



PROYECTO

ESTABLECIMIENTO DE MODELOS DE INTERVENCIONES SILVICULTURALES PARA FORMACIONES XEROFÍTICAS Y BOSQUES NATIVOS DE LAS REGIONES DESÉRTICAS Y ALTIPLÁNICAS

FINANCIADO POR:
FONDO DE INVESTIGACION DEL BOSQUE NATIVO

INFORME FINAL

Antonio Vita Alonso
Investigador Responsable

Participantes: Ángel Cabello, Luis Faúndez, Alejandro Canto, Verónica Lagos, Andrea Choque

Agosto, 2013

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	3
II.	OBJETIVO GENERAL.....	4
III.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
IV.	METODOLOGÍA Y RESULTADOS.....	5
1.	OBJETIVO 1: Elaborar una tipología de las principales formaciones vegetales xerofíticas y de oasis.....	5
1.1	Formaciones Xerofíticas en la provincia de El Loa.....	5
1.2	Metodología.....	6
1.3	Resultados.....	7
2.	OBJETIVO 2: Sistematizar la información existente sobre aspectos socioeconómicos, ecosistémicos y silviculturales asociados a los tipos vegetacionales definidos.....	17
2.1	Antecedentes generales de la Región de Antofagasta.....	17
2.2	Antecedentes generales de la Provincia El Loa.....	19
2.3	Indicadores demográficos.....	23
2.4	Antecedentes socioeconómicos.....	24
2.5	Encuestas.....	30
2.6	Características de las Regiones Desérticas y Altilpánicas.....	32
2.7	Usos y productividad de la vegetación.....	34
2.8	Manejo silvicultural en formaciones nativas.....	35
3.	OBJETIVO 3: Determinar mecanismos generales sobre la dinámica natural y regeneración de dichos tipos.....	38
3.1	Antecedentes generales sobre la dinámica de la vegetación.....	38
3.2	Observaciones de terreno respecto a la regeneración natural por semillas....	39
4.	OBJETIVO 4: Establecer protocolos para la propagación de las principales especies de los tipos definidos.....	40
4.1	Análisis de semillas.....	40
4.2	Resultados de los Análisis de las Semillas.....	41
5.	OBJETIVO 5: Evaluar plantaciones establecidas con especies nativas en la Región.....	51
5.2	Plantación de Algarrobo de Lomas Bayas, Calama.....	51
5.2	Plantación de algarrobo de Quillagua.....	53
5.3	Plantación de tamarugos de Tambillo, San Pedro de Atacama.....	55
6.	OBJETIVO 6: Definir sistemas silviculturales para la regeneración natural asistida, crecimiento y aprovechamiento de las especies en estudio.....	58

6.1	Caracterización lugares seleccionados	58
6.2	Instalación de ensayos: intervenciones silviculturales y primera evaluación...	59
6.3	Resultados intervenciones silviculturales	67
7.	OBJETIVO 7: Elaborar tabla de costos para las actividades silviculturales definidas.	73
8.	OBJETIVO 8: Establecer esquemas de manejo silvicultural según tipos vegetacionales, macrositios y estado de conservación.	75
8.1	Queñoa	75
8.2	Algarrobo	77
8.3	Paja brava.....	80
9.	OBJETIVO 9: Difundir los resultados de estas acciones.	81
10.	DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENTACIONES	82
V.	BIBLIOGRAFÍA.....	87
VI.	ANEXOS	91

I. INTRODUCCIÓN

Las zonas ubicadas en el norte del país se caracterizan por presentar severas restricciones hídricas. Esta situación natural se acentúa por el cambio global y por la acción antrópica que ha producido severos procesos de desertificación.

En mayor o menor medida, todas las zonas áridas han sido sometidas a un nivel de extracción de recursos naturales superior a su capacidad de producción, por lo que en la actualidad se encuentran afectadas por algún grado de desertificación. Para revertir esta situación y permitir que la vegetación satisfaga en mejor forma los requerimientos de las poblaciones locales y empresas que utilizan el recurso, es necesario efectuar un manejo sostenible. Para ello se requiere conocer las tecnologías más adecuadas para la intervención y aprovechamiento del recurso.

En ambientes áridos, la recuperación natural de la vegetación luego del cese de operación de los factores antrópicos degradantes, es muy lenta, por tal motivo, necesariamente se debe recurrir a una recuperación asistida.

En la zona árida existen diversas especies que son susceptibles de ser recuperadas y que tienen valor productivo, las cuales identificando aquellas técnicas silviculturales apropiadas, permitirían generar una fuente de ingresos a la población de la zona.

La vegetación natural existente en dichos ambientes es el resultado de las acciones anteriores. No obstante la fuerte limitante hídrica, presenta una gran riqueza florística y diversidad, mostrándose como un complejo mosaico en que se producen variaciones en composición, estructura y estado de conservación. Desde la época colonial, ha sido sometida a fuerte presión antrópica para satisfacer necesidades básicas de las poblaciones locales, minería y otras demandas, en la mayoría de los casos, sin consideraciones de uso sostenible.

La vegetación natural de la Provincia de El Loa está constituida preferentemente por formaciones de vegetación fuertemente adaptadas a la aridez, las cuales representan una importante fuente de bienes y servicios actuales y potenciales que permiten mejorar las condiciones de vida de las poblaciones humanas relacionadas con este recurso.

La nueva Ley de Bosque Nativo constituye un hito histórico para el desarrollo de los recursos forestales y formaciones xerofíticas del norte del país, ya que permite contar por primera vez con un marco conceptual y jurídico, regulatorio y de fomento a la protección, recuperación y mejoramiento de los ecosistemas forestales, que recoge las particularidades ecológicas y socio-culturales de las zonas áridas y desérticas.

En concordancia con lo anterior, al final de este estudio se espera disponer de información que contribuya a identificar las técnicas de producción y manejo exitosa de especies que componen las formaciones xerofíticas y ecosistemas de oasis, con énfasis las de uso medicinal, forrajero y combustible, sistematizada y actualizada, que permita establecer las bases para la reglamentación de las disposiciones de la Ley de Bosque Nativo, y las normas técnicas para su aplicación.

II. OBJETIVO GENERAL

Definir tipos vegetacionales considerando macrositios y estados de conservación determinando los métodos y procedimientos silvícolas respectivos, que permitan la recuperación y el uso sustentable de los recursos leñosos presentes en la zona.

III. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Elaborar una tipología de las principales formaciones vegetales xerofíticas y de oasis.
2. Sistematizar la información existente sobre aspectos socioeconómicos, ecosistémicos y silviculturales, asociados a los tipos vegetacionales definidos.
3. Determinar mecanismos generales sobre la dinámica natural y regeneración de dichos tipos.
4. Establecer protocolos para la propagación de las principales especies de los tipos definidos.
5. Evaluar plantaciones establecidas con especies nativas en la Provincia.
6. Definir sistemas silviculturales para la regeneración natural asistida, crecimiento y aprovechamiento de las especies en estudio.
7. Elaborar tablas de costos para las actividades silviculturales definidas.
8. Establecer esquemas de manejo silvicultural según tipos vegetacionales, macrositios y estado de conservación.
9. Difundir los resultados de estas acciones.

IV. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

1. OBJETIVO 1: Elaborar una tipología de las principales formaciones vegetales xerofíticas y de oasis.

1.1 Formaciones Xerofíticas en la provincia de El Loa

La vegetación corresponde a la cubierta que realizan los vegetales en un espacio definido y los atributos de ella dependen fuertemente de las condiciones para el desarrollo biológico, tanto naturales como culturales, determinando, además, su condición o estado. Así en áreas geográficas en donde algún factor ambiental (climático y/o edáfico) es limitante o restrictivo, provoca una expresión característica de esta cubierta. Por esto, se señala que la vegetación corresponde a la expresión sintética de las características del medio en el cual se desarrolla (Etienne & Prado, 1982) y de esto resulta fundamental la comprensión de la importancia de estas características como variables espaciales en la distribución, composición florística y dinámica de las diferentes formaciones vegetacionales.

En la Ley N° 20.283, sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal, se define (Artículo 2°) a las Formaciones Xerofíticas¹ como la "formación vegetal, constituida por especies autóctonas, preferentemente arbustivas o suculentas, de áreas de condiciones áridas o semiáridas ubicadas entre las regiones I y VI, incluidas la Metropolitana y la XV y en las depresiones interiores de las regiones VII y VIII." Esta definición, si bien resulta bastante explícita, incluye varios términos determinantes de esta condición legal sobre los cuadros de vegetación natural, los cuales no son conceptualizados.

Así en primer término, el sujeto objeto de legislación es la formación vegetal (sin. de vegetación), con lo cual se hace necesario adoptar algún criterio o umbral cuantitativo que permita discriminar lo más objetivamente posible, cuando se está en presencia de una formación de vegetación o sólo la presencia de individuos vegetales. De acuerdo a Etienne & Prado, 1982, el umbral para establecer esta condición, en ambientes de las condiciones climáticas señaladas en el mismo párrafo definitorio, es el 1-10 % de cobertura, según las zonas ecológicas de Chile (Di Castri, 1968). Si bien esto parece un tanto excesivo, es al menos un criterio, el cual puede ser discutido, pero es el único que existe propuesto para las condiciones chilenas, en una metodología de amplio uso y aceptación en el país.

1 **xerofítico, ca** (de **xerófito**), adj. Perteneciente o relativo a los xerófitos: estructura xerofítica. — F. Q. // Término ecológico que, prácticamente, se aplica en el mismo sentido que xerófito, aunque etimológicamente esta última palabra encierra la idea de una predilección de la planta, mientras que xerofítico expresa un hecho de «habitat», sin prejuzgar sus causas. Éstas son, en efecto, discutibles, pues cabe que, o bien ciertas plantas necesiten en realidad de un medio relativamente seco, o que sólo puedan prevalecer en él por poder resistirlo, y en medios más húmedos ser expulsadas por la competencia de las esp. más exigentes en agua. — HV.

xerófito (del gr. phyton, planta, con el pref. xero-), m. Vegetal adaptado a la sequedad, propio de los climas secos o con un período de sequía más o menos largo (Weberbauer, Fl. Per., p. 329).

La primera condición que debe cumplir la formación de vegetación es que esté constituida por especies autóctonas, que para efectos de la misma ley, ese atributo queda determinada por un decreto en donde se lista aquellas entidades que cumplen con esta condición (Decreto 68 del MINAGRI). Ahora bien este decreto, además, según su presentación está referido a las especies arbóreas y arbustivas originarias del país, es decir que sirve parcialmente para dar cumplimiento a otra de las condiciones que se deben cumplir para establecer estas formaciones xerofíticas (preferentemente arbustivas o suculentas) aun cuando se incluyen en él especies tradicionalmente consideradas suculentas, incluso algunas herbáceas.

Por último, la condición de distribución ambiental en áreas de condiciones áridas o semiáridas en un ámbito geográfico determinado, tampoco está definida técnicamente, por lo tanto solo cabe aceptar lo que conlleva el término árido, la falta de humedad o sequedad, y emplear esto como definitorio de los espacios ecológicos en donde se desarrollan estas formaciones xerofíticas.

Con el propósito de entregar un marco definitorio que permita una constante mejora en la delimitación espacial de las formaciones de vegetación que actualmente cumplan con los requisitos para ser consideradas en esta categoría legal y aquellas que en un futuro puedan llegar a ser consideradas, se elaboró, en una primera etapa, una definición de distritos ambientales, equivalentes a ecosistemas con vegetación potencialmente homogénea, los cuales en una segunda fase fueron muestreados para verificar las especies dominantes y aquellas acompañantes relevantes (preferentemente arbustivas o suculentas).

En definitiva el objetivo de esta fase del proyecto consideró elaborar una tipología de las principales formaciones xerofíticas y arbóreas en las ecorregiones altiplano y desierto de la provincia de El Loa.

1.2 Metodología

Se efectuó una revisión y recopilación de información de escala regional con representación espacial de las variables con relevancia biológica. Una vez obtenida, estas cartas fueron digitalizadas, georeferenciadas y atributadas con los parámetros o descriptores de los respectivos polígonos, cuando resultó necesario, e incorporados en un sistema para el manejo y síntesis de esta información.

Posteriormente se efectuó la superposición de capas de información con relevancia para el desarrollo de la vegetación (**Clima** (CORFO, 1982), originalmente se consideraba incorporar prioritariamente temperatura, precipitación, déficit hídrico y régimen radiativo y, aún cuando ésta información está disponible, se decidió emplear solo el déficit hídrico por su carácter integrador de los otros parámetros climáticos; **Geología** (SERNAGEOMIN,2003), considerando las eras geológicas y las secuencias, esta última variable se puede asimilar a tipos de sustratos y con ello a grandes grupos de Suelos), lo cual se intersectó con la definición de formaciones de vegetación y pisos bioclimáticos (Gajardo, 1994; Luebert & Plissock 2006), con el propósito de establecer distritos ambientales, sobre los cuales, mediante una discriminación topológica efectuada a partir del modelo digital de terreno, discriminar los sitios ecológicos (macrofitos) como unidades de referencia espacial para efectuar, en una etapa subsecuente, la caracterización de ellos a nivel de formaciones de vegetación fisonómicas.

En estos macrositios se definieron las estaciones en donde se efectuó la toma de información para caracterizarlos, precisar los límites obtenidos, definir parámetros para establecer su estado de conservación, y efectuar su clasificación en tipos de formaciones vegetales xerofíticas y arbóreas y de oasis.

En relación a la escala de trabajo utilizada en la definición de las tipologías, esta quedó definida en base a las capas temáticas utilizadas en la determinación de los distritos. Dichas capas temáticas presentan escalas de trabajo variables, entre 1:250.000 y 1:1.000.000, lo cual implica que el área mínima a representar es la que resulta en base a la capa temática de mayor detalle, la cual corresponde a la escala 1:250.000. De esta forma el manejo de la información y la presentación de los resultados de la tipología definida quedó esquematizado bajo esta escala de trabajo.

El protocolo de muestreo para las unidades discriminadas resultantes de la superposición de las capas temáticas, se realizó considerando las variantes ambientales presentes en la zona según la distribución natural de la vegetación. El muestreo de los macrositios se efectuó mediante la realización de inventarios florísticos los cuales permitieron caracterizar la composición de la flora presente en cada una de las unidades y finalmente en toda el área de estudio.

Para la realización del catastro de la flora vascular (inventarios) se consideró la toma de información mediante el establecimiento de parcelas florísticas de tamaños variables, de acuerdo a las condiciones ambientales de cada área, en las cuales se registraron todas las especies presentes, definiendo su grado de cubrimiento y estado fenológico. En cada una de las parcelas realizadas se colectaron fragmentos vegetales de las especies inventariadas de difícil discriminación para posteriormente realizar su determinación taxonómica en laboratorio.

A su vez los sitios de muestreo fueron aquellas zonas en que se verificó la presencia de las especies autóctonas arbustivas y suculentas determinadas por el Decreto 68 del MINAGRI, y que hacen que se cumpla con una de las condiciones para que una formación de vegetación sea considerada como xerofítica. Junto a esto, los sitios en donde se realizaron los inventarios florísticos fueron seleccionados en base a las variantes que presenta cada distrito ambiental y al acceso que se tuvo a cada unidad, de manera de representar la variabilidad de los ambientes que conforman a cada distrito.

1.3 Resultados

1.3.1 Sobreposición e intersección de información con relevancia ambiental

En la figura 1 se presentan los esbozos de las capas de información empleadas para la generación de los distritos ambientales. Estas mismas cartas se presentan en anexo con la simbología respectiva.

1.3.2 Obtención de los distritos ambientales

En la figura 2, se presentan en función de las formaciones de vegetación (Gajardo, 2004) los distritos ambientales obtenidos producto de la sobreposición de las variables ambientales y su intersección con los dos niveles de información para vegetación disponibles a nivel regional.

Aquí se aprecia que existe una gran cantidad de polígonos en cada una de las áreas, los cuales difieren en los atributos ambientales o corresponden a diferentes pisos bioclimáticos. En este sentido conviene destacar que muchos de ellos solo responden a mayores grados de fidelidad con parámetros topográficos empleados por los diferentes autores de las capas de información (diferencias en el grado de precisión en la digitalización y/o espacialización de la información base).

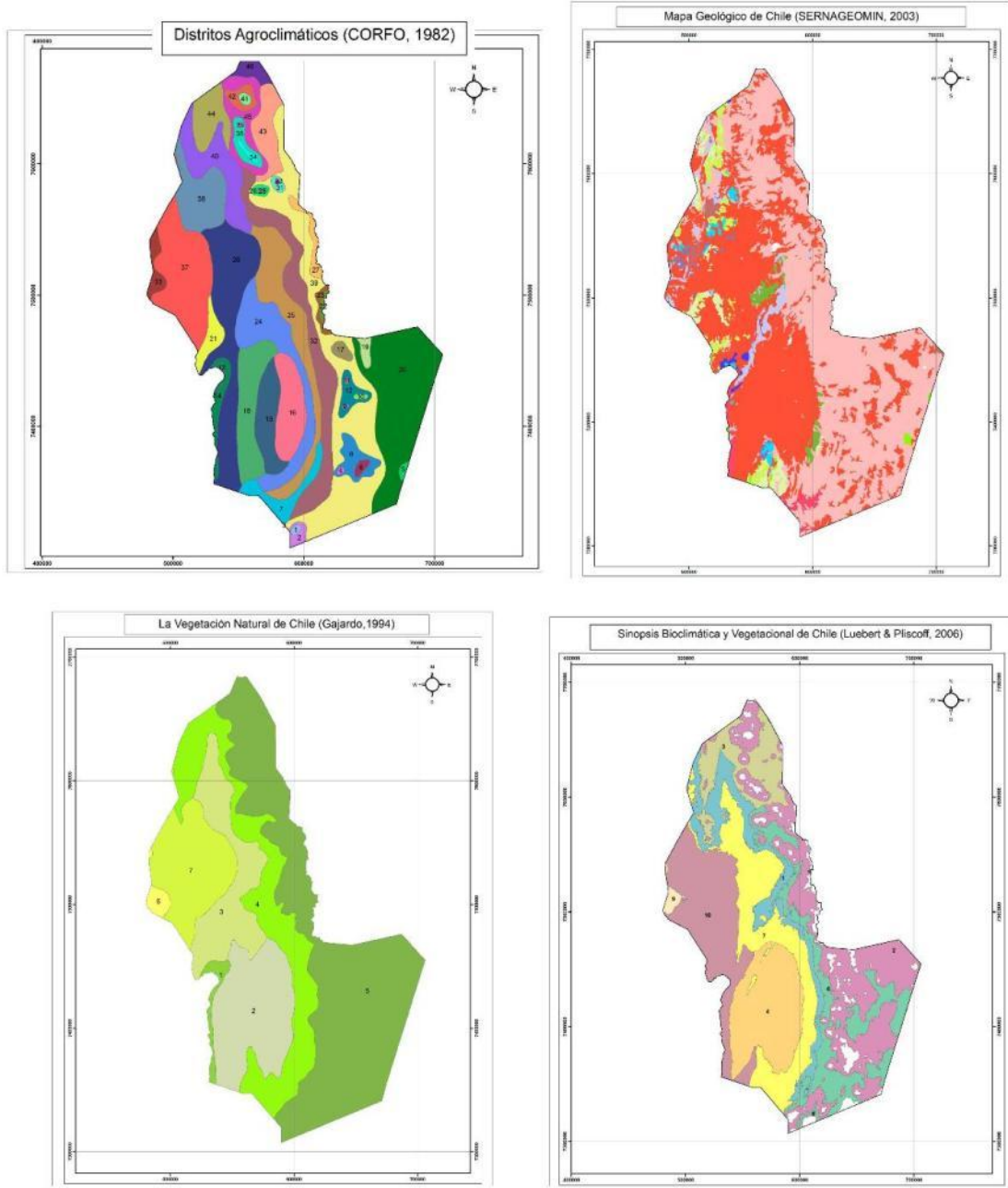


Figura 1. Esbozos de las capas de información empleadas para la elaboración de los distritos ambientales en los cuales se delimitará y caracterizará las formaciones xerófitas según la ley 20.283 (las cartas respectivas, con su detalle se presentan en anexo 1)

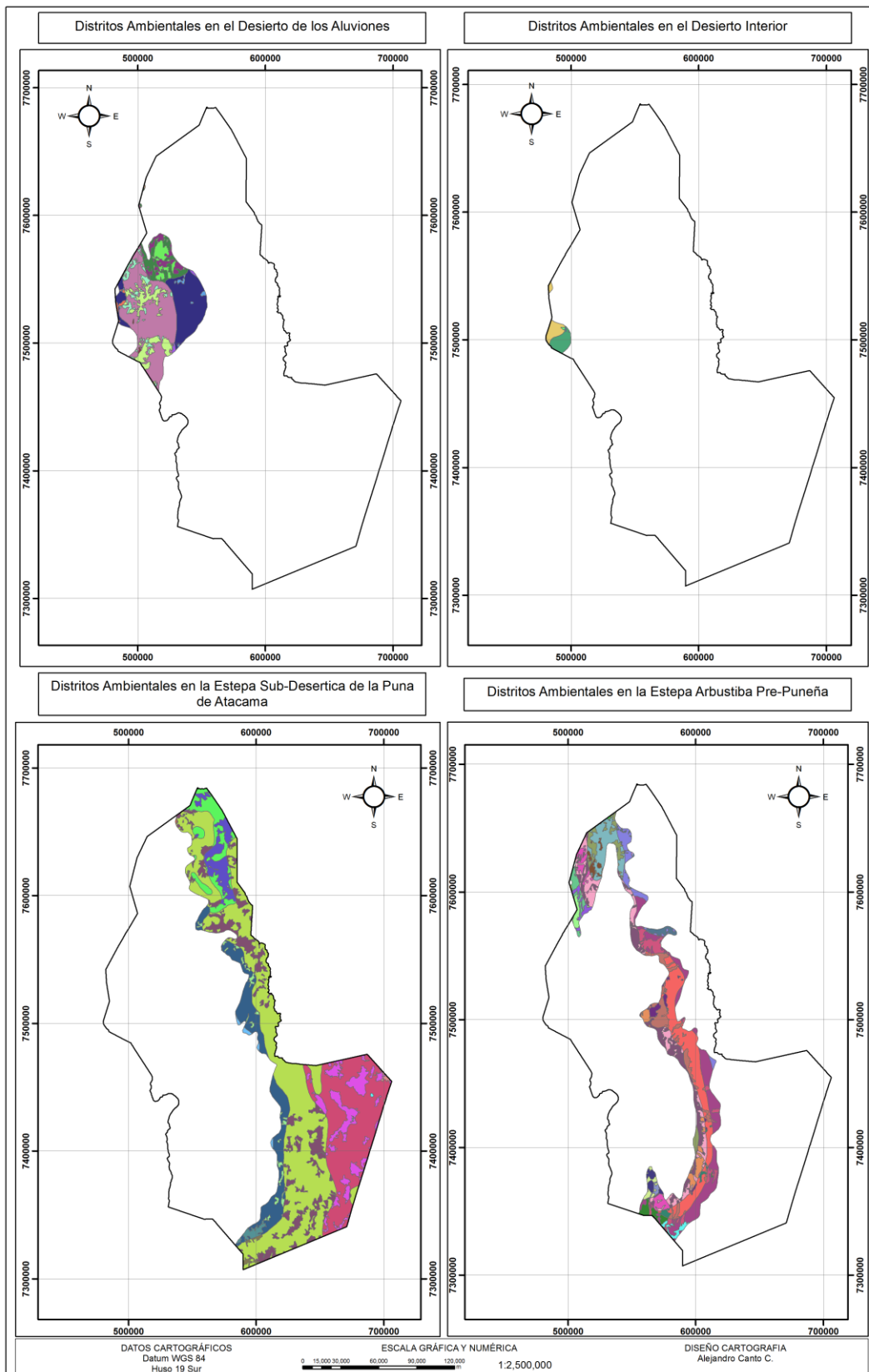


Figura 2. Distritos ambientales según formaciones de vegetación (Gajardo, 2004) en la provincia de El Loa.



