenida en cada tratamiento. Con este objetivo raíces y el material vegetativo (hojas y tallos) serán secados en una estufa de tiro forzado A 70° C. El secado de las muestras depende del tamaño de las mismas, sin embargo, se estima que al menos 15 días deben permanecer en la estufa o hasta que el peso de la muestra se estabilice.

4.5 Discusión

La oportuna implementación de medidas que mitigaran los efectos del contexto en el que se está desarrollando el proyecto, la realización de las actividades paliativas, desfase en las etapas, entre otras, han permitido el desarrollo continuo de las actividades comprometidas en el proyecto.

Si bien, se incorporaron actividades como la mantención y no inmediata reproducción de ejemplares, la colecta en desfase de semillas, capacitación del personal de la localidad Peine, han determinado la maximización del material colectado salvaguardando el cumplimiento de los objetivos y productos esperados del proyecto.

Cada una de las evaluaciones en relación con la capacidad de reproducción de las especies, ya sea de forma vegetativa o a través de semillas constituye generación de conocimiento que no se

encuentra disponible en literatura. Esta información resulta fundamental al momento de tomar decisiones de manejo o restauración de los sistemas de humedales y/o recuperación de especies.

Debido al gran vacío de conocimiento científico sobre el cómo rescatar, recolectar, reproducir, estimular el crecimiento y permitir el establecimiento de especies nativas, es necesario considerar cada una de las etapas de los diferentes ensayos que se están desarrollando, como una fuente de información con potencial de ser usada a distintos niveles ya sea desde la toma de decisiones o bien con la interacción con la comunidad que hace uso de estos sistemas naturales.

4.6 Literatura citada

- [Ref 1]** Albemarle (2019). Plan de Manejo Biótico Proyecto: "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA N°21/2016)" Informe Anual N°3 Volumen 1 Monitoreo Invierno 2018 – Verano 2019"
- [Ref 2]** Albemarle (2019). Volumen II. Plan de Manejo Biótico Proyecto: "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas (RCA N°21/2016)" de Evaporación Solar en el Salar de Atacama. Informe Anual N°3 Monitoreo Invierno 2018 – Verano 2019"
- [Ref 3]** Baskin C. & J. Baskin (1998). Seeds. Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press, New York. 1573 pp.
- [Ref 4]** Baskin C. & J. Baskin (2015). Seeds. Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Second Edition. Academic Press, New York. 1573 pp.
- [Ref 5]** Bewley J.D. (1997). Seed germination and dormancy. The plant cell 9(7): 1055.
- [Ref 6]** Bewley J.D. & M. Black (1994). Seeds. In Seeds (pp. 1-33). Springer Us.
- [Ref 7]** Begon M., Harper J. & C. Townsend (1999). Ecología: individuos, poblaciones y comunidades. Barcelona: Omega.
- [Ref 8]** Bradbeer J.W. (1988). Seed Dormancy and Germination. Chapman & Hall, London
- [Ref 9]** Busso, C.A., Bredan, R.E., Flemmer, A.C., Bolletta, A.I. 2003. Morphophysiological and demographic responses of perennial grasses to defoliation under water stress. En: Plant Physiology and Plant Molecular Biology in the New Millenium. Advances in Plant Physiology, Vol. V. Hemantaranjan, A (ed.). Scientific Publishers, Jodhpur, India, p. 341- 395.
- [Ref 10]** Castro- Lusic M., Bahamondes M., Molina L. & P Azócar (2004). "Humedales de la puna: territorios de pueblos indígenas de las montañas andinas del norte de Chile". Co-autores: Solicitado por Subprograma VXII CYTED/Red Iberoamericana de humedales. Título del libro: Los Humedales de Iberoamérica. Editor: Juan José Neiff, Empresa editorial: Imprenta de la oficina de estudios martianos. Cuba.
- [Ref 11]** Collazo M. (2013). Las plantas como organismos modulares, en: Márquez, J., et al., (eds.), Biología de angiospermas, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- [Ref 12]** Covarrubias A. (2007). Sobrevivir al estrés: cómo responden las plantas a la falta de agua. Biotecnología 14: 253-262.
- [Ref 13]** Fernández H., Fernández A. & Álvarez A. (2017). Manual de propagación de plantas superiores. Primera edición digital. Universidad Autónoma Metropolitana & Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. México. 91 pp.