Figura 2. Distritos ambientales según formaciones de vegetación (Gajardo, 2004) en la provincia de El Loa (continuación).

Cada uno de estos distritos ambientales corresponde a un espacio geográfico en donde confluyen una serie de atributos que deben corresponderse con una estructura y composición de la vegetación similar y de existir diferencias al interior de ellos, éstas responderán a diferentes grados de intervención o a la presencia de algún factor de carácter azonal con una fuerte influencia biológica.

1.3.3 Caracterización de los distritos ambientales y definición de las unidades con Formaciones Xerofíticas

Como se mencionó anteriormente, la caracterización de los distritos se llevó a cabo mediante la realización de transectos dentro de las unidades ambientales, recorriendo las rutas de acceso disponibles dentro de cada unidad, donde el muestreo se ajustó mayormente sólo a las áreas circundantes a las rutas, con el fin de maximizar el uso de los recursos disponibles.

Una vez posicionados en los distritos ambientales, se procedió a la caracterización de la flora vascular, donde en algunos casos se realizaron inventarios florísticos dentro de cada distrito, y en otros, sólo se realizó el registro de la especies de origen autóctono.

El muestreo se llevó a cabo en las comunas de Calama, Ollague y San Pedro de Atacama, en cuatro transectos longitudinales, donde el levantamiento se enfocó en las áreas que presentan especies autóctonas según la capa referencial del Catastro del Bosque Nativo (CBN). De esta forma se evaluó, rectificó e incorporó información florística, logrando estimar con mayor certeza los límites geográficos esbozados en la cartografía del CBN, en donde además se integraron nuevas áreas que presentaban especies de carácter autóctono.

Se pudo constatar que existen alrededor de 18 unidades ambientales, consideradas como formaciones xerofíticas, dada la presencia de elementos autóctonos en los cuadros vegetacionales establecidos en estas áreas. Las formaciones xerofíticas resultantes del muestreo se presentan en las Figuras 3 y 4, donde se aprecia la distribución de las áreas muestreadas, según la extensión que presentan las especies en el ecosistema. En estas figuras se muestra que la mayor parte de las unidades definidas se encuentra en los distritos ambientales N°4 y N°7, quedando el resto con menor participación.

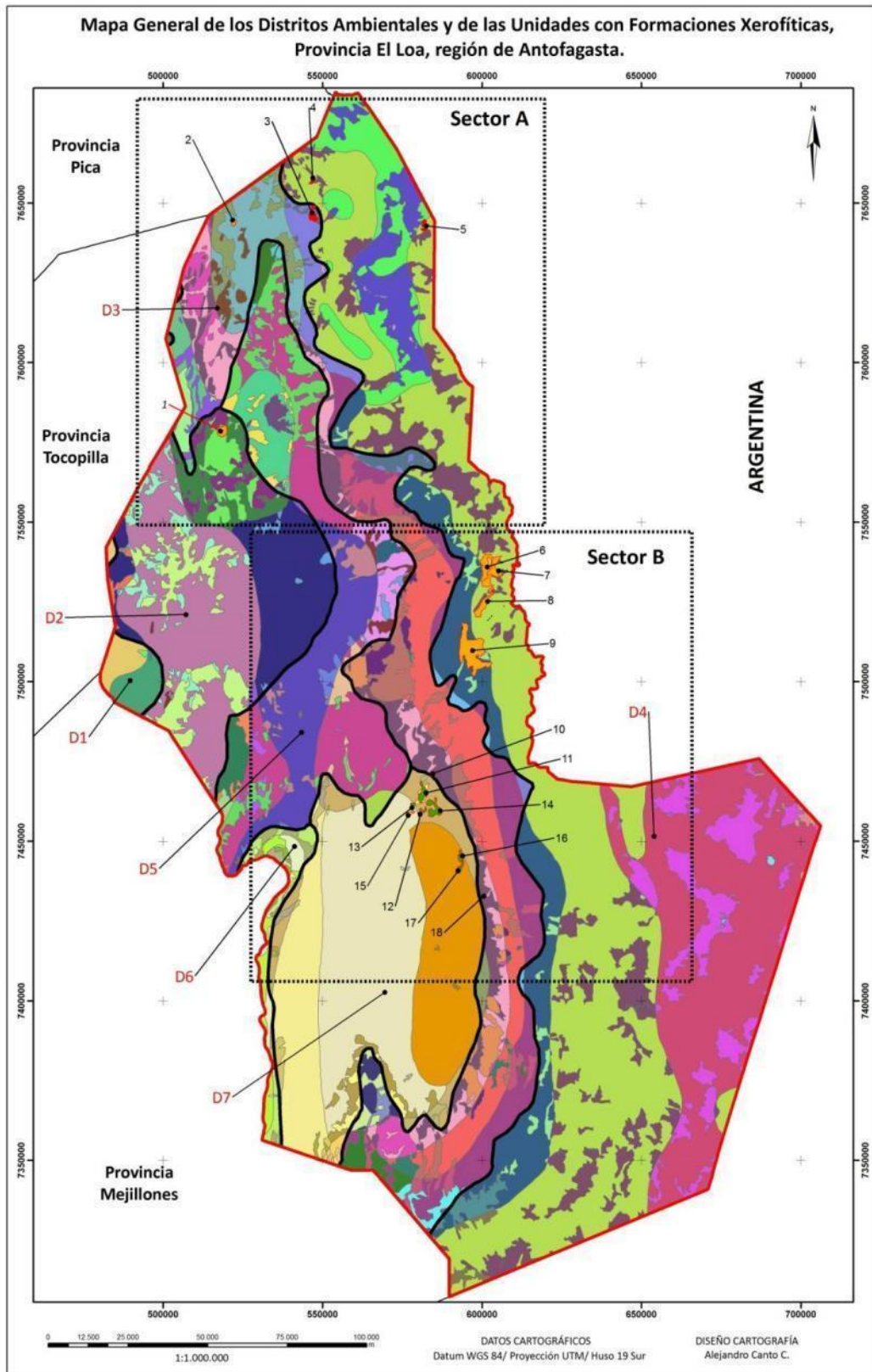


Figura 3: Mapa general de la distribución de las áreas muestreadas y polígonos ambientales bajo la tipología de Formación Xerofítica, provincia de El Loa.

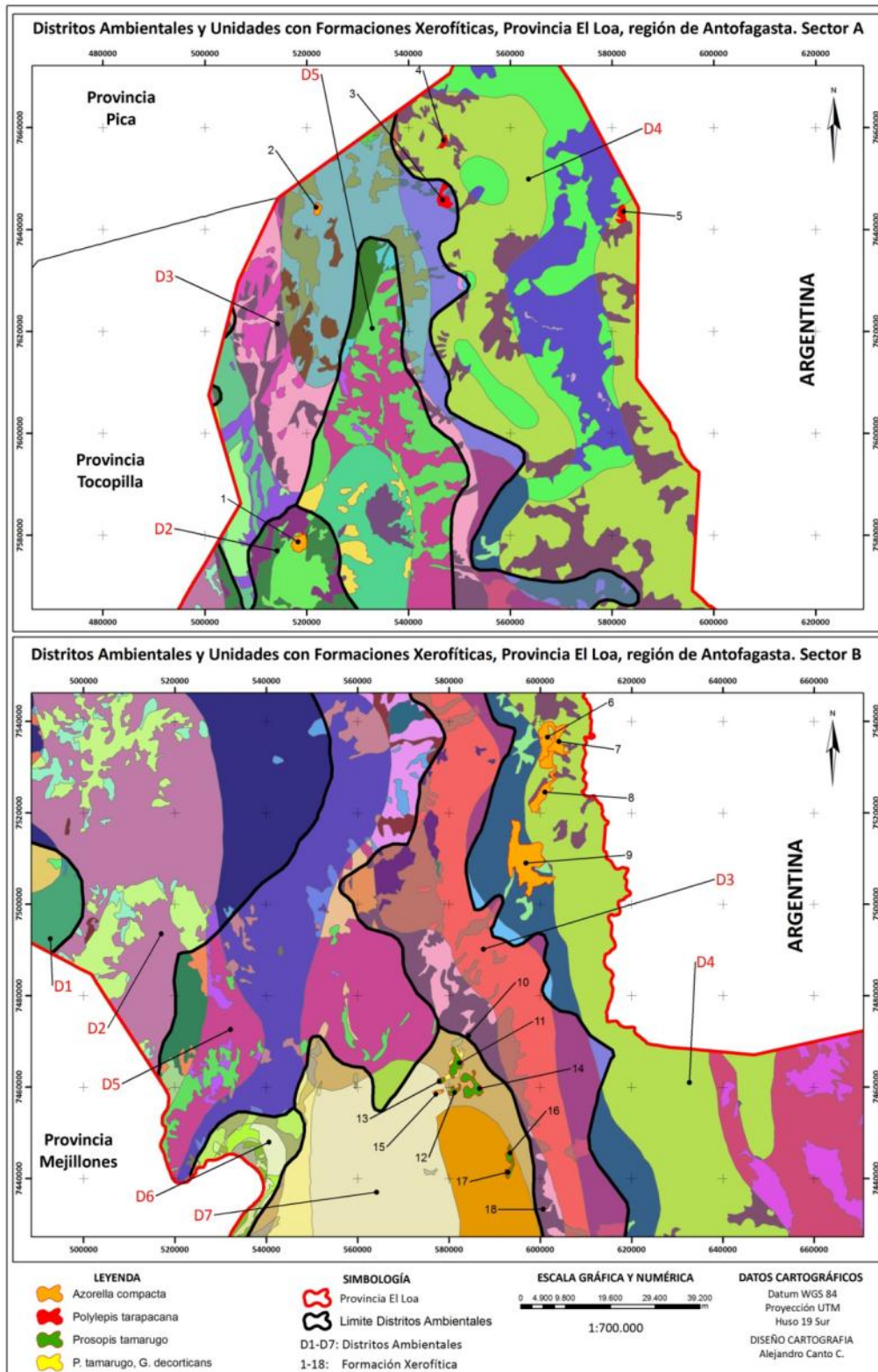


Figura 4: Detalle de las unidades bajo la tipología de Formaciones Xerofíticas.

Se registraron un total de cuatro especies vegetales vasculares que forman parte de la estructura vegetal, encontrándose tres tipos biológicos arbóreos y un arbustivo. En el Cuadro 1 se describen las especies autóctonas detectadas en el muestreo de las unidades.

Cuadro 1. Listado de especies que potencialmente conforman formaciones xerofíticas descritas en la provincia de El Loa, región de Atacama.

Especie	Tipo Biológico	Código
<i>Azorella compacta</i> Phil.	Arbustivo	Ac
<i>Geoffroea decorticans</i> (Gillies ex Hook. & Arn.) Burkart	Arbóreo	GD
<i>Polylepis tarapacana</i> Phil.	Arbóreo	Pt
<i>Prosopis tamarugo</i> Phil.	Arbóreo	PT

A su vez, en el Anexo 2, se detallan las características de las capas de información con relevancia para el desarrollo de la vegetación de cada unidad discriminada. Existen casos en que las unidades xerofíticas están definidas por más de una característica dependiendo de la capa temática de información a contrastar, quedando en algunas ocasiones bajo dos o más referencias (geológicas o hídricas).

Según la información contenida en el Catastro del Bosque Nativo (CBN), el número de áreas ambientales que pueden ser consideradas formaciones xerofíticas alcanzarían las 2.432,6 ha aprox., lo que representa el 0,06% de la Provincia, lo cual difiere con el valor resultante entre las unidades muestreadas, las que en su conjunto alcanzan una superficie estimada de 19.148,9 ha aprox., que representa el 0,45% de la superficie de la provincia. Dichas diferencias se pueden deber a los criterios utilizados en la definición de las unidades y en los distintos ajustes realizados en las capas temáticas.

Por otro lado, si bien en algunos casos la información contenida en el CBN coincide con la cobertura vegetal existente en los sistemas naturales establecidos en la provincia, se presentan muchos casos en donde las especies citadas no se corresponden con la descripción de terreno levantada en este proyecto. En este sentido, la capa del CBN es más bien una referencia de las unidades ambientales, donde debe ajustarse a medida que la información sea levantada en terreno e incorporada en las bases de datos de cada región.

Respecto de las capas temáticas utilizadas, no se puede inferir que existe algún tipo de relación suficientemente fundada como para poder extrapolar los resultados obtenidos, básicamente porque si bien en algunos puntos las especies (autóctonas) presentan patrones comunes respecto de las capas temáticas, en otros puntos no se da la misma relación, lo que implica que la distribución de las especies estaría condicionada más bien por patrones biológicos y ambientales locales que propician el establecimiento de las especies en distintos ambientes que se presentan.

En cuanto a la catalogación de unidades ambientales bajo la tipología de formaciones xerofíticas, habría que hacer una mención de que las áreas definidas en este informe, son producto de que estas especies autóctonas son parte de la matriz vegetal dominante, por tanto habría que considerar y evaluar la función que cumple la presencia de individuos aislados dentro de un determinado mosaico vegetal.

En general, una mayor o menor relevancia e influencia de las capas referenciales tanto en la conformación de los cuadros vegetacionales como en la presencia de especies autóctonas, tendría que ser evaluada bajo otro enfoque de análisis, basado en un conjunto mayor de datos representativos de los ecosistemas, los cuales permitieran sustentar una extrapolación de la información con mayor fiabilidad dentro de cada distrito ambiental definido. Si bien cada capa temática por separado podría explicar alguna de las variantes propias del ambiente, y en particular, de la flora y vegetación, esta debería presentar un análisis más detallado para aumentar la representatividad de la información referente a las formaciones vegetacionales presentes en la región.

De esta forma se espera que existan más unidades que puedan presentar especies autóctonas y pasar a constituir formaciones xerofíticas, según la realización de una mejor ajuste de las unidades y de un incremento en el esfuerzo de muestreo realizado en la provincia, de manera de obtener más detalle de las unidades ambientales en cuanto a su estructura y composición florística (riqueza), ya que sólo se pudo constatar una fracción de los distritos ambientales presentes en la provincia.

2. OBJETIVO 2: Sistematizar la información existente sobre aspectos socioeconómicos, ecosistémicos y silviculturales asociados a los tipos vegetacionales definidos.

2.1 Antecedentes generales de la Región de Antofagasta

La administración de la región de Antofagasta, radica en el Gobierno Regional, constituido por el Intendente y por el Consejo Regional, compuesto de 16 consejeros regionales. La división político administrativa la sub-divide en tres provincias y el número de consejeros regionales por provincia es de 9 de Antofagasta; 5 de El Loa; y 2 de Tocopilla.

Cuadro 2. División político-administrativa de la Región de Antofagasta

Provincia	Capital	Comuna
Antofagasta	Antofagasta	1 Antofagasta
		2 Mejillones
		3 Sierra Gorda
		4 Taltal
El Loa	Calama	5 Calama
		6 Ollagüe
		7 San Pedro de Atacama
Tocopilla	Tocopilla	8 María Elena
		9 Tocopilla



Fuente: Wikipedia 2011 (es.wikipedia.org/wiki/Región_de_Antofagasta).

2.1.1 Población Total

La Segunda Región, de acuerdo al último censo (2002), está poblada por un total de 493.984 habitantes alcanzando una densidad poblacional de 3,9 habitantes por kilómetro cuadrado.

De la población regional total, 256 165 habitantes son hombres (60,8%) y 237 819 son mujeres (38,1%) y un 97,6% de la población habita en zonas urbanas, equivalentes a 482 546 habitantes, las que se concentran principalmente en las ciudades de Antofagasta (285 255 habitantes), Calama (126 135) y Tocopilla (23 352 habitantes). (Censo, 2002).

2.1.2 Relieve

La Región de Antofagasta ocupa un rango latitudinal que va desde los 20°56' a los 26°05' de latitud sur, y longitudinalmente, desde los 67°00' de longitud oeste hasta el océano Pacífico. El trópico de Capricornio atraviesa la región a la altura del Aeropuerto Internacional Cerro Moreno, unos kilómetros al norte de Antofagasta.

El relieve de la Segunda Región comparte muchas similitudes con las de su vecina del norte, Tarapacá. Las planicies litorales son más amplias y se extienden especialmente en la zona de la Península de Mejillones, posteriormente se ven interrumpidas por las altas serranías de la Cordillera de la Costa. En esta zona alcanza alturas superiores a los 2.000 metros y se ubica el Cerro Vicuña Mackenna (3.114 msnm), el de mayor altura de toda la cordillera, y el Cerro Paranal, donde fue instalado uno de los mayores telescopios del mundo, el Observatorio Paranal.

2.1.3 Hidrografía

Su hidrografía presenta un fuerte contraste entre la escasez de escurrimientos debido al predominio del clima árido, y la existencia del río Loa, el más largo de Chile y el que posee la mayor extensión. Este nace en la cordillera de los Andes y logra desembocar en el mar. Sus aguas son intensamente aprovechadas para el regadío, minería y agua potable. Por la naturaleza desértica de la región, existen numerosas cuencas cerradas o endorreicas, sobresaliendo la del Salar de Atacama, hacia donde drena el río San Pedro, el que da origen al oasis de San Pedro de Atacama. (Wikipedia, 2011).

2.1.4 Clima

Posee un clima desértico, con variaciones de mar a cordillera. En la costa presenta clima desértico costero, con escasa oscilación térmica. En la depresión intermedia se encuentra el clima desértico normal, con fuerte oscilación térmica diaria, sin precipitaciones, con cielos limpios y alta sequedad. Sobre los 3.000 metros de altitud, se presenta un clima desértico marginal de altura, sector con pluviosidad, la que cae especialmente en los meses de verano (Gobierno Regional de Antofagasta, 2011).

2.1.5 Estado de los ecosistemas y representación en el Sistema Nacional de áreas silvestres protegidas por el Estado (SNASPE)

Aramayo (*et al.*, 2005) señalan que las características de aridez de Región de Antofagasta han permitido el desarrollo de una biodiversidad única en el mundo, donde es posible encontrar alta riqueza de especies y particulares sistemas ecológicos como desiertos hiperáridos, salares altoandinos y oasis de camanchacas. La existencia de éstos ecosistemas es posible debido a que las diferentes unidades geomorfológicas presentes en la Región, a saber, Cordillera de los Andes, depresión intermedia y Cordillera de la Costa permiten el desarrollo de factores abióticos relevantes como radiación, humedad y orografía. Los autores indican también que la biota de Antofagasta muestra una particularidad provocada por la doble influencia tropical y templada.

Estos factores determinan que la distribución de la biodiversidad de la Región de Antofagasta sea heterogénea y se distingan seis formaciones vegetacionales, tres en la zona andina, uno en la depresión intermedia y dos en la zona costera.

Zona Andina:

- Pre-puna, se ubica entre 2.700 y 3.100 m de altitud y se caracteriza por la escasa cobertura de pequeños arbustos espinosos.
- Puna, ubicada entre los 3.100 y 3.800 m de altitud, y es la formación que presenta la mayor abundancia de especies vegetales.

- Región andina, se encuentra entre los 3.800 y 4.200 m, y debido a la altitud, la vegetación característica son las plantas en cojín y herbáceas.

Depresión intermedia:

- Desierto de Atacama, donde la mayor parte de la superficie se encuentra desprovista de vegetación, excepto por algunos oasis y cursos de agua.

Zona costera:

- Desierto costero de Tocopilla, que presenta una vegetación restringida a las cumbres de algunos acantilados.
- Desierto costero de Tal-Tal, presenta una rica vegetación dominada por cactus columnares y globosos, y plantas bajas.

Los autores señalan que en la Región de Antofagasta las áreas con mayor endemismo, tanto en flora como en fauna, están localizadas en la zona andina y costera, por lo cual deben ser las que reciban el mayor esfuerzo en conservación.

A pesar de lo anterior, Aramayo (*et al.*, 2005), indican que estas áreas prioritarias a conservar están insuficientemente representadas en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado (SNASPE).

La Región de Antofagasta cuenta con seis unidades en el SNASPE: Reserva Nacional La Chimba, Reserva Nacional Los Flamencos, Parque Nacional Llullaillaco, Parque Nacional Morro Moreno, Parque Nacional Pan de Azúcar (una parte) y el Monumento Natural La Portada (CONAF, 2013). El análisis de Aramayo (*et al.*, 2005) considera en su análisis la Reserva Nacional Alto Loa, pero esta unidad está en proceso de formalización y aún no se formaliza su creación, y en la actualidad, la Región cuenta con una nueva unidad: el Parque Nacional Morro Moreno, cuya superficie es de 7.313, 89 ha (CONAF, 2013).

Con estas consideraciones, los autores indican que la superficie regional con áreas protegidas del Estado es del 5%.

2.2 Antecedentes generales de la Provincia El Loa

La Provincia El Loa se ubica al oriente de la Región de Antofagasta, tiene una superficie de 42.934,1 km² y posee una población de 143.689 habitantes. Su capital provincial es la ciudad de Calama (Gobierno Regional de Antofagasta, 2011).

Se ubicada en la Depresión Intermedia en pleno Desierto de Atacama. Hacia el sureste, ésta se ve reducida en tamaño, debido a la formación de un brazo occidental de la Cordillera de los Andes, conocida como Cordillera de Domeyko, que alcanza los 4.114 metros en el Cerro Quimal.

Entre la cordillera de Domeyko y la de los Andes se forma el altiplano donde se destacan la formación de la Cordillera de la Sal, una pequeña rama de la cordillera de Domeyko, el Salar de Atacama y el nacimiento del río Loa, el único que cruza las áridas llanuras atacameñas y que tiene una longitud de 440 kilómetros, siendo el más largo de Chile.

Al oeste, se ubica la Cordillera Andina propiamente tal, altamente volcánica. Destacan los volcanes Ollagüe (5.865 msnm), el Linzor (5.555 msnm) y el Licancabur (5.910 msnm), entre otros. La alta actividad geotérmica permite la formación de los géisers del Tatio. En el extremo oriental de la región se forma la Puna de Atacama, otra zona de altiplano ubicada en el límite con Bolivia y Argentina (Gobernación Provincia de El Loa, 2011).



Fuente: Gobernación Provincia de El Loa, 2011
(www.gobernacionloa.gov.cl/geografia.html)

2.2.1 Clima Provincia El Loa

El clima es Desértico Normal o Interior, caracterizado por una gran oscilación térmica diaria, esto es gran diferencia entre la temperatura más baja y la más alta. En altitud se presenta el clima Desértico de Altura y Desértico Marginal de Altura y las condiciones se vuelven muy extremas (Gobernación Provincia de El Loa, 2011) esta área es una de las más secas del mundo.

La temperatura máxima promedio es de 24,5° C y la mínima de 17,1° C. Las precipitaciones estivales son un poco más frecuentes y la máxima promedio es de 3 mm (Visit Chile.com, 2011).

Según Vita (1993), la Zona de tendencia desértica se ubica desde el extremo norte del país, hasta aproximadamente la Región de Copiapó.

A esta zona corresponden las regiones: Desértica litoral, desértica interior, de tendencia tropical, mediterránea perárida, mediterránea árida, mediterránea semiárida y mediterránea subhúmeda.

De acuerdo a la orografía, los límites de las regiones climáticas avanzan hacia el norte por la costa, debido a la influencia moderadora del océano, y en la precordillera andina, por efecto de la humedad disponible en esos sectores,

El mismo autor señala que la zona desértica en Chile se caracteriza por la ausencia casi total de lluvias, excepto en los años con Fenómeno del Niño.

2.2.2 Geomorfología

El carácter geomorfológico más relevante del paisaje es la presencia de río Loa, el cual nace en los faldeos del volcán Miño y transcurre en su totalidad por un profundo cañón, tornándose superficial en el área de la ciudad de Calama y vuelve a ser más subterráneo en la salida sur de la ciudad. Es entonces la presencia del río Loa la que permite hablar de "agricultura" a pesar de ser una región eminentemente árida. (Elgueta, E., 1996).

2.2.3 Vegetación y Fauna

El carácter taxonómico de la zona se asocia a un clima de grandes diferencias térmicas noche-día, suelo salino y escasas precipitaciones, que han llevado a diferenciar la flora y fauna adaptada a estas condiciones, con cambios fisiológicos particulares como en la cualidad de las plantas para resistir la salinidad y temperaturas extremas (Elgueta, 1996).

2.2.3.1 Vegetación

En concordancia con la disminución de las lluvias en sentido NW-SE, desde los Andes de Arica (18°S), hacia los de Antofagasta (24°S), se observa que la vegetación se retrae paulatinamente hacia mayores altitudes. Así, extensas áreas al interior de la ciudad de Calama, representadas por el Salar de Atacama, Cordillera de Domeyko y sectores bajos de la vertiente occidental andina corresponden a desiertos 'absolutos', con valores de coberturas de plantas vasculares prácticamente nulos. La hiperaridez de la región es interrumpida por oasis, como San Pedro de Atacama y Toconao, y algunas quebradas que cuentan con agua permanente (Villagrán C., *et al*, 1998).

El Piso Altoandino es predominantemente forrajero (52%) y los Pisos Puneño y Prepuneño son principalmente forrajero (Puneño, 31%; Prepuneño, 44%) y medicinal (Puneño, 25%; Prepuneño, 13%). También, en ambos pisos, las especies de plantas tintóreas y alimenticias son más abundantes que en el resto de la vegetación del área. La flora zonal de las quebradas, riberas de ríos, salares y chacras muestra un uso más diversificado, hecho que corresponde a la heterogeneidad vegetacional que caracteriza estas formaciones (Villagrán C., *et al*, 1998).

En el desierto Interior las condiciones ambientales se endurecen y tan sólo aparece la vegetación con la presencia de napas de agua subterráneas. En su entorno crecen bosques ralos de tamarugo y algarrobo. En las acumulaciones de aguas saladas se desarrollan el pasto salado y la totora. En las zonas pre andinas, con lluvias ocasionales, aparecen la estepa desértica y las cactáceas columnares (Villagrán C., *et al*, 1998).

Según la Clasificación de la Vegetación de Gajardo (1994), en la Provincia El Loa es posible identificar las siguientes regiones: Región del desierto, Región de las Estepas Altoandinas.

La Región del desierto se extiende desde el norte del país, hasta el Río Elqui, y está formada por cuatro subregiones:

- Sub-Región del desierto absoluto. Corresponde al desierto más seco, donde las precipitaciones son insignificantes. Se extiende por el interior hasta las cercanías del Río Copiapó. La vegetación obtiene agua en forma local a través de napas freáticas, o desde aluviones ocasionales provenientes de la Cordillera de los Andes. La mayor parte de esta vegetación ha sido alterada por el hombre y en la actualidad sólo existen plantaciones de *Prosopis tamarugo* y *P. chilensis*.
- Sub-Región del desierto andino. Representa el piso vegetacional superior del desierto, en las laderas occidentales de la Cordillera de los Andes, entre los 1.800 a 3.500 m. Presenta condiciones más favorables que la anterior, debido a la mayor cantidad de precipitaciones en la alta cordillera andina. Una formación que caracteriza a esta región es el Matorral desértico con suculentas columnares. En los cauces de ríos y oasis que bordean el Salar de Atacama existe una comunidad arbórea de *Prosopis chilensis* – *Geoffroea decorticans*.
- Sub-Región del desierto costero. Se extiende desde el norte a la Región de Coquimbo, por las laderas occidentales de la Cordillera de la Costa, desde el nivel del mar hasta los 1.500 m aproximadamente. La presencia de las neblinas costeras permite el desarrollo de una gran riqueza florística, que alcanza su máxima expresión en la formación Desierto costero de Tal-Tal, en el sector de Paposo, Región de Antofagasta.
- Sub-Región del desierto florido. Se extiende desde el Río Copiapó hasta el norte de La Serena, por la banda interior. Se caracteriza por el florecimiento de innumerables especies efímeras por influencia de precipitaciones periódicas.

En cuanto a la Región de las Estepas Altoandinas, ésta se encuentra en la Cordillera de los Andes, siendo su característica más representativa la altitud, que unido a la aridez relativa y un corto periodo vegetativo, lo que determina la particular fisonomía de las formaciones vegetacionales. Gajardo (1994), distingue dos subregiones:

- Sub-Región del altiplano y la puna. Se sitúa sobre los 4.000 m, sobre un relieve de altiplanicie. En el altiplano predomina un régimen climático con influencia tropical con lluvias de verano.
- Sub-Región de los Andes mediterráneos. En esta sub-región hay elementos de clima mediterráneo debido a la presencia de precipitaciones en invierno, con una gradiente que aumenta de norte a sur. La forma de vida dominante de la región son plantas bajas, herbáceas o arbustivas en cojín o gramíneas en manchón. En altitudes menores pueden encontrarse algunos elementos esclerófilos en el norte y caducifolios en el sur.

2.2.3.2 Fauna

La fauna asociada al bioma desértico interior es escasa y concentrada en hábitats concretos. En los valles humanizados se encuentran aves tropicales como el mataballos y el picaflor chico. En áreas secas vive un reptil, la salamandrea y en los tamarugales aparece un roedor característico, el tuco-tuco, que sirve de base alimentaria al pequén, una lechuza que caza tanto de día como de noche.

El ecosistema altiplánico es un paraíso para algunas especies de aves, mamíferos e insectos adaptados a sus peculiares condiciones ambientales.

Una de las aves más características es la tagua gigante, que vive en los humedales y es abundante en el lago Chungará. Es una especie única en el mundo, de gran tamaño, que se alimenta de plantas que crecen en el agua. Son aves que corren a gran velocidad por la superficie del agua y que difícilmente levantan el vuelo. Otra ave adaptada a este ambiente es el flamenco chileno o parina grande, de hermoso color rosado (Profesor en línea, 2011).

En el cielo del Altiplano se puede observar también el vuelo de predadores como el tuique, el halcón o el enorme cóndor.

Por su singularidad, lo más llamativo de la fauna del gran ecosistema altiplánico es la existencia de cuatro especies de camélidos sudamericanos, los grandes cuadrúpedos del Altiplano: el guanaco, la vicuña, la alpaca y la llama. El guanaco y la vicuña todavía permanecen en estado salvaje, mientras que la alpaca y la llama han sido domesticadas (Profesor en línea, 2011).

Entre los roedores se destacan la vizcacha, el cuy serrano y el armadillo, también denominado quirquincho, cuya caparazón es usada como caja de resonancia en un instrumento musical andino, el charango (Profesor en línea, 2011).

2.2.4 Sistema Hidrográfico

El sistema hidrográfico de la Región está constituido por una variedad de tipos de cuencas, tanto desde el punto de vista de su drenaje como de su origen, considerando éste según la ubicación del nacimiento de su curso principal (Balance Hidrológico Nacional – II Región, 1986).

De esta variedad, las de mayor importancia por la cantidad de recursos actualmente explotados, corresponden a la cuenca del río Loa, del tipo exorreico con origen andino, y a la cuenca del Salar de Atacama, del tipo endorreico y también de origen andino. Ambas cuencas conforman aproximadamente el 40% del total de la superficie de la Región. Sin embargo, si sólo se consideran las superficies que realmente contribuyen a la escorrentía, se llega aproximadamente al 20% de la superficie total de la región (Balance Hidrológico nacional – II Región, 1986).

2.3 Indicadores demográficos

La Provincia de El Loa tiene una superficie de 42.934,1 km² y posee una población de 143.689 habitantes (Gobernación Provincia de El Loa, 2011).

Cuadro 3. Estadísticas Provincia del Loa

Provincia	Superficie	Densidad hab/km ²	Población total	Población rural	Población urbana	Mujeres	Hombres
El Loa	41.999,6	3,4	143.689	5.151	138.538	69.719	73.970

Fuente: Educar Chile, 2011

2.4 Antecedentes socioeconómicos

Vita (1993), señala que el desierto chileno, a diferencia del peruano, presenta una población significativamente menor y gran parte de la alimentación de la zona desértica proviene de las zonas más húmedas del sur.

Históricamente, el desierto chileno fue habitado desde épocas prehistóricas. Los hombres se agruparon a lo largo de los valles, en zonas de interfluviales o en zonas lacustres, es decir, tenían su hábitat cerca del agua. Además se efectuaron circuitos trashumantes entre la costa y la pampa (Zelaya, 1970, citado por Vita, 1993).

De acuerdo a Habit (1980, citado por Vita, 1993), Tarapacá en lengua indígena significa “selva enmarañada”, en alusión a la extensa formación de tamarugo (*Prosopis tamarugo*) de la época, que ha sido comprobada por el descubrimiento de trozos semifósiles en una amplia zona.

Desde el punto de vista silvicultural, Vita (1993), señala que la actividad más relevante ha sido la forestación con fines ganaderos con tamarugos y algarrobos, realizada por CORFO en las décadas del 60 y 70, en la actualidad, administradas por CONAF, mediante la creación de áreas protegidas, como el caso de Reserva Nacional Pampa del Tamarugal, con una superficie de 100.174 ha, y el Bosque de Tambillo, sector 7 de la Reserva Nacional Los Flamencos, con una superficie de 6.013 ha, de las cuales 535,3 corresponden al Bosque de tamarugo (García, 2001).

En la actualidad, la Provincia El Loa es esencialmente minera, destacándose los yacimientos mineros el que produce más del 65% del Producto Interno Regional.

La extracción del Cobre ha aumentado explosivamente desde la creación de Codelco, pasando de 430 000 toneladas extraídas en 1974 a cerca de 3 millones en la actualidad. Las principales minas del país existen en la zona, destacándose los yacimientos estatales de Chuquicamata (la mina a tajo abierto más grande del mundo) y Radomiro Tomic, y las privadas La Exótica y La Escondida. También se extraen otros minerales como plata, molibdeno, oro, litio, hierro, yodo, carbonato de calcio y cuarzo, debido a la abundante riqueza mineral de sus suelos (Wikipedia, 2011).

El turismo ha experimentado un aumento considerable en los últimos años, especialmente debido a que San Pedro de Atacama y sus alrededores se convirtieron en lugares reconocidos internacionalmente por sus bellos parajes naturales.

2.4.1 Comunidades Indígenas

De acuerdo a lo publicado en el informe realizado el año 2003 “Comisión verdad histórica y nuevo trato - Informe final del grupo de trabajo del pueblo atacameño” se extraen los siguientes párrafos que pretenden caracterizar las comunidades indígenas localizadas en medio de los parajes más áridos y hostiles de este punto del planeta, desierto de Atacama y puna homónima.

Las Comunidades Atacameñas se ubican en su mayoría en la actual Provincia El Loa, II Región de Antofagasta, que comprende las comunas de Calama y San Pedro de Atacama. La comuna de Ollagüe, también integrante de este sistema administrativo, si bien presenta una población que en su mayoría ha sido caracterizada como de raigambre altiplánica, de influencia quechua, alberga a escasas personas atacameñas, las cuales coexisten con poblaciones provenientes de la primera región de habla aymará y que llegaron a la zona en busca de mejores oportunidades laborales, estimuladas en una pasada época, por el desarrollo de una auspiciosa minería de altura, principalmente azufrera, actividad que en la actualidad ya no se desarrolla.

En este marco, las Comunidades Atacameñas se distribuyen desde las nacientes del Río Loa por el norte (20° L.S.), hasta el extremo sur del gran Salar de Atacama (24°5' L.S.), ocupando una estrecha franja precordillerana y cordillerana, que coincide, en su punto más occidental, con una cota promedio de 2.000 msnm. (Castro y Martínez, 1996:69). De esta forma, las poblaciones que habitan este sector se agrupan en dos grandes áreas geográficas conocidas como cuenca del Río Loa Superior-Río Salado que está compuesta por las localidades de Conchi Viejo, Lasana, Chiú Chiú, Ayquina, Turi, Caspana, Toconce y Cupo, mientras que en la Cuenca del Salar de Atacama se distribuyen los poblados de San Pedro de Atacama y ayllus (Quitor, Conde Duque, Solcor, Yaye, Tchecar, Sequitor, Solor, Cucuter, Poconche, Beter, Coyo y Tolor) junto a los pueblos de Toconao, Talabre, Camar, Socaire y Peine.

Entre las dos cuencas antes descritas, se ubican una serie de asentamientos y estancias pastoriles que en el pasado debieron constituir un verdadero corredor de conexión entre estas unidades, y en ellas se emplazan los pintorescos pueblos de San Santiago de Río Grande y Machuca, ubicados al norte de San Pedro de Atacama. Cercana a Río Grande se emplaza la reciente conformada comunidad de Matancilla, que ubicada en las proximidades de Yervas Buenas, orienta su desarrollo productivo en torno a una auspiciosa actividad agrícola y ganadera.

Sin embargo, y considerando la evidencia otorgada por las investigaciones arqueológicas, se presume que el núcleo de la Cultura Atacameña debió haberse constituido en torno a los actuales ayllus que conforman el poblado de San Pedro de Atacama, ya que, en éstos se ha recuperado una gran cantidad de restos culturales que le han permitido ser conocida coloquialmente como la Capital Arqueológica de Chile.

Culturalmente, el área en donde se emplazan estas Comunidades Andinas presenta una configuración que desde tiempos históricos ha sido multiétnica, ya que, en estos territorios un número significativo de poblaciones provenientes del altiplano de lípez, actual Bolivia, y el noroeste argentino, se han asentado generándose un complejo escenario que remite a la actual trama étnica y cultural que presenta el área. Lo anterior ha sido especialmente observado en la época colonial, ya que, para los siglos XVI y XVII existen documentos etnohistóricos que indican el carácter interdigitado de la población (Martínez, 1998;

Castro, 1997:76), que pese a ser denominada como “atacameña”, no hacía otra cosa que cubrir con un manto de homogeneidad, a través del uso de ese apelativo, a los indígenas que habitaban desde esa época el corregimiento de Atacama y que se distribuían en las principales cabeceras de doctrinas del sector (Atacama la Alta y Atacama la Baja).

De esta forma, la discusión en torno al empleo del apelativo étnico Atacameño hasta hace poco era materia de discusión entre los investigadores del área (Castro y Martínez, 1996:69; Castro, 1995: 31), quienes recomendaban restringir el uso de tal denominación étnica, considerando la dinámica y las características que presentaba la realidad cultural que se desarrollaba particularmente en la cuenca del río Salado. Sin embargo, actualmente se ha producido un fenómeno de rearticulación socio identitaria (Rivera, 1997) entre los grupos humanos que pueblan estos territorios, que ha permitido alejar la noción de la desintegración de la identidad étnica atacameña, reemplazándola con aquella que indica claramente una reformulación de la misma, frente a los factores antagónicos que han afectado históricamente el devenir del pueblo atacameño. Ha contribuido a lo anterior, la promulgación de la ley indígena 19.253 en 1993 que mediante sus distintos programas de desarrollo y su orgánica asociada (CONADI), han generado escenarios propicios a la participación de los indígenas, que en la actualidad se auto describen como atacameños o Likan Antai en las dos principales áreas geográficas y culturales que conforman el hábitat de estas poblaciones andinas.

Actualmente, las dos áreas que integran el llamado territorio de los atacameños, han recibido tratamientos diferenciados por parte de las diversas administraciones del Estado de Chile desde el retorno a la democracia, ya que, mientras una se encuentra experimentando un fuerte proceso de inversión pública gracias a la declaración en 1997 del Área de Desarrollo Indígena Atacama la Grande, los sectores más septentrionales y que se remiten a la Cuenca de los Ríos Loa Superior-Salado, han sido considerados en un segundo plano, situación que ha generado en el presente un fuerte malestar entre los habitantes del sector, quienes se consideran marginados y postergados de los beneficios que este tipo de desarrollo indígena ha generado principalmente en la Comuna de San Pedro de Atacama.

De esta forma, la continuidad y el cambio de la Cultura Atacameña en el día de hoy, constituyen los factores que le han permitido a esta etnia proyectarse en el tiempo y, aunque no se posea una lengua viva que permita generar distingos respecto de otras poblaciones andinas, priman una serie de elementos supra lingüísticos que aún son posibles de observar en las concepciones de tiempo y espacio que se expresan en la cosmovisión atacameña (Grebe e Hidalgo, 1988). Los recorridos extensos acercan al turista a la cultura atacameña que aún perdura en la precordillera con comunidades indígenas dedicadas al cultivo agrícola en terrazas y a la artesanía.

2.4.2 Plantación de tamarugo (*Prosopis tamarugo*) de Tambillo, San Pedro de Atacama.

2.4.2.1 Contexto histórico

De acuerdo a Pérez (1984), a principios del siglo XX hay una ausencia total de políticas de desarrollo para el norte de Chile, especialmente en la zona interior y el Altiplano, y sólo se desarrollan algunos planes de emergencias, debido a catástrofes naturales o contingencias geopolíticas. Respecto a la infraestructura, el autor señala que la construcción de carreteras, ferrocarriles y aducciones de agua, fueron consecuencia de la

expansión de la ciudad y la presión de grupos económicos, que obligaron al Estado a implementar dichas obras.

El autor señala que en periodos posteriores, el Estado se interesa por el Altiplano al reconocer en ésta, una zona rica en recursos naturales, derivados principalmente de la minería y al mismo tiempo, susceptible de problemas sociales. Esto motivó la acción del Estado mediante la creación de programas de desarrollo económico y social, sin embargo, éstos fueron escasos y descoordinados, debido al desconocimiento de la realidad de la zona.

Por su parte, Habit (1980, citado por Vita, 1993), indica que en el norte de Chile, la aridez, el desempleo, la concentración de capitales de la minería, el escaso desarrollo industrial y la insignificante agricultura en reducidos sectores son los principales obstáculos al desarrollo social, económico y cultural de la población.

Posteriormente, entre las décadas del 30 y 50, Pérez (1984) señala que el incremento de estudios y proyectos sobre los recursos hídricos, debido a las necesidades de agua por parte de la minería y la población, permitieron recopilar importante información, que permitió al Estado implementar el año 1944, a través de CORFO (Corporación de Fomento de la Producción) la Estación Agrícola Canchones, cuyo objetivo era aprovechar la disponibilidad de agua subterránea en la Pampa del Tamarugal y sus alrededores.

El éxito de la estación agrícola, permitió seguir experimentando, ésta vez con posibilidad de mantener una masa ganadera que se alimentara de árboles y frutos autóctonos, tal como algarrobo y tamarugo. Por una parte, Pérez (1984), indica que en el quinquenio 1959-1963, CORFO desarrolla un programa integral, que pretendía asistir y equipar en términos comunitarios las diversas poblaciones, instaurando el año 1963 en la Estación Agrícola Canchones, un plan ganadero que contaba con 20 ovejas merino precoz y un carnero, cuyos resultados mostraron la adaptabilidad de los animales a la zona, la gran aptitud por el tamarugo, y el poder nutritivo del fruto y posiblemente, la hoja.