- [Ref 14] Forneris F. (2018). Estudio de reproducción y cultivo de las especies *Vernonanthura nudiflora* (Less.) H. Rob f. *nudiflora* Y *Lessingianthus mollissimus* (D. Don ex Hook & Arn) H. Rob. var. *mollissimus*. Trabajos finales 2018 Tecnicatura Universitaria en Jardinería y Floricultura - tecjaryflor@agro.unc.edu.ar
- [Ref 15] Gonnet, J. M., López, C., Aranibar, D. E., & Lictévout, E. (2016) Manual introductorio al manejo de vegas y bofedales mediante prácticas tradicionales de culturas andinas en el norte de Chile.
- [Ref 16] Hartmann H., Kester D., Davies F. & R. Geneve (1997). Plant Propagation: Principles and Practices. 6th edition. New Jersey: Prentice Hall.
- [Ref 17] Hartmann H. & D. Kester (1998). Propagación de plantas; principios y prácticas. Sexta Edición. Editorial Continental. Ciudad de México, México. 785 p.
- [Ref 18] Hartmann H., Kester D., Davies F. & R. Geneve (2011). Seed Propagation Chapter. In Hartmann & Kester's Plant Propagation: Principles and Practices, Eighth Edition. Pearson Prentice Hall. Pp 113-146.
- [Ref 19] Koornneef M., Bentsink L. & H. Hilhorst (2002). Seed dormancy and germination. Current Opinion in Plant Biology 5: 33–36.
- [Ref 20] Körner, C. (2003). Alpine plant life: functional plant ecology of high mountain ecosystems. Springer Science & Business Media. Pp 349
- [Ref 21] Kucera B., Cohn M.A. & G. Leubner-Metzger (2005). Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. Seed Science Research, 15(04), 281-307.
- [Ref 22] Lambers H., Chapin III F. S. & T. L. Pons (2008). Plant physiological ecology. Springer Science & Business Media.
- [Ref 23] López Y. (2000). Relaciones hídricas en el continuo agua-suelo-planta-atmosfera. Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira-Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- [Ref 24] Luebert, F., & Pliscoff, P. (2006). Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial universitaria.
- [Ref 25] Medrano H., Bota J., Cifre J., Flexas J., Ribas-Carbó M. & J. Gulías (2007). Eficiencia en el uso del agua por las plantas. Investigaciones Geográficas (Esp) (43): 63-84. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17604304>
- [Ref 26] Mesén F., Newton A. & R. Leakey (1997). Vegetative propagation of *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) Oken: The effect of IBA concentration, propagation medium and cutting origin. Forest Ecology and Management, 92, 45-54
- [Ref 27] Mersey L., Reinoso F. & F. Riquelme (2015). Experiencias en propagación y cultivo de especies de plantas andinas de ambientes zonales y azonales de la Región de Antofagasta, Chile. Chloris Chilensis Año 18. N°1. URL: [http:// www.chlorischile.cl](http://www.chlorischile.cl)
- [Ref 28] MMA, Ministerio Del Medio Ambiente (2018) en línea: <https://humedaleschile.mma.gob.cl/ecosistemas/humedales/>
- [Ref 29] Morgan J. (1984). Osmoregulation and Water Stress in Higher Plants. Annual Review of Plant Physiology 35(1):299-319
- [Ref 30] Poblete V. (1989) Consideraciones sobre el género *Nitrophila* S. Watson (Chenopodiaceae) en Chile. Not. Mens. Mus. Nac. Hist. Nat, 316, 10-13.

- [Ref 31]** Squeo F., Osorio R. & G. Arancio (1994). Flora de los Andes de Coquimbo: Cordillera de Doña Ana. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena. Chile.
- [Ref 32]** Squeo, F. A., Ibacache, E., Warner, B., Espinoza, D., Aravena, R., & Gutiérrez, J. R. (2006). Productividad y diversidad florística de la vega Tambo, cordillera de Doña Ana. En: GEOECOLOGÍA de los ANDES desérticos. La Alta Montaña del Valle del Elqui. CEPEDA P., J. (ed) (2006): pp 325-351. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena. Chile.