Por otro lado, Ortega *et al.*, (1989) en el documento CORFO: 1939-1989, 50 años de realizaciones, señala que en 1961 se desarrolló el Plan de Desarrollo Ganadero, ejecutado entre CORFO y productores particulares, cuyo objetivo era mejorar el nivel de vida de la población, y entre sus actividades contempló la entrega generosa de créditos “para la creación de praderas artificiales, adquisición de ejemplares y reproductores finos, sanidad, asistencia técnica y producción de semillas forrajeras”. Dicho plan, se ejecutó hasta 1964.

En el mismo documento, se señala que la CORFO realizó inversiones en recursos hidráulicos, tales como perforación de pozos, informes técnicos, capacitaciones publicaciones, entre otras actividades. Entre los años 1964 y 1970, se destacan las obras ejecutadas en la Provincia de Tarapacá, particularmente en la Pampa del Tamarugal, por su relación con el programa ganadero y ovejero, y en la Provincia de Antofagasta, en la cuenca del Salar de Atacama, por su conexión con el programa agrícola y de adaptación de tamarugos, que también estaba en ejecución en la zona.

Esta es la única referencia relacionada con la plantación de tamarugos de San Pedro de Atacama, que se encontró en la bibliografía consultada.

Luego, el año 1963, CORFO inicia el Programa Ganadero de la Pampa del Tamarugal. Sin embargo, en esta oportunidad, la institución trata de cambiar el enfoque de la problemática nortina, de modo de aprovechar las características propias de la región y desde un punto de vista social y de desarrollo económico armonizado, transformar el desierto en un sistema silvoagropecuario, a través de la continuación del programa de créditos que apoyan el aprovechamiento forrajero de frutos y hojas de tamarugo, con fines de alimentación del ganado ovino, bovino y caprino (Habit, 1980; Pérez, 1984).

De acuerdo a la bibliografía consultada, entre los años 1965 y 1970 en la Pampa del Tamarugal se habían reforestado con tamarugo 13.814 ha, distribuidas en las localidades de Salar de Bellavista, Salar de Sapinga y Refresco, siendo ésta última, la mayor superficie reforestada, con 8.324 ha (Plan de Manejo RNPT; Ortega *et al.*, 1989,).

Inicialmente, el trabajo y la investigación se concentraron solamente en aspectos de producción animal, y la adaptación de diversas razas ovinas y caprinas, luego en 1967, se iniciaron los estudios forestales, con el fin de determinar los mejores sistemas de plantación, la regeneración natural de árboles, mediante semillas, y aspectos básicos de fisiología vegetal, tal como la absorción de humedad atmosférica a través del sistema foliar.

En “Memoria CORFO en el Gobierno de la Unidad Popular (1970-1971)” se indica que las proyecciones del Programa Ganadero de la Pampa del Tamarugal era contar hacia el año 1975 con una masa ovina cercana al millón de cabezas y repoblar la Pampa salitrera con aproximadamente 10 mil a 12 mil personas. Se destaca también, que debido a la magnitud del programa, se encontraba en trámite una operación financiera ante el Banco Interamericano de Desarrollo que permitiera acelerar el proyecto de reforestación hasta conseguir 100 mil ha en 4 años.

Posteriormente, del trabajo realizado en la Pampa del Tamarugal, en el contexto del Programa Ganadero, se obtuvieron interesantes resultados, dentro de los cuales Habit (1980) destaca los siguientes:

1. El Tamarugo, árbol autóctono de la I Región, es de fácil propagación si se emplean técnicas adecuadas (CORFO, 1970; Lanino, 1972).
2. Los suelos más aptos para forestar y con menor costo de plantación son aquellos en que las napas freáticas se encuentran entre 2–10 m. de profundidad, lo cual permite un corto período de riego inicial.
3. El tamarugo vegeta en suelos con gruesa costra salina superficial de 0.10 a 0.60 de espesor. También se adapta y vegeta en suelos sin cubierta salina, tanto arenosos como arcillosos. En todo caso, es una especie que tolera altos grados de salinidad una vez iniciada la etapa de anclaje radicular.
4. Los salares y suelos forestados evaporan menor cantidad de agua que las áreas sin forestar. Las mediciones realizadas determinan que la evaporación anual dentro del bosque alcanza a 309 m³/há y fuera del bosque a 1.590 m³/há.

Respecto de la fisiología del tamarugo, el mismo autor indica que tiene la particularidad que en condiciones de alta humedad atmosférica, sobre 80%, absorbe agua a través de su sistema foliar, transportándola al sistema radicular y depositándola en la microrizósfera de donde es reabsorbida como agua (Sudzuki, 1969). Esta característica explica la razón por la cual prosperan tamarugos en áreas donde la napa freática se encuentra a 40 o más metros de profundidad, no existiendo entre ésta y el árbol un contacto radicular.

2.4.2.2 Plantación de Tambillo

En la bibliografía consultada, la única referencia respecto a la plantación de tamarugos de Tambillo, en San Pedro de Atacama, es la que señala el informe CORFO: 1939-1989, 50 años de realizaciones (Ortega, 1981), donde se indica que las captaciones de agua realizadas entre los años 1964 y 1970 se desarrollaron en la cuenca de San Pedro de Atacama por su conexión con el programa agrícola y de adaptación de tamarugos que se ejecutaba en la zona.

Por otra parte, se contactó a dos personas que trabajaron en esta plantación: Pablo Romero², oriundo de San Pedro de Atacama y ex guardaparque de la Reserva Nacional Los Flamencos, y Jaime Tapia³, quien fue ayudante del administrador del Programa, durante las faenas de plantación. En conversación con ellos, se obtuvo valiosa información sobre la plantación.

De acuerdo a la información revisada, se desprende que en la comuna de San Pedro de Atacama se ejecuta un programa similar al de la Pampa del Tamarugal, donde se vincula la plantación de tamarugo con la incorporación de ganado bovino y ovino. Es importante destacar que ambos entrevistados señalan que el tamarugo no es una especie natural del área de San Pedro de Atacama, por lo tanto se trataría de una especie introducida por el Programa. Se indica también que la plantación sólo consideró esta especie.

Aunque entre los entrevistados no hay correspondencia en las fechas de inicio y término del programa, es posible aproximar que la plantación se inicia entre los años 1963-1965, hasta 1971-1974. Los entrevistados tampoco concuerdan en los sucesos ocurridos al término del programa. Sin embargo, es posible deducir que hacia 1972 el programa estaba en su etapa final, y en los años 1973 y 1974, sólo se realizaron labores de riego y cuidados del ganado.

Algunas versiones indicaban que originalmente, la plantación consideraba el área entre el los poblados de San Pedro de Atacama y Toconao; sin embargo, Jaime Tapia desmiente esta versión, e indica que el objetivo de la plantación fue plantar 80.000 árboles, en una superficie que abarca aproximadamente desde el Ayllu de Solor por el norte, hasta los actuales límites de plantación por el sur. Hoy en día, la plantación se encuentra muy fragmentada, existen algunas áreas cerca de los pozos 3, 5 y luego la formación actual, en la vega de Tambillo, aunque es posible identificar en algunas áreas las casillas de plantación, e incluso algunos ejemplares, por ejemplo, en la entrada a la Laguna Cejar.

De acuerdo a los entrevistados, las faenas de plantación se realizaban con tres cuadrillas: hoyeros, plantadores y regadores. La hoyadura se hacía a mano, mientras que el regadío se realizaba con un camión aljibes, con dos personas que regaban dos filas a cada pasada del camión. El riego se hacía aproximadamente cada 15 días y se estima que cada planta recibía 10 litros de agua. El total de trabajadores era de 75 personas, pero hacia 1974, año en que según Jaime Tapia finalizaron las actividades del programa, sólo trabajaron 15 personas, principalmente en labores de regadío y cuidados del ganado introducido por el programa.

² Comunicación personal

³ Comunicación personal

Dicho ganado, estaba compuesto por ovejas y vacunos; sin embargo, ambos entrevistados concuerdan en que no tuvo éxito, por lo cual, los animales fueron vendidos incluso antes del término del programa, y finalmente sólo quedaban algunos ejemplares.

Respecto a la plantación, los entrevistados concuerdan en que las plantas eran traídas desde la localidad de Canchones, lo que coincide con la bibliografía consultada donde se indica que en este lugar CORFO instaló una Estación Agrícola. Las faenas de plantación se realizaban durante todo el año.

La altura de las plantas variaba entre 10 y 20 cm, contenidas en bolsas plásticas, las cuales eran rotas al momento de plantar. Las casillas de plantación consistían en dos hoyos, uno de aproximadamente 80x80 cm, dentro del cual, se hacía un segundo hoyo, de 20x20 cm, en el que se depositaba la plántula. Según uno de los entrevistados los primeros años se realizaron algunos replantes en las casillas con ejemplares muertos.

2.5 Encuestas

Durante la elaboración del proyecto se planificó la elaboración de encuestas a profesionales, privados y comunidades indígenas, cuyo objetivo era recopilar antecedentes de aquellos usuarios que tienen demandas sobre el recurso vegetacional en el área de estudio y posteriormente definir aquellas especies de mayor interés por parte de los encuestados para ser sometidas a un manejo silvicultural.

Sin embargo, en el área de la Provincia El Loa, parte del equipo de trabajo había desarrollado una serie de estudios que también mediante la aplicación de encuestas han permitido relevar importante información.

El año 2005, se desarrolló el proyecto “Estudio Etnobotánico y Jurídico de hierbas nativas de la Comuna de San Pedro de Atacama”, cuyo objetivo principal era conocer las propiedades curativas de las hierbas de la comuna de San Pedro de Atacama, las cuales son conocidas ancestralmente por sus efectos medicinales y otorgar la certificación de calidad de origen correspondiente.

Este estudio contó con fondos de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) de la Región de Antofagasta, la Ilustre Municipalidad de San Pedro de Atacama y la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena (CONADI) de la Región de Antofagasta.

El área de estudio fueron cinco localidades de la comuna de San Pedro de Atacama: Machuca, Río Grande, Socaire, Camar y Talabre. En cada una de ellas se identificaron personas vinculadas al conocimiento ancestral de las plantas medicinales, tales como hierbateros, componedores de huesos, parteras y yatiris (médicos indígenas) a los cuales se les aplicó una encuesta diseñada por la Prof. María Teresa Serra y revisada por personal de CONAF Antofagasta y CONADI Calama.

Además de la encuesta, se colectó material vegetativo para la elaboración de un herbario y para realizar estudios fitoquímicos de las especies medicinales relevantes.

Como resultado del estudio se aplicaron 12 encuestas, distribuidas en 5 yatiris, 6 hierbateros y una componedora de huesos. De ellos, 6 son hombres, 6 mujeres y la edad

varía entre los 30 y 70 años. En todos los casos, el aprendizaje de la plantas se ha transmitido a través de padres y abuelos que han desarrollado la misma actividad.

Se registraron un total de 90 especies, reunidas en 27 familias, de las cuales sólo Ephedraceae pertenece a las Gymnospermas. Entre las Angiospermas, 2 familias pertenecen a la clase Monocotiledonea y las 24 restantes son de la clase Dicotiledonea.

Las familias más comunes son: Asteraceae o Compositae (22 géneros y 31 especies), Verbenaceae, Lamiaceae o Labiadas y Apiaceae o Umbellíferas, muchas de las especies son nativas y propias de las regiones altoandinas del norte de Chile, Argentina, Perú y Bolivia, tales como chuchicandia, muñua, rica-rica, copa, queñoa, bailahuén, lejía, maransel, añawas, pingo-pingo, entre otras. Otras son comunes al territorio nacional, tal como matico, llantén, toronjil y otras conocidas a nivel mundial como romero, ruda, apio, ajo, menta, las cuales son cultivadas o compradas en ferias libres.

En cuanto a los usos, se pueden resumir en tres principales: medicinales, ceremoniales y utilitarias. En este último caso, se considera el uso como alimenticia, forrajera, bebidas o refrescos, tintóreas y construcción.

Entre las especies más nombradas por su uso medicinal, destacan copa-copa (*Artemisia copa*), chachacoma (*Senecio nutans*), bailahuén (*Haplopappus rigidus*), y pingo-pingo (*Ephedra breana*) y rica-rica (*Acantholippia deserticola*).

Posteriormente, en el año 2009, se desarrolló el proyecto “Estudio de propagación, revegetación y manejo de plantas de uso medicinal, forrajero y combustible susceptibles de bonificación según las especificaciones de la Ley de Bosque Nativo en la Provincia El Loa”, financiado por CONAF Antofagasta y cuyo principal objetivo fue “Definir las actividades susceptibles de bonificación de acuerdo a lo establecido en la Ley de Bosque Nativo y DL 701 en la Provincia El Loa”.

Una de las actividades del proyecto fue la aplicación de encuestas que permitieran establecer las especies manejables desde el punto de vista silvicultural que fueran susceptible de bonificación por parte de la mencionada Ley. Para ello, se realizaron encuestas a pobladores de comunidades indígenas y vecinos de la comuna de Calama, usuarios y concedores de la vegetación natural de la zona.

La encuesta fue aplicada a 18 personas de las localidades de Yaye, Séquitor y Solor, en la Comuna de San Pedro de Atacama, además de Calama, Cupo, Toconce y Ollagüe. La edad de los encuestados varió entre los 40 y 70 años, y 10 de ellas fueron realizadas a mujeres.

Las principales ocupaciones de los encuestados eran: jubilados, dueñas de casa, agricultores, pastores y artesanos, los últimos tres corresponden a los habitantes de poblados rurales (15 de los encuestados) quienes presentan una mayor cercanía con los recursos naturales, lo que se refleja a través del aprovechamiento y manejo de los recursos basado en tradiciones ancestrales, situación que se evidencia en el cultivo diversificado de las chacras, eficiencia en el uso del agua, estacionalidad de las actividades agrícolas, manejo de algarrobo y chañar, entre otras.

Con respecto a las especies, rica-rica (*Acantholippia deserticola*) fue la más nombrada por los encuestados, y se asoció fundamentalmente al uso medicinales y combustible.

Otras especies mencionadas fueron pingo-pingo (*Ephedra breana*), chachacoma (*Senecio nutans*) y bailahuén (*Haplopappus rigidus*), como medicinal. Entre las especies arbóreas, destaca algarrobo (*Prosopis alba*) y chañar (*Geoffroea decorticans*) por los múltiples usos de ambas especies (construcción, forrajero, combustible y medicinal).

Otras especies que si bien no fueron mencionadas ampliamente por los encuestados, fueron especialmente destacadas por los habitantes de los poblados cercanos, como ocurre con queñoa (*Polylepis tarapacana*) y paja brava (*Festuca orthophylla*), debido a sus usos en construcción tradicional de iglesias y techos, respectivamente.

Debido a lo anterior, el estudio consideró la instalación de 3 ensayos: medicinales, ubicado en la localidad de Socaire y donde las especies intervenidas fueron rica-rica (*Acantholippia deserticola*), bailahuén (*Haplopappus rigidus*), pingo-pingo (*Ephedra breana*) y añawa blanca (*Adesmia erinacea*).

Estas especies fueron intervenidas con cortas a un tercio de la altura y cortas totales, con el fin de observar la capacidad de rebrote.

El segundo ensayo, algarrobo (*Prosopis alba*) y chañar (*Geoffroea decorticans*), se instaló en el sector Solor en San Pedro de Atacama. Se aplicaron podas y clareos, y se determinó la respuesta de los ejemplares frente a la intervención. Finalmente, el tercer ensayo se instaló en la comuna de Ollagüe, con queñoa (*Polylepis tarapacana*), en cuyo caso se aplicaron podas y clareos, para determinar la respuesta de los ejemplares frente a esta intervención, además de cortas a un tercio de la altura y cortas totales para determinar la capacidad de rebrote.

Considerando los resultados obtenidos en los estudios mencionados y además en conjunto con personal técnico de CONAF Provincia El Loa y la Jefa del Departamento Forestal de la Región de Antofagasta, es que se determinó involucrar en este estudio aquellas especies en las cuales era necesario continuar con la recopilación de información, tal como queñoa y algarrobo, y agregar aquellas especies de interés para la comunidad como es el caso de paja brava.

2.6 Características de las Regiones Desérticas y Altilpánicas

El área de este estudio está contenida en la Zona de Tendencia Desértica, descrita por Vita (1993), que se ubica desde extremo norte del país hasta aproximadamente el área de Copiapó y dentro de ella se distinguen dos regiones: Región desértica litoral y Región desértica interior, debido a que la influencia moderadora del océano, por una parte, y la precordillera andina, por otra, entregan características particulares a cada una de las regiones.

2.6.1 Región desértica litoral

Se ubica a lo largo de la costa, en el área de influencia de la neblina, cuyo efecto condiciona ambientes ecológicos más favorables y la tendencia desértica se ve atenuada por la influencia del mar. Se caracteriza por poseer un periodo de aridez de 12 meses, ausencia de estación fría, con temperaturas medias de 17,5° C, humedad relativa de 75% y pluviosidad anual de 15 mm, pero la influencia de intensas neblinas, permiten el desarrollo de caméfitas, cactáceas y plantas anuales, que muestran una actividad biológica más fuerte en invierno (Vita, 1993).

2.6.2 Región desértica interior

Corresponde a una banda ubicada al oriente de la Región desértica litoral hasta la Cordillera de los Andes, donde a altitudes entre los 2.500 y 3.000 m aparecen las primeras lluvias regulares de verano. Esta región corresponde a un desierto absoluto, con 12 meses áridos, 2 a 3 meses de fríos en invierno, temperaturas medias de 15,5°C, humedad relativa del 50% y pluviosidad anual entre 0 y 10 mm. La vegetación está prácticamente ausente, y sólo se desarrollan algunas caméfitas en valles y quebradas abiertas, y *Prosopis* en áreas con napas freáticas superficiales (Vita, 1993).

2.6.3 Fisiografía y suelos

En la Zona de Tendencia Desértica el rasgo fisiográfico más característico es la estrecha banda costera limitada por un acantilado que alcanza altitudes de hasta 1.500 m, y que limita la entrada de la neblina hacia el interior (Vita, 1993).

Respecto a los suelos, en el litoral son de tipo rojo desértico con pliegues salinos, de mayor desarrollo que los suelos del interior. En la región desértica interior, los suelos corresponden a sedimentos fluviales o salinos (salares), de tipo rojo desértico (Vita, 1993) y según Peralta (1971, citado por Vita, 1993) son muy delgados, no alcanzando los 20 cm de profundidad, pedregosos, de texturas sueltas, y corresponderían a suelos grises de desierto.

2.6.4 Pisos vegetacionales

La clasificación bioclimática de Luebert y Pliscoff (2006), tal como lo indican los autores, está basada en una clasificación anterior, realizada por Amigo y Ramírez (1998), pero incorpora nuevos elementos. De acuerdo a los autores, en la zona del país se ubica el macrobioclima tropical, que se extiende desde el extremo norte hasta los 23° S por la costa, reúne los bioclimas tropical pluviestacional, xérico, desértico e hiperdesértico. De acuerdo a la clasificación de la vegetación propuesta por los autores, en la Región de Antofagasta se encuentran los siguientes pisos vegetacionales:

- Desierto absoluto
2. Desierto tropical interior con vegetación escasa
- Matorral desértico
3. Matorral desértico tropical interior de *Atriplex atacamensis* y *Tessaria absinthioides*
5. Matorral desértico tropical costero de *Nolana adansonii* y *N. lycicoides*
6. Matorral desértico tropical costero de *Ephedra breana* y *Eulychnia iquiquensis*
7. Matorral desértico mediterráneo costero *Copiapoa boliviana* y *Heliotropium pycnophyllum*
8. Matorral desértico mediterráneo costero *Heliotropium eremogenum* y *Eulychnia morromorenoensis*
9. Matorral desértico mediterráneo costero *Gypothamnium pinifolium* y *Heliotropium pycnophyllum*
10. Matorral desértico mediterráneo costero de *Euphorbia lactiflua* y *Eulychnia iquiquensis*
11. Matorral desértico mediterráneo costero *Euphorbia lactiflua* y *Eulychnia saint-pieana*
12. Matorral desértico mediterráneo interior *Oxiphylum ulicinum* y *Gymnophyton foliosum*
15. Matorral desértico mediterráneo interior de *Skytanthus acutus* y *Atriplex deserticola*

- Matorral bajo desértico
22. Matorral bajo desértico tropical interior *Adesmia atacamensis* y *Cistanthe salsoloides*
 23. Matorral bajo desértico tropical andino de *Atriplex imbricata* y *Acatolippia deserticola*
 24. Matorral bajo desértico tropical interior *Nolana leptophyllia* y *Cistanthe salsoloides*
 25. Matorral bajo desértico tropical mediterráneo andino de *Atriplex imbricata*
- Matorral bajo de altitud
103. Matorral bajo tropical andino de *Fabiana denudata* y *Chuquiraga atacamensis*
 104. Matorral bajo tropical andino de *Fabiana squamata* y *Festuca chrysophylla*
 105. Matorral bajo tropical andino de *Fabiana bryoides* y *Parastrephia quadrangularis*
 106. Matorral bajo tropical andino de *Mulinun crassifolium* y *Urbania pappigera*
 107. Matorral bajo tropical andino de *Artemisia copa* y *Stipa frigida*

2.7 Usos y productividad de la vegetación

Históricamente el norte del país, y especialmente la zona interior y el altiplano, ha estado en condiciones de aislamiento, ausente de políticas permanente de desarrollo, y sólo con algunos planes de emergencia derivados de catástrofes naturales o contingencias políticas (Pérez, 1984).

A pesar de lo anterior, esta zona ha sido habitada por el hombre desde épocas prehistóricas, especialmente aquellas áreas donde la disponibilidad de agua es mayor, como quebradas y zonas interfluviales, desarrollando rutas de transhumancia entre la costa y el interior. Un género que ha acompañado al hombre en esta zona es *Prosopis*, sirviendo como alimento en la dieta humana y como fuente combustible y madera de construcción (Vita, 1993).

Luego, en épocas más recientes, la minería especialmente de salitre y cobre generaron una fuerte presión en la vegetación para la obtención de combustible que alimentara la industria en desarrollo. Especies como queñoa (*Polylepis tarapacana* y *Polylepis rugulosa*) y llareta (*Azorella compacta*) fueron intensamente explotadas para la obtención de leña y fabricación de carbón.

Respecto de la productividad de la vegetación en esta zona, Habit (1980) señala que en plantaciones de tamarugo, realizadas en la Pampa del Tamarugal, esta especie crece aproximadamente 0,5 cm al año. En cuanto a la producción de frutos, el autor indica que un ejemplar adulto de 40 años puede producir hasta 300 kilos de frutos.

Un estudio interesante destacado por Vita (1993) corresponde a un registro del crecimiento de llareta realizado por Consigny (1971) quien señala que el máximo crecimiento en altura y diámetro de copa de esta especie es de 4,1 y 5 mm al año, respectivamente. El mismo autor agrega que una llareta se encuentra en condiciones de ser explotada para leña después de los 200 años de edad.

2.8 Manejo silvicultural en formaciones nativas

2.8.1 Antecedentes del manejo silvicultural en zonas áridas y xerofíticas

Vita (1997) señala que la silvicultura de zonas áridas presenta algunas particularidades respecto de la silvicultura tradicional que le permite adaptarse a las restricciones ambientales y socioeconómicas de estas áreas.

Como primera característica, el autor señala que los bosques de zonas áridas tienden a ser más abiertos, debido a la limitación de agua, lo que se traduce en ecosistemas de productividades más bajas y a su vez, implica que la superficie de manejo deba ser mayor para compensar la demanda de la producción.

Se destaca como otra particularidad, es el proceso de regeneración natural por semillas, ya que por una parte, en estados iniciales de desarrollo, las especies requieren de cierta protección horizontal o vertical. Otro aspecto, es la dependencia de la cantidad y distribución de las precipitaciones. Finalmente, el autor señala que la degradación de los suelos en estas áreas agudiza la dificultad para obtener regeneración natural por semillas. Debido a lo anterior, las especies muestran una alta capacidad de regeneración vegetativa, como mecanismo de adaptación a las condiciones de sequía y a las perturbaciones de tipo antrópico.

Por último, el autor señala que en la silvicultura de zonas áridas, la poda adquiere una mayor relevancia como mecanismo de cortas intermedias, debido a que esta intervención permite adaptar la arquitectura de los árboles o arbustos a las necesidades requeridas por los objetivos de manejo.

En el caso de las formaciones xerofíticas, Vita (2007) señala que esta tipo de vegetación cumple un importante rol en las áreas donde se desarrollan: protección de suelos, sustento de la fauna nativa, fuente de recursos alimenticios, combustible y fabricación de artesanías para las poblaciones locales. Particularmente la vegetación asociada al Desierto Marginal de Altura y Altiplano es ampliamente utilizada por su uso medicinal, combustible, forrajero, entre otros.

Debido a lo anterior, el autor destaca que la conservación de este tipo de vegetación es determinante en el mejoramiento de las condiciones de vida de las poblaciones locales.

2.8.2 Ordenación

Se entiende por ordenación la organización en el espacio y el tiempo de las intervenciones silviculturales con el propósito de controlar la producción, optimizarla y asegurar su persistencia (Vita, 1993). La unidad básica para desarrollar un plan de ordenación es el cuartel o serie, que el autor define como áreas autosuficientes para la producción de bienes y servicios en forma permanente, y donde se aplica un tratamiento silvicultural en específico. Al tomar como base la vegetación forestal, la unidad de ordenación quedará definida por el tipo vegetacional al que se aplicará el mismo tratamiento silvicultural.

El autor destaca que si la superficie del predio donde se realizará la ordenación es grande y el producto objetivo es de valor, el tipo forestal se puede dividir en varias unidades de ordenación, cada una con su propio plan de manejo. En esta situación se hace la diferencia entre cuartel y serie, siendo el primero el tipo forestal o la unidad mayor, mientras que la serie correspondería a unidades de ordenación menores.

Vita (2007) indica que al inicio de un plan de ordenación, se debe considerar la superficie donde se aplicará el plan, en este sentido, las opciones son: terrenos con vegetación leñosa de interés para cumplir los objetivos de manejo, o en su defecto, terrenos sin este tipo de vegetación.

En el segundo caso, es decir, en terrenos sin vegetación manejable, existen dos caminos a seguir. Por una parte, se puede recurrir a la acción de la dinámica natural, protegiendo el área y esperar que mejore de forma natural la vegetación del área, o la alternativa, es establecer una forestación.

En el caso de los terrenos con vegetación manejable, el autor señala que los objetivos de manejo son:

- Mejorar de las condiciones de crecimiento, mediante la aplicación de cortas intermedias, tales como clareos o podas, o con la realización de trabajos al suelo para cosecha de aguas lluvias. Estas medidas permiten vigorizar los ejemplares y aumentar la tasa de crecimiento.
- Regeneración, mediante la cosecha de ejemplares maduros o sobremaduros, o cuando se desea rejuvenecer ejemplares muy envejecidos. La regeneración se puede realizar por semillas o por vía vegetativa.

La regeneración por semillas, como se señaló anteriormente, es altamente dependiente de los años de ocurrencia de lluvias altiplánicas, por ejemplo, como ocurre con queñoa en el Altiplano; tamarugo (*Prosopis tamarugo*), algarrobo (*Prosopis alba*) y chañar (*Geoffroea decorticans*) en los salares de la zona desértica. En el caso de queñoa, esta especie requiere de plantas nodrizas, que son generalmente ejemplares de otras especies que protegen a las plántulas de queñoa en los primeros años de desarrollo.

Un complemento a las actividades anteriores es el enriquecimiento, que consiste en la plantación de ejemplares de vivero para aumentar la cobertura de una especie deseada. Vita (2007) indica que, a diferencia de la forestación, la cantidad de plantas es menor, además, el establecimiento no requiere de un diseño determinado, ya que depende de la cobertura y disposición original de la especie objetivo. Esta actividad se realizó con queñoa en el sector Causisa de la Comuna de Ollagüe, donde CONAF Antofagasta estableció ejemplares en una formación de natural de esta especie⁴.

Respecto de las cortas intermedias, en la Región no existen muchos antecedentes respecto al manejo de la vegetación nativa. Los casos encontrados corresponden al manejo de la plantación de tamarugo de Tambillo, en la Comuna de San Pedro de Atacama.

⁴ Comunicación personal con personal de la Oficina Regional y Provincial El Loa de la CONAF Antofagasta.

García (2001) realizó una caracterización y propuesta de tratamientos silviculturales para esta plantación. Su estudio arrojó como resultado que la plantación presenta sectores con excelente estado y otros con resultados menos satisfactorios y está fuertemente afectada por un lepidóptero del género *Heliothis*.

El autor además indica que en la plantación se han aplicado podas y raleos, en una superficie de 4 ha. Dicha intervención se realizó con el objetivo de proporcionar condiciones adecuadas para el establecimiento de un lugar de descanso para turistas que viajan entre San Pedro de Atacama y Toconao.

Entre las recomendaciones del autor para este sector, está la forestación en algunos sectores aledaños a la plantación con el fin de ordenar la producción anual y satisfacer las demandas de productos.

En cuanto a las intervenciones silviculturales, el autor propone la aplicación de podas y raleos enfocados a producir arquitecturas adecuadas de los ejemplares para la producción de forraje y madera de alta calidad.

Posteriormente, Vita *et al.* (2007) realizaron la actualización del Plan de Ordenación donde se propone una ordenación por volumen con una rotación de 60 años, y privilegiando la aplicación de intervenciones en los sectores que presentan mayor densidad de copa y desfavorable estado sanitario, principalmente con daño en los fustes. Se propone una estructura meta de monte alto regular para la situación actual de la plantación, mientras que para la próxima generación correspondería a un fuste sobre cepa. Se recomienda dejar al menos de un 10% de superficie sin intervenciones, que cumpla el propósito de un área testigo, para evaluar y comparar los resultados de las intervenciones.

Como producto, la fabricación y comercialización de carbón, estableció una producción meta de 2.500 kg mensuales, de los cuales 1.500 kg se destinan a la comuna de Calama, y 1.000 a los poblados de San Pedro de Atacama y Toconao.

El plan considera también la actividad turística en torno al bosque de Tambillo, y se señala que puede mejorar mediante la fabricación de artesanías, instalación de granjas educativas y zona de albergues.

3. OBJETIVO 3: Determinar mecanismos generales sobre la dinámica natural y regeneración de dichos tipos.

3.1 Antecedentes generales sobre la dinámica de la vegetación

De acuerdo a Gallardo y Gastó (1987) un ecosistema que crece en un ambiente constante, alcanzando un máximo, y persiste en un estado de equilibrio con el medio, se encuentra en un estado de clímax o estado climácico.

Por otra parte, los autores señalan que las comunidades vegetales presentan transformaciones, que son espontáneas y graduales: cuando estas transformaciones ocurren en áreas que no han sido ocupadas previamente, se denomina sucesión primaria. Por otro lado, se denomina sucesión secundaria al proceso que se inicia en una comunidad al finalizar la acción de un operador natural o antrópico de retrogradación.

Respecto de las alteraciones que sufren los ecosistemas, Gajardo (1994) señala que la “vegetación natural potencial” correspondería a la vegetación que existiría en un área determinada al suspender de forma permanente la acción del hombre en dicha superficie, pero integrando las modificaciones que su actividad ya ha producido.

En la Región de Antofagasta no existen muchos antecedentes sobre la dinámica de la vegetación. Acevedo y Pastenes (1983, citados por Vita, 1993) observaron que la regeneración natural por semillas en tamarugo, en la Pampa del Tamarugal, se produce cuando ocurren inundaciones provocadas por las avenidas provenientes de los Andes, permaneciendo un mes más apozadas en la superficie, permitiendo su infiltración a grandes profundidades. Estos eventos ocurrirían aproximadamente cada 30 o 40 años.

De acuerdo a lo anterior, Vita (1993) indica que posiblemente las poblaciones naturales de *Prosopis* presenten estructuras de edad donde se pueden apreciar estratos coetáneos, asociadas a la frecuencia de las inundaciones.

Luebert y Pliscoff (2006) indican, en general, que los procesos de la dinámica de la vegetación en los pisos ubicados en la Región de Antofagasta están determinados por las precipitaciones y en algunos casos, las especies presentan adaptaciones para sobrevivir en ambientes de extrema aridez. En la costa, la influencia de la neblina permite el desarrollo de la vegetación. Hacia el interior, se hace más evidente que las especies se encuentran adaptadas a las escasas precipitaciones, estivales o invernales. Mientras que en la zona andina, las plantas en cojín y gramíneas serían colonizadoras y facilitarían la entrada a otras especies comportándose como nodrizas. En este caso también, la variabilidad de las precipitaciones determina los procesos regenerativos de algunas especies.

3.2 Observaciones de terreno respecto a la regeneración natural por semillas

En las visitas realizadas a las formaciones naturales de queñoa, se observó que esta especie se encuentra asociada a llareta (*Azorella compacta*), y ambas están asociadas, a su vez, a situaciones de alta pedregosidad.

Al interior de las poblaciones de queños, se observan muy pocos ejemplares muertos o sobremaduros, y al contrario, una gran cantidad de regeneración natural por semillas tanto al interior como en los límites de las poblaciones. De lo anterior, se podría desprender que en poblaciones de queñoa como Río Polán y Causisa, la estructura es irregular cercana a equilibrada.

En paja brava, se observó abundante floración y semillación. Al observar cuidadosamente la estructura de las poblaciones, es posible apreciar la existencia de ejemplares en distintos estados de desarrollo lo que indicaría que las comunidades se estarían autorrenovando. Se presume que las formaciones visitadas particularmente por el camino de acceso a los Geysers del Tatio, se encuentran en un estado climácico o cercano al clímax

Para el género *Prosopis*, se observó que en condiciones naturales, algarrobo se ubica en sectores bajos, con agua permanente en la napa freática y en ambientes cercanos a los salares. La regeneración se presentaría en oleadas, luego de eventos de fuertes lluvias en el altiplano. Debido a lo anterior, las especies del género presentarían estructuras en estratos regulares, similar a lo que ocurre con Tamarugo.

4. OBJETIVO 4: Establecer protocolos para la propagación de las principales especies de los tipos definidos.

4.1 Análisis de semillas

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Semillas y Cultivo de Tejidos del Jardín Botánico Chagual de Santiago.

Las semillas se colectaron en la II Región y el Laboratorio las recibió entre el 25 de mayo de 2011 y el 23 de julio de 2012. Las especies y cantidades recibidas se indican en el Cuadro 1; en algunas especies las semillas habían sido extraídas de los frutos y ya habían sido sometidas a un proceso de limpieza, y en otras se recibieron frutos.

Cuadro 4. Nombre científico y vulgar de las especies, y cantidad de semillas recibidas por el Laboratorio de Análisis de Semillas y Cultivo de Tejidos del Jardín Botánico Chagual de Santiago.

Nombre científico	Nombre vulgar	Fecha colecta	Lugar de colecta	Coordenadas UTM*	Cantidad Recibida
<i>Acantholippia deserticola</i>	Rica rica	08/01/2012	Quebrada de Guatín, Alto Loa	7.481.783 N 594.906 E	36,6 g (semillas)
<i>Acantholippia deserticola</i>	Rica rica	24/06/2012	Bosque de Tambillo	7.441.422 N 593.045 E	1,8 g (semillas)
<i>Azorella compacta</i>	Llaretta	30/04/2011	Chalhuire, Comuna de Ollagüe	7.644.277 N 550.746 E	7,9 g (semillas)
<i>Echinopsis atacamensis</i>	Cardón, Cardón grande, Cavul	04/12/2011	Panire, Comunidad Ayquina, Alto Loa	7.548.178 N 571.057 E	8,2 g (frutos)
<i>Echinopsis atacamensis</i>	Cardón, Cardón grande, Cavul	08/01/2012	Quebrada de Guatín, Alto Loa	7.481.752 N 594.741 E	389 g (frutos)
<i>Echinopsis atacamensis</i>	Cardón, Cardón grande, Cavul	08/01/2012	Quebrada de Guatín, Alto Loa	7.481.752 N 594.852 E	446 g (frutos)
<i>Ephedra breana</i>	Pingo pingo	08/01/2012	Río Grande, Alto Loa	7.492.882 N 594.852 E	51 g (flores)
<i>Festuca chrysophylla</i>	Paja brava	01/07/2012	Machuca, camino al Tatio	7.498.333 N 607.016 E	4,2 g (semillas)
<i>Haplopappus rigidus</i>	Baylahuén	04/12/2011	Toconce, Alto Loa	7.538.611 N 580.538 E	8,7 g (semillas)

* Datum WGS 84 Huso19 S

En el laboratorio se hizo una extracción manual de las semillas (si correspondía) y limpieza. Posteriormente, previa comprobación de la autenticidad, se les determinó la pureza, el número de semillas por kilogramo y el contenido de humedad. Luego, a una muestra de las semillas puras se les determinó el porcentaje y la velocidad de germinación.

Dentro de lo posible, dada la poca cantidad de semillas recibida de cada especie, los análisis se realizaron según las prescripciones de las reglas ISTA (International Seed Testing Association). Los valores obtenidos en los análisis corresponden al promedio de 2 a 4 repeticiones, dependiendo de la determinación realizada, tal como lo indican las reglas ISTA. Igualmente, para determinar el contenido de humedad de cada lote, las semillas fueron pesadas en una balanza eléctrica con una precisión de 4 decimales y el secado se realizó en una estufa eléctrica de aire forzado, a 105°C durante 17 hr.

Los ensayos de germinación se realizaron en una cámara de cultivo, a 5° a 15° y/o 25°C, sin luz. Las semillas se dispusieron en placas Petri con papel filtro, tres repeticiones de 25 semillas por cada tratamiento, y se ubicaron al interior de la cámara de cultivo.

La germinación se controló diariamente, considerando germinadas aquellas semillas que presentaban una radícula de una longitud superior a 2 mm. En base a las semillas germinadas se determinó el Porcentaje y la Velocidad de germinación. Esta última se determinó a través del Valor máximo de Czabator (Czabator, 1962) que corresponde al cociente máximo obtenido al dividir diariamente el porcentaje de germinación acumulado por los días transcurridos desde el inicio. La germinación acumulada al ocurrir el Valor máximo, se denomina Energía germinativa y el número de días transcurridos desde el inicio corresponde al Periodo de energía.

Durante todo el período, desde la recepción de las muestras hasta el término de los ensayos, las semillas permanecieron almacenadas en refrigerador hasta que fueron ocupadas.

4.2 Resultados de los Análisis de las Semillas

Las determinaciones realizadas dependieron de la cantidad de semillas recibidas. Como no se encontró referencias escritas sobre la propagación de las especies involucradas, los ensayos estuvieron dirigidos a determinar los valores de los parámetros físicos de los lotes de semillas colectados y, también, determinar los valores de capacidad germinativa y velocidad de germinación de las semillas sin la aplicación de tratamientos pregerminativos, al no tener conocimiento de la presencia o no de barreras a la germinación (latencia). En aquellos lotes de semillas en que la cantidad colectada lo permitía se probaron dos, y hasta tres, temperaturas de cultivo; además, después de varios meses se repitió el ensayo con el objeto de determinar la capacidad de almacenamiento.

Los resultados obtenidos para cada especie no se pudieron comparar por la inexistencia de antecedentes escritos.

4.2.1 *Acantholippia deserticola* “Rica rica”

Se analizaron dos lotes de semillas, el primero colectado el 8 de enero del 2012 por Rafael González y el segundo por Andrea Choque, colectado el 24 de junio del 2012. El primer lote llegó al laboratorio el 23 de enero del 2012 y el segundo, el 23 de julio del 2012.

Ambos lotes analizados presentaron una baja pureza y un alto porcentaje de semillas vanas. La pureza del primer lote de semillas fue 2,5% y 6,4% el segundo (Cuadro 5). El porcentaje de semillas vanas, según un ensayo de corte preliminar, fue 84% para el primer lote y 96% para el segundo (Fotos 1 y 2).

Cuadro 5. *Acantholippia deserticola*: resultados de los análisis de semillas efectuados a los dos lotes recibidos.

Fecha Colecta	Contenido Humedad (%)	Pureza (%)	Nº Semillas/kg
08/01/12	7,11	2,5	4.273.504
01/07/12	6.41	6,4	7.284.639
Promedio	6,76	4,5	5.779.072



Foto 1. Semillas de *Acantholippia deserticola* e impurezas (izquierda), se observan algunas dañadas. Foto 2. Semilla en corte transversal, vana, observada bajo la lupa, sostenida mediante una pinza metálica.

Las semillas del primer lote no germinaron a 15° ni a 25°C y, de acuerdo al ensayo de corte final, entre un 85,3 y un 96% de las semillas se encontraban muertas. En el segundo lote, la germinación fue baja, aunque mayor a 25°C (13,3%) que a 15°C (Cuadro 6). Los ensayos de ambos lotes se iniciaron el 12 de abril del 2012, y tuvieron una duración de 31 días.

Cuadro 6. Resultados obtenidos en los ensayos de germinación realizados con las semillas de *Acantholippia deserticola* “Rica rica”

Fecha Colecta	Temperatura Cultivo (°C)	Capacidad Germinativa (%)	Valor Máximo	Energía germinativa (%)	Período Energía (días)	Semillas Muertas (%)
08/01/2012	15	0	-	-	-	85,3
	25	0	-	-	-	96
01/07/2012	15	2,67	0,4	2,67	12	70,7
	25	13,33	1,4	9,3	7	77,3

Dado el bajo porcentaje de pureza, el alto porcentaje de semillas vanas y la escasa cantidad de semillas recibidas, no se efectuaron otros ensayos.

4.2.2 *Azorella compacta* “Llaretá”

Se recibió un solo lote de semillas (Foto 3), colectado por Andrea Choque el 30 de abril del 2012 y se recibió en el Laboratorio el 23 de julio del mismo año. El lote presentaba una pureza de 99% (Cuadro 7) y según el ensayo de corte preliminar realizado, un 8% de las semillas se encontraba vana.



Foto 3. Semillas de *Azorella compacta* e impurezas

Cuadro 7. *Azorella compacta*: resultados de los análisis de semillas efectuados al lote recibido.

Fecha Colecta	Contenido Humedad (%)	Pureza (%)	Nº Semillas/kg
08/01/2012	12,7	99	352.513

Como se contaba con suficiente semilla, se montaron dos ensayos de germinación, con algo más de 9 meses de separación. Aparentemente, 15°C sería una temperatura más apropiada para la germinación de semillas de *Azorella compacta* que 25°C.

Aunque los resultados mostraron una gran baja en el porcentaje de germinación en este intervalo de tiempo, se debe considerar que el segundo ensayo de germinación sólo tuvo una duración de un tercio con respecto al primero, y como se observa en el Cuadro 8, el ensayo se finalizó cuando a 15°C se había alcanzado la mayor velocidad de germinación (Energía germinativa igual a Capacidad germinativa y Período de energía coincide con término del ensayo), lo que indicaría que si el ensayo se hubiera prolongado las semillas podrían haber continuado germinando. Si esto fuera así, demostraría que las semillas poseen la capacidad de ser almacenadas por varios meses.

Cuadro 8. Resultados obtenidos en los ensayos de germinación realizados con las semillas de *Azorella compacta* “Llaretá”.

Fecha de inicio del Análisis	Duración Análisis (días)	Temperatura (°C)	Capacidad Germinativa (%)	Valor Máximo	Energía germinativa (%)	Período Energía (días)	Semillas Muertas (%)
27-06-12	98	15	41,33	0,77	34,67	46,00	51,33
15-04-13	32	15	14,67	0,47	14,67	30,00	42,67
		25	2,67	0,09	2,67	31,00	60,00

4.2.3 *Echinopsis atacamensis* “Cardón; Cardón grande, Cavul”

Se recibieron tres lotes de frutos colectados por Rafael González, el primero colectado el 4 de diciembre del 2011, y el segundo y el tercero colectados el 8 de enero del 2012. Los tres lotes ingresaron al Laboratorio el 23 de enero del 2012.

El primer lote estaba constituido por 5 frutos, de escaso desarrollo, que pesaron 8,2 g en total. Con esta muestra se determinó que el número de frutos/kg era de 590,8, que cada fruto portaba 0,3 g de semillas y que todas ellas se encontraban vanas.

El segundo lote comprendía 37 frutos con un peso total de 389 g. El número de frutos/kg era de 87, cada fruto portaba 2,6 g de semillas y un 41% de las semillas estaban vanas.

El tercer lote estaba compuesto por 27 frutos que pesaron, en total, 446 g. El número de frutos/kg fue 71, cada fruto contenía 4,1 g de semillas y el 34% se encontraban vanas.

La gran diferencia en el número de frutos/kg entre el primer lote con respecto al segundo y tercero, se debió al estado de inmadurez con que fueron colectados los frutos del primer lote (Foto 4), lo que explica también el 100% de sus semillas se encontraran vanas.



Foto 4. Frutos de *Echinopsis atacamensis*, colectados maduros el 8 de enero del 2012 (derecha) y colectados inmaduros el 4 de diciembre del 2011 (izquierda).

Una vez procesados los frutos (Foto 5), las semillas pueden ser limpiadas sin mayor dificultad (Foto 6), alcanzando un elevado porcentaje de pureza (99%). Al calcular el número de semillas/kg promedio (1.817.218 sem/kg) no se consideró el valor determinado con las semillas vanas del primer lote (Cuadro 9).



Foto 5. Fruto de *Echinopsis atacamensis* cortado transversalmente, mostrando en el interior las semillas (de color negro) y la pulpa.



Foto 6. Semillas extraídas de 37 frutos de *Echinopsis atacamensis*, previo a la limpieza final.

Cuadro 9. *Echinopsis atacamensis*: resultados de los análisis de semillas efectuados a los tres lotes recibidos.

Fecha Colecta	Contenido Humedad (%)	Pureza (%)	Nº Semillas/kg
04/12/2011	*	99	2.895.191**
08/01/2012	5,80	99	1.735.101
08/01/2012	9,90	99	1.899.335
Promedio	7,85	99	1.817.218

*No se determinó por encontrarse todas las semillas vanas.

** Valor no considerado en el promedio, por la razón anterior.

Tal como se explicó, las semillas del primer lote colectado se encontraban 100% vanas por lo que la germinación fue nula. Las semillas de los otros dos presentaron germinación, siendo la del tercer lote superior a la del segundo. Es probable que las semillas del segundo lote también presentaran algún grado de inmadurez, lo que explicaría su bajo porcentaje de germinación aunque todas las semillas se encontraban llenas y, aparentemente, vivas; esto también explicaría el alto porcentaje de semillas muertas en el segundo ensayo de germinación realizado en abril del 2013 (Cuadro 10).

Cuadro 10. Resultados obtenidos en los ensayos de germinación realizados con las semillas de *Echinopsis atacamensis* (Temperatura de cultivo 25°C).

Fecha Colecta	Fecha de inicio del Análisis	Duración Análisis (días)	Capacidad Germinativa (%)	Valor Máximo	Energía germinativa (%)	Período Energía (días)	Semillas Muertas (%)
04/12/11	03/02/12	24	0	-	-	-	100
08/01/12**	14/03/12	26	21,33	1,02	18,7	20	0
	15/04/13	30	13,33	0,81	10,7	14	81,33
08/01/12***	14/03/12	26	73,3	4,12	64,0	16	18,67
	15/04/13	30	54,67	3,71	41,3	12	18,67

También es probable, de acuerdo a los resultados de capacidad germinativa y bajo porcentaje de semillas muertas obtenidos particularmente el tercer lote (Cuadro 10), que presentaran algún tipo de latencia y/o que la temperatura de cultivo (25°C) afecte negativamente la germinación, por lo que sería aconsejable probar temperaturas de cultivo más bajas. Además, se desprende de los valores de capacidad germinativa obtenidos en el ensayo de abril del 2013, que las semillas pueden ser almacenadas en frío por al menos algunos meses, probablemente un año o tal vez más.

4.2.4 *Ephedra breana* “Pingo pingo”

La muestra recibida por el Laboratorio el 23 de enero de 2012, fue colectada por Rafael González el 8 del mismo mes. Se reciben 51 g de muestra.

En la determinación de Autenticidad, se constata que se colectaron sólo flores (Foto 7) por lo que no se realizó ningún análisis.



Foto 7. Muestra del lote colectado de *Ephedra breana* constituido sólo por flores.

4.2.5 *Festuca chrysophylla* “Paja brava”

El 23 de julio del 2012 se recibió un lote (4,2 g) colectado por Andrea Choque, el 1 del mismo mes.

El lote fue procesado, sometido a limpieza y se realizó el ensayo de corte preliminar determinando que el 80% de las semillas eran inviables. Posteriormente, se determinó un 5,14% de pureza (Cuadro 11). Dado el alto porcentaje de impurezas Fotos 8 y 9 y lo escaso de la muestra recibida, no se dispuso de material suficiente para realizar el ensayo de contenido de humedad.

Cuadro 11. *Festuca chrysophylla*: resultados de los análisis de semillas efectuados al lote recibido.

Fecha Colecta	Contenido Humedad %	Pureza %	Nº Semillas/kg
01/07/12	*	5,14	8.040.349

* No se determinó



Foto 8. Semillas e impurezas de *Festuca chrysophylla*.



Foto 9. Placas Petri con semillas de *Festuca chrysophylla*, al inicio del ensayo de germinación. Inferior derecha: muestra del lote con el material colectado tal como fue recibido.

El 26 de julio del 2012 se instaló un ensayo de germinación, a 15°C, durante 30 días, sin que germinara ninguna semilla (Foto 9). Como no quedaron semillas, no se pudo repetir el ensayo.

4.2.6 *Haplopappus rigidus* “Baylahuén”

El 23 de enero del 2012 el Laboratorio recibió un lote que pesó 8,7 g, colectado por Rafael González el 4 de diciembre del 2011.

Las semillas del lote presentaban un 19,8 de pureza (Cuadro 12; Fotos 10 y 11), y el ensayo de corte preliminar determinó que el 40% de las semillas estaban inviables.

Cuadro 12. *Haplopappus rigidus*: resultados de los análisis de semillas efectuados al lote recibido.

Fecha Colecta	Contenido Humedad %	Pureza %	Nº Semillas/kg
04/12/11	6,91	19,8	2.972.469



Foto 10. Semillas de *Haplopappus rigidus* e impurezas.

Para comprobar la capacidad de almacenamiento de las semillas recibidas, se montaron dos ensayos y en cada uno se probó el efecto de tres temperaturas sobre la germinación.

El primero se inició el 20 de marzo del 2012 y el segundo el 15 de abril del 2013. De los resultados obtenidos (Cuadro 13) se desprende que las semillas de *Haplopappus rigidus* pueden almacenarse varios meses en refrigerador.

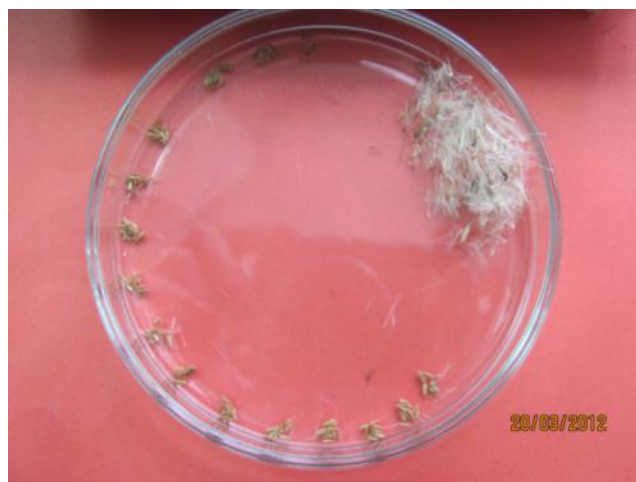


Foto 11. Placa Petri con semillas de *Haplopappus rigidus*. En la mitad izquierda de la placa se observan grupos de 10 semillas separadas para realizar los análisis; en el cuarto superior derecho se agrupan las impurezas.

Además, los resultados demuestran la capacidad de las semillas de germinar con las tres temperaturas probadas, 5°, 15° y 25°C, aunque de las tres, 15°C es la que alcanza mayor capacidad germinativa y 25°C la que obtiene la mayor velocidad de germinación. Se observó, además, que a mayor temperatura de cultivo aumenta la mortalidad de las semillas, y que esta última también aumenta luego de un año de almacenamiento en frío (Cuadro 13).

Cuadro 13. Resultados obtenidos en los ensayos de germinación realizados con las semillas de *Haplopappus rigidus* "Baylahuén".

Fecha de inicio del Análisis	Duración Análisis (días)	Temperatura (°C)	Capacidad Germinativa (%)	Valor Máximo	Energía germinativa (%)	Período Energía (días)	Semillas Muertas (%)
20/03/20	13	5	1,33	0,31	1,33	13	8,00
		15	57,33	9,29	49,33	5	33,33
		25	45,33	13,55	36,00	3	41,33
15/04/20	30	5	34,67	1,30	30,67	23	48,00
		15	44,00	5,71	40,00	7	54,67
		25	40,00	10,89	36,00	3	58,67

5. OBJETIVO 5: Evaluar plantaciones establecidas con especies nativas en la Región.

Se realizaron dos tipos de evaluaciones: una cuantitativa, con el objeto de establecer los principales parámetros dasométricos de las plantaciones, y otra cualitativa en la se analizaron los aspectos de tipo ambiental y general que rodean a las plantaciones.

La primera de las evaluaciones se realizó en marzo de 2012, y la segunda en enero de 2013.

Las plantaciones que se evaluaron fueron: la plantación de algarrobo de Lomas Bayas en Calama, plantación de tamarugo de Tambillo, en San Pedro de Atacama y la plantación de algarrobo de Quillagua. Esta última, aunque se encuentra fuera de la Provincia El Loa, se consideró para la evaluación debido a las pocas plantaciones con especies nativas en la Región de Antofagasta y especialmente en la Provincia El Loa.

5.2 Plantación de Algarrobo de Lomas Bayas, Calama

Esta plantación se ubica al Suroeste de la Comuna de Calama, al costado de la ruta 25 que une esta ciudad con Antofagasta. Esta plantación surge como un proyecto “para contribuir al desarrollo del sector” en el contexto de un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental del proyecto Lomas Bayas, de la Compañía Minera Gibraltar, presentado por la empresa el año 1995. De acuerdo a dicho estudio, esta plantación no corresponde a una medida de mitigación debido a que no se relaciona directamente con un impacto específico.

Este proyecto de desarrollo forestal contempla la plantación de al menos 100 ha, de las cuales 43 pertenecen a la compañía y las 60 restantes a un predio vecino, con especies del género *Prosopis*, como algarrobo o tamarugo, por sus características de tolerancia frente a limitaciones relativas a la calidad de suelos y agua. En el Estudio se señalan también los variados usos de estas especies y otros beneficios para la comunidad, por ejemplo, como franja de protección del Río Loa, el valor estético de la plantación, mejoramiento de salinidad del suelo, actividades y empleo para comunidad.

Para la empresa, el objetivo del proyecto forestal es aumentar el valor y la condición del terreno, evitando la erosión y mejorando la calidad y capacidad agrícola. Esta experiencia pretendía ser realizada con altos estándares científicos, de modo de ser replicada si los resultados obtenidos eran exitosos.

En la actualidad, el proyecto minero y parte de la plantación (20 ha) son propiedad de la empresa Xtrata Copper, quienes continúan desarrollando, en conjunto con CONAF y la Universidad Arturo Prat, una serie de proyectos de investigación y difusión, entre los que se destaca la visitas educativas a la plantación por escuelas y otras organizaciones, transferencia de conocimientos a los agricultores locales y el desarrollo de productos y servicios derivados de algarrobo (Xtrata Copper, 2010).

La plantación se inició el año 1996 y se desarrolló en tres etapas, finalizando en abril de 1999. Para producir las plantas se trajeron vainas de algarrobo desde Quillagua y se instalaron viveros temporales en el mismo sector donde hoy se encuentra la plantación.

Se instaló un sistema de riego por goteo por un periodo de tres años, con agua (de alto contenido salino) proveniente desde los canales cercanos a la plantación.

Las evaluaciones de esta plantación se realizaron en abril de 2012 y enero de 2013. Para establecer las características dasométricas se hizo un muestro dirigido, con 11 trasectos por línea de plantación, contabilizando 10 ejemplares por transecto. En estos ejemplares se midió DAC, altura y se determinó su estado (bueno, regular o muerto). Se consideró como “muerto” en el caso de haber hoyos de plantación sin ejemplares sobrevivientes.

De acuerdo a este muestreo, se determinó que los ejemplares se encuentran en buen estado sanitario, el distanciamiento es de 12x12 m, presentan un hábito de crecimiento plurifustal con 3,5 fustes promedio por ejemplar, el DAC medio del fuste principal es de 9,3 cm, y la altura media es de 3,7 metros.

La plantación se ubica en un sector plano, que forma parte del oasis de la ciudad, de poca pedregosidad superficial, suelos de tipo franco-arenosos a franco-limosos. Las principales especies acompañantes son: Brea (*Tessaria absinthioides*), grama salada (*Distichlis spicata*), y cachiyuyo (*Atriplex atacamensis*). Hacia el norte, los ejemplares presentan mayores alturas, mayor sobrevivencia y se aprecia una fructificación más abundante. Hacia el sur, la plantación se establece en terrenos utilizados para agricultura (heras), se observa que las especies acompañantes se ubican sólo en los límites de las heras. Se estima que ésta área corresponde a los últimos sectores plantados, se observa menor altura de los ejemplares, menor sobrevivencia y menor fructificación.

En toda la plantación se recomienda aplicar podas de formación para mejorar las condiciones de crecimiento de los ejemplares. Puede tratarse de una intervención con fines paisajísticos, por lo que la extracción no debiera superar el 30% de la biomasa aérea, priorizando la extracción de ramas bajas. De acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos de intervenciones silviculturales, se debe considerar podas de mantención, uno o dos años después de la primera intervención, cuyo objetivo es eliminar el rebrote que se produce en la parte baja del o los fustes principales.

Cuadro 14. Resumen plantación Lomas Bayas

Parcela	DAC mayor (cm)	Nº vástagos	Altura (m)	Estado
1	9,81	3,88	3,40	Bueno
2	13,60	4,60	4,35	Bueno
3	5,99	4,68	3,88	Bueno
4	6,79	4,62	3,88	Bueno
5	7,90	3,30	3,10	Bueno
6	11,20	3,60	4,20	Bueno
7	9,22	4,11	3,80	Bueno
8	10,40	2,90	3,53	Bueno
9	11,80	3,00	4,30	Bueno
10	7,30	4,30	2,75	Bueno
11	8,60	3,50	3,55	Bueno
Promedio	9,33	3,86	3,70	Bueno



Fotos 12, 13, 13 y 15. Vistas generales de la plantación de algarrobo, Lomas Bayas. Calama

5.2 Plantación de algarrobo de Quillagua

La localidad de Quillagua se encuentra a 780 m de altitud, en el límite de las regiones de Tarapacá y Antofagasta, en la depresión intermedia entre los cordones de cerros de la Cordillera de la Costa y la Cordillera de Los Andes, en terrenos adyacentes a lo largo del Río Loa. Administrativamente pertenece a la Comuna de María Elena, Provincia de Tocopilla, Región de Antofagasta.

Piñones (2002), señala que en la localidad se ha desarrollado una interesante experiencia agroforestal, que combina el cultivo de alfalfa bajo un dosel de algarrobo, plantados a densidades que varían entre 16 a 25 árboles/ha. De esta forma, se abastece de forraje durante todo el año, y además permite el aprovechamiento de madera y carbón. La autora señala además, que la masa boscosa abarca una superficie de 180 ha de algarrobo, en su mayoría sobre los 80 años, con abundante fructificación, que permite la recolección de vainas para el abastecimiento de forraje. Se señala también que existe un potencial de uso agroforestal de alrededor de 200 ha hacia el sur y norte del valle.

La obtención de madera se encuentra regulada por CONAF Región de Antofagasta, mediante el Decreto Ley N° 366. Las principales prácticas agroforestales que se observan son linderos, cercos vivos, muros vivos de contención adyacentes a pircas, cortinas cortavientos, protección de viviendas en la ribera del Río Loa y lechos adyacentes al sistema de canales de riego, delimitación de parcelas y diferenciación de cuarteles de cultivo. Respecto de las actividades silvícolas, se destacan el manejo de la cobertura arbórea y la poda de ramas.

De acuerdo a Martínez (*et al.*, 1997) la prioridad de uso de los árboles en Quillagua es en primer lugar, la obtención de combustible (leña y carbón), luego el forraje, protección (cortinas cortavientos, cercos vivos), construcción (madera para casas, corrales, cercos, etc.) y finalmente, la protección del ganado contra la insolación.

Piñones (2002) destaca que la actividad agroforestal que se realiza en Quillagua, a pesar de no poseer preparación técnica forestal, es un ejemplo de uso dendroenergético y silvopastoral, que puede ser replicado en otras comunidades del norte del país.

El sector evaluado corresponde a una plantación de algarrobo de 10 ha, situada al este de la localidad, al costado de la antigua estación de trenes. Esta plantación fue realizada en forma conjunta por CONAF Antofagasta y la Comunidad Indígena Quechua de Quillagua, el año 2000 con semillas recolectadas en la misma localidad.

La primera evaluación, de tipo cuantitativa, se realizó en marzo de 2012, mediante un muestreo dirigido, con 10 transectos por línea de plantación. Se registró el DAC, altura y el estado de los ejemplares (bueno, regular o muerto). La segunda evaluación se realizó en enero de 2013, en esta oportunidad se realizaron observaciones generales sobre las características ambientales, y algunas observaciones respecto del manejo de la plantación.

La plantación se observa en estado regular; sin embargo, considerando las condiciones climáticas en las que se desarrolla, se considera que es una plantación exitosa. Los ejemplares presentan un buen estado de desarrollo y buen estado sanitario, no hay evidencias de daños excepto por la cantidad de basura al interior de la plantación.

En general, los ejemplares son de tipo plurifustal con dos a tres fustes por ejemplar. El DAC promedio del fuste principal es de 14,8 cm y la altura media es de 3,6 metros.

La plantación se ubica en un sector plano, sin presencia de otras especies acompañantes. Se estima una sobrevivencia del 80% que resulta de todo punto de vista exitosa, más aún considerando las características ambientales donde se emplaza. Se observa cierta irregularidad en las alturas, situación que puede ser efecto del terreno, y se aprecia una baja fructificación. Respecto al manejo de la plantación, se recomienda la aplicación del plan de ordenación, con los esquemas de manejo adecuados para las necesidades de productos a obtener.



Foto 16. Vista desde la carretera



Foto 17. Vista general de la plantación

Cuadro 15. Resumen plantación algarrobo, Quillagua

Parcela	DAC mayor (cm)	Nº vástagos	Altura (m)	Estado
1	18,29	2,00	3,79	Regular
2	25,57	3,57	6,71	Bueno
3	10,00	4,00	2,53	Regular
4	13,83	3,17	3,55	Regular
5	14,22	3,89	3,41	Bueno
6	15,14	1,86	3,29	Regular
7	10,56	2,33	2,79	Regular
8	14,22	1,67	3,53	Bueno
9	10,56	2,33	2,51	Regular
10	15,40	1,40	3,68	Bueno
Promedio	14,78	2,62	3,58	Regular

5.3 Plantación de tamarugos de Tambillo, San Pedro de Atacama

Como se describió en la Revisión Bibliográfica, la plantación de Tambillo se estableció entre fines de las década de los 60 y principios de los 70, por CORFO en el contexto de un proyecto ganadero iniciado en la Pampa del Tamarugal, cuyo objetivo era potenciar el desarrollo económico del norte, aprovechando la superficie y los recursos disponibles en esta zona del país.

Aunque la información disponible de esta plantación ha sido escasa, se presume que fueron plantadas 20 mil ha, desde el Ayllu de Solor hacia el sur, hasta donde actualmente se establece la plantación. Sin embargo, un amplio sector al parecer no tuvo prendimiento pero es posible observar aún hoy, los hoyos de plantación y algunos ejemplares sobrevivientes. Debido a lo anterior, la plantación actual se encuentra fragmentada, concentrándose la mayor parte en el sector Tambillo, aproximadamente en el kilómetro 27 de la carretera que une San Pedro de Atacama con la localidad de Toconao.

Esta área corresponde al Sector 7 de la Reserva Nacional Los Flamencos, Bosque de Tambillo, que ocupa una superficie de 6.013,16 ha, de las cuales aproximadamente 500 son de la plantación de tamarugo. Hacia el norte, acercándose al Ayllu de Solor, se encuentra otra parte de la plantación, a ambos lados de la carretera, en esta área no hay una estimación de la superficie de la plantación.

En el sector que pertenece a la Reserva Nacional Los Flamencos, CONAF Antofagasta desarrolló un proyecto de manejo integral de la plantación, en conjunto con la Asociación Indígena de Madereros de Tambillo, cuyo objetivo era ejecutar el plan de manejo de la plantación, obteniendo carbón de alta calidad, artesanía, muebles y forraje, para lo cual se estableció en el sector aserradero con el equipamiento forestal requerido. Sin embargo, en la actualidad, este proyecto está detenido, y es personal de CONAF quien ha retomado la aplicación de algunas intervenciones silviculturales (CONAF Antofagasta, 2008).

La plantación se estableció al este del Salar de Atacama, aproximadamente a 2.350 metros de altitud, al este del Salar de Atacama, en un sector plano, con suelos de textura que franco-arcillosa, con distintos grados de arcilla. En algunos sectores, aparece como especie acompañante *Acantholippia deserticola* (rica-rica), que se encuentra fuertemente ramoneada por el ganado caprino o ovino que se encuentra, fundamentalmente al interior de la Reserva, esta especie desaparece en los sectores más cercanos al borde del Salar y en el sector norte de la plantación. Al interior de la Reserva hay sectores manejados, principalmente con raleos de fustes en el mismo hoyo de plantación y podas bajas.

En otros sectores, se observan ejemplares sin manejo y donde la cobertura copas que alcanzan hasta un 85%, se observan hoyos de plantación con hasta 6 fustes y abundantes ramas bajas, muchas de las cuales se encuentran secas. En este sector, no se observó abundante regeneración natural por semillas, en una visita realizada en abril de 2012, producto de las lluvias estivales de ese año, sin embargo, esta regeneración no prospera, presumiblemente por la presencia del ganado caprino.

Al continuar por la carretera hacia el norte, en dirección al poblado de San Pedro de Atacama, se observan áreas donde se presume se realizaron plantaciones, pero no se obtuvo prendimiento, debido a la evidencia de los hoyos de plantación y algunos ejemplares sobrevivientes. Luego, donde se inicia el poblado, y a ambos lados de la carretera, se encuentra el segundo sector de la plantación. En esta área no se observa la presencia de un ganado permanente, pero puede tratarse de un área de tránsito de ganado. Se observan también algunos antiguos ejemplares de algarrobo, que se asume, podrían ser naturales. La plantación en esta área se encuentra en buen estado, en algunas áreas se encuentran algunos ejemplares de *Atriplex atacamensis* (cachiyuyo), y al oeste de la carretera hay sectores donde se observa gran cantidad de regeneración natural por semillas, con alturas que varían entre uno y dos metros. En esta área se observa menor sobrevivencia y algunos ejemplares secos recientemente.

La primera evaluación fue de tipo cuantitativa, se registró DAC, altura, número de vástagos o fustes por hoyo de plantación y el estado de cada ejemplar (bueno, regular o muerto). Se realizó un muestro dirigido, mediante transectos por línea de plantación, contando 10 ejemplares en cada transecto.

Se realizaron 18 en los dos sectores de la plantación, de los cuales se obtuvo que el DAC mayor promedio es de 30,8 cm, el número de vástagos o fustes promedio es de 3,4. En algunos sectores, especialmente al interior de la superficie perteneciente al sector 7 de la Reserva Nacional Los Flamencos, se ha realizado raleo de fustes, dejando uno o dos fustes por hoyo de plantación. La altura media de los ejemplares es de 8,75 m y en general, aunque los ejemplares se encuentran en buen estado, se evidencia que la plantación está envejeciendo.

Cuadro 16. Resumen plantación de tamarugo de Tambillo, San Pedro de Atacama

Parcela	DAC mayor (cm)	Nº vástagos	Altura (m)	Estado
1	25,00	4,00	8,00	Bueno
2	26,00	2,00	8,00	Bueno
3	23,00	3,33	7,50	Bueno
4	25,63	3,00	8,19	Bueno
5	29,40	3,00	8,00	Bueno
6	27,11	3,11	8,06	Bueno
7	30,00	4,71	8,93	Bueno
8	33,38	3,00	8,63	Bueno
9	21,75	4,00	6,50	Bueno
10	25,60	3,60	7,50	Bueno
11	48,00	3,00	8,00	Bueno
12	35,86	4,14	11,07	Bueno
13	41,00	3,60	10,70	Bueno
14	43,57	3,86	10,36	Bueno
15	33,00	3,57	10,00	Bueno
16	25,71	3,14	8,86	Bueno
17	32,50	3,17	10,25	Bueno
18	28,00	3,29	9,00	Bueno
Promedio	30,81	3,42	8,75	Bueno



Foto 18. Vista sectores con manejo plantación de tamarugo de Tambillo. San Pedro de Atacama.



Foto 19. Vista sectores sin manejo plantación de tamarugo de Tambillo. San Pedro de Atacama.

6. OBJETIVO 6: Definir sistemas silviculturales para la regeneración natural asistida, crecimiento y aprovechamiento de las especies en estudio.

6.1 Caracterización lugares seleccionados

La primera visita a la Región de Antofagasta, particularmente a la Provincia El Loa, se realizó entre los días 18 y 23 de enero de 2011, y tuvo como objetivo hacer un reconocimiento de las formaciones naturales y plantaciones de la Región.

En esta oportunidad se realizó una reunión con personal de la oficina Provincial El Loa de CONAF además de Nancy Cortés, Jefa del Departamento de Desarrollo y fiscalización Forestal de CONAF Antofagasta. Se explicaron los objetivos y alcances del proyecto y en conjunto con ellos se definieron preliminarmente las especies y sectores adecuados para la instalación de los ensayos.

Las especies definidas fueron: queñoa (*Polylepis tarapacana*), algarrobo (*Prosopis alba*), paja brava (*Festuca orthophylla*) y tamarugo (*Prosopis tamarugo*).

Respecto a queñoa, se visitaron las formaciones naturales de la especie ubicadas en el Volcán Ollagüe, Quebrada Chalhúire, Causisa y Río Polán. En los dos primeros, las visitas no fueron desarrolladas en un 100% debido a que las condiciones de los caminos no permitieron el acceso directo hasta las formaciones. En el caso de Causisa, ésta corresponde a una formación donde se desarrolló en conjunto con CONAF un proyecto de intervención de queñoa el año 2009. Finalmente, se decide instalar el ensayo en la formación de Río Polán.

Para algarrobo, se visitaron los sectores de Catarpe y los ayllus de Solor y Beter, con el fin encontrar la formación más adecuada para el establecimiento del ensayo. Originalmente se optó por la formación ubicada en Catarpe.

En el caso de paja brava, se recorrió el antiguo camino a El Tatio, desde San Pedro de Atacama. El sector que seleccionado en forma preliminar, se conoce como "Ruta Llaretera" por la presencia de quebradas con grande ejemplares de esta especie, que fueron explotadas en épocas pasadas.

El ensayo de tamarugo se establece en la plantación de esta especie que se encuentra en el sector Tambillo, entre San Pedro de Atacama y la localidad de Toconao, en un área de ensayo establecida por CONAF para fines de investigación.

En una segunda visita, realizada entre el 27 de abril y 2 de mayo de 2011, se realizó un acercamiento a los dirigentes de las comunidades indígenas en donde se establecerían los ensayos, para informar el proyecto. Adicionalmente a cada uno de ellos se hizo llegar posteriormente una carta explicando en mayor detalle los objetivos y alcances del mismo.

Hasta septiembre de 2011 no se realizaron más visitas a la Región, debido a las condiciones climáticas que afectaron en los meses de julio y agosto. Esta situación fue monitoreada a través de contactos con personal de la Oficina Provincial El Loa de CONAF. La última información recibida fue el día viernes 26 de agosto, en que se informa que durante ese día se habilitaron los caminos de acceso al poblado de Ollagüe.

No obstante, los lugares potenciales para establecer ensayos con queñoa se encuentran aún a mayor altitud que Ollagüe por lo que su acceso es más difícil.

En los meses de septiembre y noviembre se realizaron dos nuevas visitas a la Región, con el fin de confirmar los sectores para la instalación de los ensayos y en la medida de lo posible, identificar los ejemplares a intervenir.

En la visita del mes de septiembre se recorrieron todos los lugares de ensayo, iniciando el recorrido en la localidad de Machuca, comuna de San Pedro de Atacama, específicamente en el camino que une esta comuna con los Geysers del Tatio para localizar el ensayo de paja brava (*Festuca orthophylla*). Finalmente, después de recorrer el área se especifica que el lugar adecuado se ubica en los alrededores del kilómetro 50 del camino antes mencionado.

Posteriormente, se visitó la formación de queñoa ubicada el sector Río Polán en la comuna de Ollagüe. En este caso, y aunque en el camino aún existían áreas con nieve, la formación ubicada en este sector es el que presenta la mejores condiciones de acceso, cantidad y diversidad de ejemplares.

Para el ensayo de algarrobo, el lugar preseleccionado en las visitas anteriores era la localidad de Catarpe, en la comuna de San Pedro de Atacama. Sin embargo, en esta visita constató que el lugar no era el adecuado, debido a que los ejemplares se encuentran dispersos en un área muy extensa, que además están al lado de un camino de alto tráfico tanto de turistas, como de pobladores de esta localidad. Esta situación puede generar problemas para el seguimiento del ensayo, por lo que se decidió cambiar de lugar. Esta situación se discutió con personal técnico de CONAF Provincia El Loa y la posibilidad que surgió fue realizar el ensayo en la plantación de algarrobos que la empresa Lomas Bayas tiene en las cercanías de la ciudad de Calama. Debido al amplio distanciamiento de los ejemplares plantados similar a lo que ocurre con los ejemplares creciendo en forma natural y que los tratamientos se aplican a nivel individual y no a nivel de rodal, se consideró válida la opción de utilizar plantaciones para efectos de la instalación de este ensayo.

Luego, entre los días miércoles 23 de noviembre y 2 de diciembre, se realizó la siguiente visita a la Región y en esta oportunidad se instalaron los cuatro ensayos de intervención de especies: paja brava (*Festuca orthophylla*), en Machuca, San Pedro de Atacama; algarrobo (*Prosopis alba*) en Calama; queñoa (*Polylepis tarapacana*) en Ollagüe y tamarugo (*Prosopis tamarugo*) en Tambillo, San Pedro de Atacama.

6.2 Instalación de ensayos: intervenciones silviculturales y primera evaluación

6.2.1 Queñoa

El propósito de este ensayo es aplicar intervenciones silviculturales que permitan mejorar el crecimiento y vigor de ejemplares de Queñoa.

Este ensayo se ubica en la comuna de Ollagüe, en un sector denominado Río Polán, donde se encuentra una formación natural de queñoa, con ejemplares de tipo de crecimiento monofustal, plurifustal y arbustivo, de aproximadamente 5 ha, en exposición Norte, con pendientes suaves a moderadas, y terrenos pedregosos. Además de queñoa,

hay llareta (*Azorella compacta*), añawas (*Adesmia sp.*), paja brava (*Festuca orthophylla*), chachacoma (*Senecio nutans*) y diversas tolas (*Baccharis sp.*).

El ensayo se compone de 4 tratamientos: poda y testigo en ejemplares arbustivos y monofustales. En todos los casos, son 5 ejemplares, todos identificados con placas de cobre codificadas según la siguiente clave:

Q : Especie (Q: Queñoa)
 A : Tipo de crecimiento (A: Arbustivo; M: Monofustal)
 P : Intervención (P: Poda; T: Testigo)
 1 : Número del ejemplar (1 a 5)

Además, en todos los ejemplares se marcaron con alambre verde brotes en las cuatro orientaciones (norte, sur, este y oeste). La medición de estos brotes permitirá al finalizar el estudio determinar la elongación de la copa y comparar los resultados entre los tratamientos. Los resultados de la primera medición se muestran en el cuadro 17.

En la intervención, se extrajeron en primer lugar las ramas secas, para luego mejorar la forma del ejemplar, mediante la extracción de aquellas ramas de crecimiento horizontal, cercanas al suelo, despejando el o los fustes principales, según el tipo de crecimiento.

Cuadro 17. Brotes de ejemplares arbustivos y monofustales de queñoa, sector Río Polán, Ollagüe.

Hábito	Tratamiento	Ejemplar	Promedio/ ejemplar	Promedio/ tratamiento
Arbustivo	Poda/clareo	QAP1	4,75	5,7
		QAP2	6,00	
		QAP3	5,50	
		QAP4	7,00	
		QAP5	5,25	
	Testigo	QAT1	3,63	5,48
		QAT2	5,13	
		QAT3	5,38	
		QAT4	6,75	
		QAT5	6,50	
Monofustal	Poda/clareo	QMP1	3,75	4,38
		QMP2	3,63	
		QMP3	4,13	
		QMP4	6,00	
		QMP5	4,38	
	Testigo	QMT1	5,63	5,23
		QMT2	5,00	
		QMT3	5,50	
		QMT4	4,75	
		QMT5	5,25	

6.2.2 Algarrobo (*Prosopis alba*)

El ensayo de algarrobo se propuso originalmente en formaciones naturales ubicadas en la comuna de San Pedro de Atacama. Dichas formaciones debían cumplir con ciertos requisitos, tales como representatividad y diversidad, para asegurar la réplica de los resultados obtenidos. Sin embargo, después de tres recorridos por la comuna y los ayllus de Solor, Coyo, Beter y Catarpe, no fue posible encontrar un lugar adecuado. Si bien, en Catarpe se ubicó un lugar adecuado, la gran dispersión de los ejemplares y la cercanía con el camino de alto tráfico de turistas y pobladores dificultan la instalación del ensayo y no aseguran la obtención de resultados al final del estudio.

Por otra parte, la dificultad de encontrar una formación natural donde establecer el ensayo, indica que hay pocas posibilidades de replicar el manejo silvicultural en condiciones naturales.

Lo anterior fue discutido con personal técnico de la Oficina Provincial El Loa de CONAF, y se propuso instalar el ensayo en una plantación de esta misma especie perteneciente a la empresa Lomas Bayas, en las afueras de Calama. De esta forma, se aplicarían las mismas intervenciones propuestas para las formaciones naturales. Por tratarse de intervenciones aplicadas a ejemplares aislados y no a nivel de rodal, se estima que no debiera haber diferencias significativas entre ejemplares plantados y regenerados naturalmente.

Además, cabe considerar que existe una importante superficie de plantaciones de esta especie en las cuales es posible aplicar el modelo de intervenciones que se propondrá como resultado de esta investigación.

6.2.2.1 Formación de algarrobos, Catarpe

El sector de Catarpe se ubica al norte del poblado de San Pedro de Atacama y corresponde a un valle al fondo de la quebrada del Río San Pedro. Se trata de un valle que data de épocas prehispánicas y donde es posible encontrar petroglifos, sitios arqueológicos y ruinas de un antiguo túnel.

A lo largo del valle, existen áreas de cultivos antiguos y nuevos, además de áreas con vegetación natural compuesta principalmente por algarrobos y chañares, además de especies arbustivas como cachiyuyo (*Atriplex atacamensis*) y brea (*Distichlis spicata*).

Por tratarse de un área donde existen variados cultivos, las especies arbóreas como algarrobo están dispersas a lo largo del valle, encontrándose diversidad de ejemplares, en cuanto a edad y tamaño, sin embargo, no existen el número mínimo necesario para la instalación del ensayo.

6.2.2.2 Plantación Lomas Bayas

Se trata de una plantación de 100 ha, de las cuales 20 pertenecen a la empresa Lomas Bayas, y las 80 restantes corresponden a un predio particular. Tiene aproximadamente 13 años, y un distanciamiento de 15x15 m.

Se ubica en un terreno plano, al sur de la ciudad de Calama, en una llanura sin evidencias de erosión, en terrenos de oasis utilizados anteriormente para la agricultura.

La altura promedio de los ejemplares es de 4 a 5 metros, y no han sido sometidos a ningún tipo de tratamiento silvicultural. Algunos sectores han sido afectados por fuego, pero no han provocado daños considerables dentro de la plantación.

El objetivo de este ensayo es determinar la respuesta que se obtiene al aplicar cortas intermedias en ejemplares inmaduros de Algarrobo.

Este ensayo fue instalado el día sábado 26 de noviembre, en la plantación de algarrobos de la empresa Lomas Bayas, ubicado en el Oasis de Calama. Se trata de una plantación de aproximadamente 13 años, que cubre una superficie de 100 ha y fue plantada con un distanciamiento de 10x10. En la actualidad sólo 20 de ellas pertenecen a la empresa y las 80 restantes son de particulares. El ensayo consta de dos sectores uno en predios de la empresa y otra en el predio de un privado.

Se trata de un terreno plano, a 2.230 m de altitud aproximadamente, de poca pedregosidad superficial, y la principal especie acompañante es la breva (*Distichis spicata*).

Cada ejemplar fue marcado con una placa de cobre de 3x6 cm, codificada con la siguiente clave:

- 1 : Sector (1 o 2)
- P : Intervención (P: Poda; T: Testigo)
- S : Intensidad de poda (S: Suave; F: Fuerte)
- 1 : Número del ejemplar (1 a 5)

Este ensayo consiste en tres tratamientos, poda de dos intensidades (suave y fuerte) y testigo, en dos sectores diferenciados por la altura de los ejemplares. La poda suave consiste en dejar al individuo con tres o más fustes, extrayendo aproximadamente un 30% de la biomasa aérea, y la poda fuerte, se extrajo entre 40 y 60% de la biomasa aérea, dejando uno o dos fustes por individuo. Cada tratamiento se compone de cinco ejemplares.

En todos los ejemplares se marcó y midió un brote en cada orientación (norte, sur, este y oeste) que permitirá comparar el crecimiento de cada tratamiento. Se registró el número de fustes que quedaron en cada individuo y se midió el diámetro de aquellos mayores a 5 cm.

Cabe señalar que por tratarse de una plantación, en cada hoyo puede que exista más de un ejemplar debido a la cantidad de semillas depositadas. Sin embargo, y para fines de este ensayo, se considerarán todos los ejemplares de cada hoyo de plantación como un individuo.

En el primer sector, los ejemplares tienen alturas promedio de 4 a 5 m, que en general son mayores a las registradas en el sector 2.

Los resultados obtenidos en la medición de brotes en el sector 1 de la plantación de Lomas Bayas se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 18. Brotes algarrobo sector 1, plantación Lomas Bayas, Calama.

Tratamiento	Ejemplar	Promedio/ ejemplar	Promedio/ tratamiento
Poda fuerte	1PF1	36,75	37,93
	1PF2	37,00	
	1PF3	46,13	
	1PF4	31,25	
	1PF5	38,50	
Poda suave	1PS1	33,50	39,7
	1PS2	54,00	
	1PS3	44,75	
	1PS4	31,25	
	1PS5	35,00	
Testigo	1PT1	48,50	53,48
	1PT2	72,50	
	1PT3	57,75	
	1PT4	36,50	
	1PT5	52,13	

En este caso, los diámetros también presentan mayores dimensiones que los registrados en el sector 2, con un promedio de 10 cm en el fuste principal y 8 cm en los fustes secundarios. En promedio, los ejemplares intervenidos tenían originalmente entre 2 y 4 fustes, de los cuales se extrajeron aquellos secos, dañados, o de menores diámetros, de manera de dejar aquellos de mejor forma y asegurar la sobrevivencia de los individuos.

En el sector 2, los ejemplares presentan alturas y diámetros más pequeños, tal como se señaló anteriormente. En general, los ejemplares presentan alturas entre 3 y 4 m, y el diámetro del fuste principal es de 7 cm, mientras que los fustes secundarios alcanzan los 6 cm. Además, presentan en general mayor número de fustes, en promedio entre 4 y 6 por individuo, de los cuales fueron extraídos aquellos con ramas secas, dañados o de formas irregulares, y tal como en el caso anterior, se dejaron en pie los que presentaron mejor forma de crecimiento. Los resultados se muestran en el cuadro 19.

Cuadro 19. Brotes algarrobo sector 2, plantación Lomas Bayas, Calama.

Tratamiento	Ejemplar	Promedio/ ejemplar	Promedio/ tratamiento
Poda fuerte	2PF1	44,00	42,9
	2PF2	25,75	
	2PF3	44,00	
	2PF4	39,13	
	2PF5	61,63	
Poda suave	2PS1	32,38	49,98
	2PS2	58,13	
	2PS3	49,75	
	2PS4	63,50	
	2PS5	46,13	
Testigo	2PT1	54,50	54,03
	2PT2	45,00	
	2PT3	69,50	
	2PT4	48,00	
	2PT5	53,13	

6.2.3 Paja brava (*Festuca orthophylla*)

El objetivo de este ensayo es evaluar la respuesta al corte de esta especie en términos de desarrollo posterior del rebrote. De este modo, se espera disponer de información que permita aprovechar y a la vez mejorar el recurso.

El ensayo se instaló el día jueves 24 de noviembre, aproximadamente en el kilómetro 50 del camino que une San Pedro de Atacama con el sector Geysers del Tatio, en la localidad de Machuca, aproximadamente a 4.400 m, en un terreno plano, de pedregosidad superficial entre 5 y 20%. Además de paja brava, en el área se encuentran otras especies características del pajonal, como maransel (*Perezia atacamensis*) y llaretilla (*Pycnophyllum molle*). En cuanto a la fauna, es un área de vicuñas y vizcachas principalmente.

Para este ensayo se identificaron tres sectores con distinta densidad de individuos (baja, media y alta). En cada sector hay tres repeticiones de 10 ejemplares intervenidos y otros 10 testigos, como muestra la siguiente figura:

10 Int	10 Int	10 Int	10 Int	10 Int	10 Int	10 Int	10 Int	10 Int
10 T	10 T	10 T	10 T	10 T	10 T	10 T	10 T	10 T
Densidad Baja			Densidad Media			Densidad Alta		

La intervención consiste en una corta, realizada lo más bajo posible en cada ejemplar, simulando el corte que se haría en el caso de obtener material para la construcción tradicional de techos, por parte de las comunidades indígenas atacameñas. Luego del corte, se midió la altura de todos los ejemplares. En las evaluaciones posteriores, se midió el mismo parámetro, de esta forma, se tiene un registro del crecimiento en altura de los ejemplares intervenidos y al final del estudio se compara la altura total de éstos ejemplares y se compara con la altura de los ejemplares testigo.

El primer sector seleccionado es el de baja densidad, cuya superficie total aproximada es de 220 m². En esta área los ejemplares son de de baja altura, los más altos tienen 20 cm y el promedio de los testigos es de 16,5 cm. En cuanto a los intervenidos, la altura media es de 7,5 cm y corresponde a la altura donde se realizó el corte de los ejemplares.

El sector de densidad media se ubica más al sur que el anterior y tiene una superficie aproximada de 48 m². En esta área la altura de corte de los ejemplares se mantiene similar al caso anterior, en 7,3 cm, sin embargo la altura general de los ejemplares es mayor, ya que el promedio de los testigos es de 21,2 cm y el ejemplar más alto alcanza los 30 cm.

El sector de mayor densidad tiene una superficie aproximada de 405 m². En este caso, a diferencia de los anteriores, existe diversidad de alturas, por lo que en las tres repeticiones tanto para los intervenidos como testigos, se consideraron los individuos de mayor altura. De esta manera, se podrá comparar también el efecto de la intervención entre distintos tipos de ejemplares.

El promedio de altura de los ejemplares testigo es de 36,7 cm y el más alto registrado alcanzó los 51 cm. La altura de corte también es superior a los anteriores, aproximadamente los 10 cm, esto se debe a que al ser más altos, y por la forma de crecimiento de la especie, acumulan arena en la base, lo que impide realizar cortes más bajos.

Los promedios de altura de los ejemplares de cada repetición, luego de la intervención se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 20. Promedio de altura (en cm) por repetición y densidad de paja brava, Sector Machuca, San Pedro de Atacama.

Densidad	Repetición 1		Repetición 2		Repetición 3	
	Intervenido	Testigo	Intervenido	Testigo	Intervenido	Testigo
Baja	6,9	15,3	7,0	16,9	8,5	17,6
Media	7,8	23,0	8,1	21,6	6,0	19,0
Alta	12,0	36,1	8,7	38,7	8,7	35,3

6.2.4 Tamarugo

El ensayo de tamarugo se instaló en la plantación de esta especie ubicada entre San Pedro de Atacama y la localidad de Toconao. Dicha plantación realizada a principio de los años 70 por CORFO en la actualidad forma parte de la Reserva Nacional Los Flamencos, sector 7. Dentro de la unidad, CONAF tiene un área excluida donde se realizan estudios y es en esa área donde se instaló el ensayo.

La plantación tiene un distanciamiento de 15x15 m y los ejemplares tienen una altura promedio de 8 metros. En este caso, también es probable que exista más de un ejemplar por hoyo de plantación, pero se considerarán sólo como un individuo. Se ubica a una altitud aproximada de 2.300 m, en un terreno plano, de pedregosidad superficial escasa, sólo entre 1 y 5%. Al interior del bosque, la fauna asociada está compuesta por animales domésticos tales como llamas, cabras y ovejas, y la principal especie acompañante es rica-rica (*Acantholippia deserticola*).

El propósito de este ensayo es determinar el efecto que tiene la intensidad de corta sobre el rebrote. De este modo, se espera disponer de un método eficiente para la regeneración de plantaciones próximas a su edad de rotación.

Para el ensayo se seleccionaron hoyos con 4 fustes y se aplicaron dos tipos de intervenciones, un raleo al 50% y una corta total. De esta forma identificará qué tipo de intervención genera el rebrote de mejor cantidad y calidad. Cada tratamiento estuvo compuesto por 5 ejemplares.

En este caso, no se marcaron ni midieron brotes, ya que sólo se medirá la calidad de rebrote, una vez que este se produzca. Todos los ejemplares se marcaron con placas de cobre de 3x6 cm, identificadas según la intervención (raleo al 50%: TP; corta total: TT).

Se midieron los diámetros de tocón de todos ejemplares, en el caso del raleo al 50% no se midieron los diámetros de los fustes en pie, ya que por la duración del estudio, no se obtendrán resultados significativos en este parámetro.

Cuadro 21. Diámetros de tocón de tamarugo, corta parcial (TP) y total (TT), plantación Tambillo, San Pedro de Atacama.

Código	Diámetro (cm)			
	1	2	3	4
TP1	20	30	-	-
TP2	18	20	-	-
TP3	27	22	-	-
TP4	24	17,5	-	-
TP5	17	20	-	-
TT1	22	15	23	26
TT2	19	25	20	25
TT3	22	22	19	22
TT4	23	17,5	18,5	25,5
TT5	23	13	18,5	30

6.3 Resultados intervenciones silviculturales

Los ensayos de intervención de especies contemplan según la metodología propuesta, evaluaciones trimestrales, cuyo objetivo es registrar la longitud de los brotes marcados en cada ejemplar, que permitirán, al final del estudio, establecer la elongación de los mismos, a través de a diferencia entre el último control y el primero. De esta forma, se midió la respuesta de los ejemplares a las distintas intervenciones aplicadas.

En el caso de paja brava, las evaluaciones consistieron medir la longitud de los rebrotes producidos luego de las cortas bajas, con el fin de establecer la capacidad de la especie para recuperar la altura original. La altura final de los ejemplares permitirá conocer la elongación de los rebrotes durante el periodo de ejecución el estudio y comparar su crecimiento con los ejemplares testigo.

Por otra parte, la evaluación de tamarugo consistió en el registro de los rebrotes producidos en las cortas parciales versus las cortas totales en cuanto a longitud y cantidad, para establecer qué corta es la más adecuada para la producción de regeneración natural de la plantación.

La instalación de los ensayos se realizó en noviembre de 2011 y se hicieron cuatro evaluaciones: en marzo de 2012, junio de 2012, enero de 2013 y abril de 2013.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en cada ensayo.

6.3.1 Queñoa

Este ensayo consistió en la aplicación de podas en ejemplares con hábito de crecimiento arbustivo y plurifustal, además de ejemplares testigo para cada caso. Cada intervención (poda y testigo) se aplicó en cinco ejemplares, y en todos ellos se instalaron y midieron, en cada evaluación, brotes de crecimiento, marcados con alambres de color en las cuatro orientaciones (norte, sur, este y oeste).

Los resultados obtenidos en la evaluación inicial y las cuatro restantes se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 22. Resultados evaluaciones queñoa, sector Río Polán, Ollagüe.

Hábito	Intervención	Promedio longitud de brotes por tratamiento (cm)				
		Nov 11	Mar 12	Jun 12	Ene 13	Abr 13
Arbustivo	Poda/clareo	5,70	6,17	6,87	7,87	8,90
	Testigo	5,48	5,65	6,10	6,93	7,95
Monofustal	Poda/clareo	4,38	4,50	4,95	6,18	6,89
	Testigo	5,23	5,18	5,5	6,03	7,00

Del cuadro anterior se observa que tanto las intervenciones como los testigos mostraron un crecimiento en la longitud de los brotes, para ambos hábitos de crecimiento. Aunque se trató de una poda suave, donde se priorizó la extracción de ramas secas, se extrajeron también algunas ramas vivas que podrían haber disminuido la capacidad fotosintética de los ejemplares y por lo tanto, afectar el crecimiento.

Sin embargo, al observar la elongación de los brotes, gráfico 1, se aprecia que los ejemplares arbustivos y plurifustales intervenidos muestran un crecimiento mayor que los testigo, lo que implica que la poda, a un año y medio de aplicada la intervención, tiene un efecto positivo en la elongación de los brotes, y por ende de la copa de los ejemplares de queñoa.

Aunque en este estudio no fue evidenciado, en un estudio realizado con la misma especie en otro sector de Ollagüe el año 2009 se observó que las intervenciones tuvieron también un efecto positivo en la floración y fructificación de queñoa. Este resultado fue sólo una observación de terreno, y no se realizó alguna metodología especial para determinar este punto.

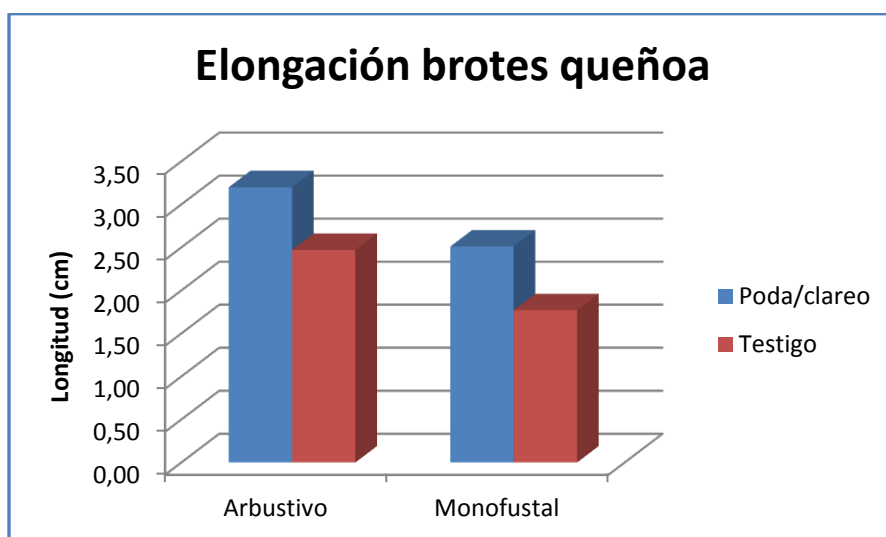


Gráfico 1. Elongación brotes de queñoa, tratamiento poda/clareo y testigo.

6.3.2 Algarrobo

Para esta especie se realizaron podas de distintas intensidades, 30 y 50% aproximadamente, con el fin de establecer cuál de ellas muestra los mejores resultados para esta plantación. Para ello, en las evaluaciones se midieron los brotes marcados en cada ejemplar luego de la instalación del ensayo, ocurrida en noviembre de 2011.

El ensayo estuvo dividido en dos sectores, diferenciados por la altura de los ejemplares. El sector 1 corresponde a una parte de la plantación que pertenece un predio particular y donde los ejemplares presentan alturas mayores, presumiblemente por tratarse de los primeros sectores plantados. El sector 2 se encuentra en predios de la empresa Lomas Bayas, corresponde a ejemplares de alturas menores. Los resultados para cada sector obtenidos en las evaluaciones se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 23. Resultados evaluaciones algarrobo por sector, plantación Lomas Bayas, Calama.

Sector	Intervención	Promedio longitud brotes (cm)				
		Nov 11	Mar 12	Jun 12	Ene 13	Abr 13
1	Poda fuerte	37,93	43,58	45,15	47,10	43,35
	Poda suave	39,70	39,65	40,25	41,90	41,45
	Testigos	53,48	55,40	58,60	67,83	66,18
2	Poda fuerte	42,90	57,80	69,60	87,67	106,37
	Poda suave	49,98	53,55	53,10	58,75	60,40
	Testigos	54,03	68,95	72,55	84,70	89,10

Los algarrobos de la plantación estaban en buen estado, debido a esto, en la poda se extrajeron ramas vivas, activas desde el punto de vista de la fotosíntesis, por lo que se podría haber esperado un resultado menos favorable. Para comparar el efecto de las distintas intensidades de poda, el siguiente gráfico muestra la elongación de los brotes, obtenido a partir de la diferencia de longitud entre la última evaluación y la realizada inmediatamente después de la intervención.

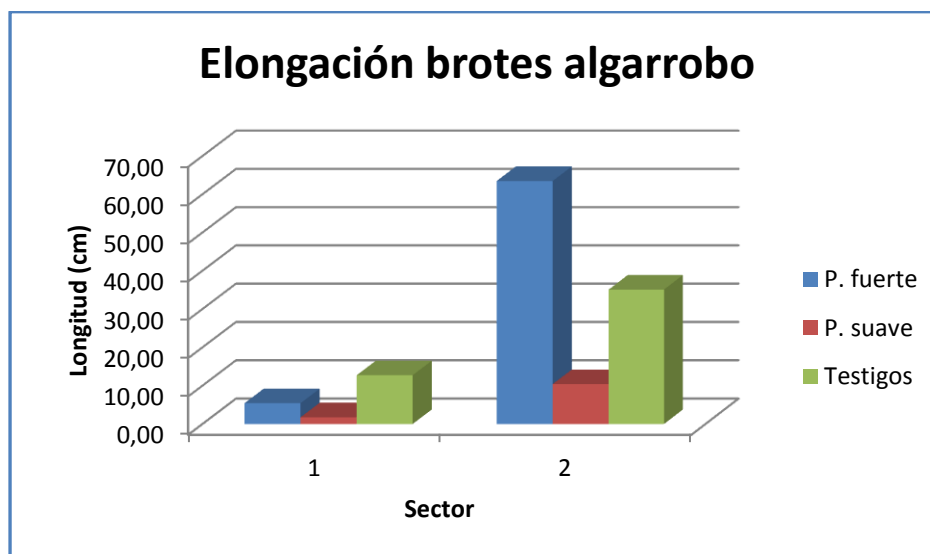


Gráfico 2. Elongación brotes algarrobo por tratamiento, Lomas Bayas.

En el gráfico anterior, se observa que el mejor resultado, en cuanto a la elongación de los brotes, se obtiene con la poda fuerte del sector 2, esto es, los ejemplares de menor altura.

La significativa diferencia que se produce en esta poda, se debe a que un ejemplar, 2PF3, mostró un crecimiento muy por sobre los otros ejemplares, especialmente dos de los brotes, que en la última evaluación midieron 390 y 400 cm. El resto de los ejemplares también muestran un crecimiento en los brotes, aunque en menor escala que el ejemplar antes señalado. Para este sector, el crecimiento de estos brotes, o ramas, podría ser explicado por la mayor disponibilidad de luz y una concentración del crecimiento en las ramas que permanecen en el árbol.



Foto 20. Diámetro del brote Este del ejemplar 2PF3, que en el último control alcanzó una longitud de 390 cm (3,9 m).

Por otro lado, en la poda suave se observa que la elongación de los brotes es de 10,42 cm, menor que lo registrado por los testigos, esto implica que, aunque el crecimiento no se detiene, es menor que en los testigos, por lo que se podría sugerir, que los ejemplares intervenidos con esta intensidad de poda requieran de mayor tiempo para recuperar la “pérdida” la biomasa y alcanzar el nivel de crecimiento de los testigos.

En el sector 1, se aprecia que los testigos muestran la mayor elongación de los brotes, que puede ser efecto de lo explicado anteriormente respecto de la extracción de ramas fotosintéticamente activas. Esta situación explicaría que las podas suaves, aunque muestran un leve crecimiento, este es casi 10 veces menor que el de los testigos. Aunque la poda fuerte muestra una elongación de los brotes de 5 cm, esto se debe a que sólo uno de los ejemplares, 1PF1, presenta una elongación de casi 30 cm, mientras que los restantes, la diferencia entre la última y la primera evaluación no alcanza los dos centímetros, valor similar al obtenido en la poda suave.

6.3.3 Paja brava

El objetivo de este ensayo fue simular el corte que permite la obtención de material para la construcción de techumbres, usado tradicionalmente por las comunidades indígenas atacameñas. Para ello, se seleccionaron áreas de densidad baja, media y alta. En cada una de ellas se instalaron tres repeticiones y en cada repetición se cortaron 10 ejemplares y otros 10 fueron seleccionados como testigos.

Los resultados obtenidos en cada una de las evaluaciones realizadas mientras se desarrolló el estudio, se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 24. Resultados evaluaciones paja brava, sector Machuca, San Pedro de Atacama.

Densidad	Altura promedio (cm)									
	Intervenidos					Testigos				
	Nov11	Mar12	Jun12	Ene13	Abr13	Nov11	Mar12	Jun12	Ene13	Abr13
Baja	7,47	14,73	13,63	15,13	16,23	16,60	16,93	17,33	16,17	17,87
Media	7,30	14,87	14,13	16,80	16,87	21,20	22,07	21,97	19,27	19,73
Alta	9,80	22,00	25,27	27,87	30,87	36,70	42,87	48,30	45,77	43,80

En el cuadro anterior, se observa que todos los ejemplares intervenidos tuvieron un crecimiento sostenido en cada una de las evaluaciones y la mayor altura se registró en los ejemplares de alta densidad. Sólo los ejemplares de densidad baja llegaron a alturas similares a la original o la que presentan los testigos, mientras que los ejemplares de densidad media y alta no alcanzaron la altura de los testigos. A pesar de lo anterior, los ejemplares de densidad baja son también los que muestran las menores alturas y se presume que este material no se sería el adecuado para el uso en la construcción de techos.

El crecimiento acumulado durante el periodo de ejecución del estudio se muestra en el siguiente gráfico.

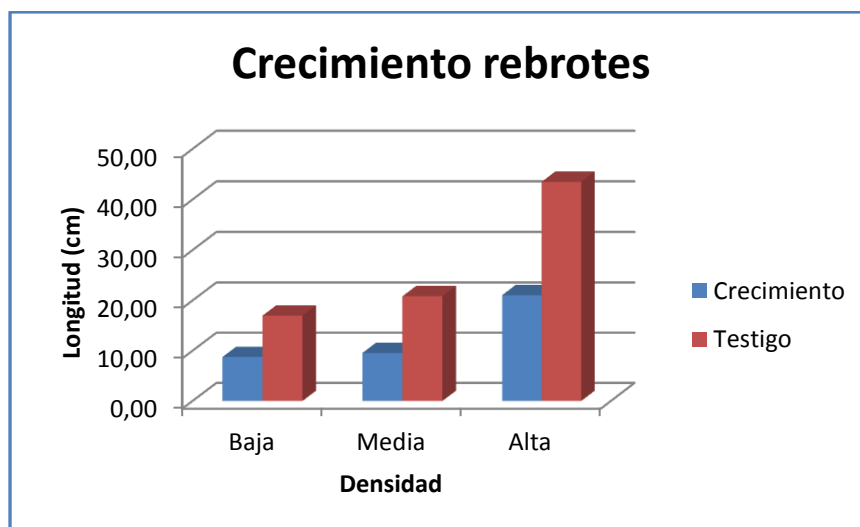


Gráfico 3. Diferencia de altura (crecimiento total) de los rebrotes y altura de los testigos de paja brava, según densidad.

En el gráfico anterior se aprecia que los ejemplares de alta densidad son los que presentan el mayor crecimiento en altura, alcanzando los 30 cm, esto representa un crecimiento de 21 cm, sin embargo, casi a un año medio de aplicada la intervención, estos ejemplares aún no alcanzan la altura original, representada por la altura de los testigos.

De acuerdo a estos resultados, se podría esperar que en un plazo mayor estos ejemplares alcancen la altura original, esto implicaría que en un eventual manejo de esta especie, se considere que las intervenciones se apliquen a este tipo de individuos y en periodo mínimo de tres años.

6.3.4 Tamarugo

Para esta especie, a través del ensayo se busca identificar qué tipo de intervención presenta la mayor cantidad y elongación de los rebrotes, con fines de regeneración de los ejemplares para el manejo de la plantación. Para ello se seleccionaron hoyos de plantación con cuatro fustes, a los cuales se aplicó un raleo al 50% y una corta total. La primera evaluación se realizó en marzo de 2012 y los resultados de todas las evaluaciones se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 25. Resultados evaluaciones tamarugo, plantación Tambillo, San Pedro de Atacama.

Código	Rebrotes Mar12			Rebrotes Jun12			Rebrotes Ene13			Rebrotes Abr13		
	Nº	Mayor	Medio	Nº	Mayor	Medio	Nº	Mayor	Medio	Nº	Mayor	Medio
TP1	8	6	4	40	11	6	60	38	30	60	43	27
TP2	10	7	3	6	2	0,5	45	44	27	40	46	25
TP3	10	7	4	13	9	4	40	60	27	60	60	29
TP4	40	7,5	4	40	19	8	65	48	33	120	64	24
TP5	-	-	-	3	3	2	15	30	22	25	33	18
TT1	8	4	3	22	5	4	200	55	30	200	72	40
TT2	10	35	10	26	42	8	170	90	40	230	82	45
TT3	60	28	10	60	35	13	220	70	50	220	83	46
TT4	60	44	11	50	43	12	200	65	40	200	100	45
TT5	40	55	15	60	80	15	180	90	45	250	123	46

En el cuadro anterior se observa que en la primera evaluación los individuos con cortas parciales, es decir, aquellos con raleo al 50%, presentaron un rebrote escaso y de baja altura, incluso en un ejemplar no presenta rebrote. A lo anterior, se debe destacar que en algunos ejemplares existía evidencia de ramoneo, a pesar del cerco que rodea el área donde se encuentra el ensayo. Por otra parte, en esta misma evaluación, todos los ejemplares con corta muestran rebrote, de cantidad y altura considerable, a los cuatro meses de aplicada la intervención. En este caso, no había evidencia de raleo, y esta situación podría ser explicada por la disposición de los desechos, que fueron dejados en el mismo lugar, rodeando a los tocones, lo que dificultaría el acceso de los animales al rebrote producido en los tocones.

En la última evaluación, realizada en abril de 2013 y a casi un año y medio de aplicada la intervención, todos los ejemplares muestran rebrote, pero la cantidad y altura de los ejemplares con corta total es muy superior a lo que se observa en aquellos con corta parcial. Incluso, es posible afirmar que, a dos años de la intervención, el rebrote de la corta total ya estaría en condiciones de ser manejado, aplicando un clareo de vástagos, a al menos, un 50%.

Con estos resultados, aunque aún preliminares, es posible afirmar que, para fines de regeneración de la plantación, la corta total muestra mejores resultados respecto a la cantidad y altura de los rebrotes.

7. OBJETIVO 7: Elaborar tabla de costos para las actividades silviculturales definidas.

Para la elaboración de tabla de costos, se consideraron las faenas realizadas en el marco del proyecto. Para éstas se registraron los ítems de costo involucrados contemplando su valor real y su expansión a la unidad de medida considerada en la tabla de costos general generada en el marco de la Ley de Bosque Nativo. Lo anterior, dado que se usó dicha estructura como modelo de tratamiento de la información.

Cabe destacar que los antecedentes se asimilaron al formato existente considerando los ítems relevantes y, en los casos en que se carecía de información, dada la operación en terreno por tratarse de intervenciones a escala experimental, se homologó a la información disponible en la tabla de costos general para efectos de análisis.

Se definieron dos macrozonas: andina y oasis. Para la macrozona andina, se describen dos asociaciones: queñoa y paja brava. En queñoa el objetivo de manejo es la preservación, mediante la aplicación de intervenciones que mejoren las condiciones de crecimiento de los ejemplares y se promueva la producción de flores y frutos, estimulando, a su vez, la regeneración natural por semillas. De estas intervenciones se podría, eventualmente, obtener piezas cortas de madera destinadas a la fabricación de artesanías. En paja brava el objetivo de manejo es producir material de una altura determinada para ser usado en la construcción tradicional de techos.

La macrozona oasis se orienta al manejo de especies del género *Prosopis*: *P. alba* y *P. tamarugo*. En ambos casos, es posible obtener productos forestales no madereros como: flores con fines melíferos, medicinal, frutos para artesanías, fabricación alimentos (harina del fruto de algarrobo), entre otros, y la obtención de piezas cortas y largas de madera.

Las particularidades de las situaciones consideradas se indican en adelante; en el caso del ítem Transporte de Personal, la matriz original establece la compra de vehículo para ejecutar los traslados. Sin embargo, para esta región, donde las superficies y la cantidad de ejemplares a intervenir son reducidas en comparación con las regiones del centro-sur, se decidió reemplazar este parámetro por Arriendo de Vehículo, utilizando como valor unitario por día de \$70.000, que corresponde al monto gastado en este proyecto para este fin, considerando una camioneta con doble tracción, que sea adecuada para los caminos que es necesario recorrer para llegar a algunos lugares de difícil acceso.

Respecto a las distancias, es necesario realizar algunas consideraciones respecto al sector donde se ubican los ensayos. Por ejemplo, queñoa se ubica principalmente en sectores alejados de Ollagüe, en altitudes sobre los 4.000 m, por caminos de difícil acceso y con dificultades en temporadas de lluvias estivales o invernales (como ocurrió durante el invierno de 2011, cuando se retrasó la instalación de los ensayos de este Proyecto). A su vez, el poblado de Ollagüe no supera los 150 habitantes y se encuentra a 190 kilómetros de Calama, pero se establece como lugar de alojamiento para la intervención de la especie, y se utiliza como valor de alojamiento el monto usado en este proyecto, correspondiente a \$10.000 por persona. En el caso de paja brava, esta especie también se encuentra en sectores alejados, en altitudes similares a la queñoa, pero las intervenciones podrían ser de menor dificultad, menor superficie, y por tanto, menor tiempo, por lo que no se considera alojamiento.

Para realizar los cálculos para cada especie en las macrozonas, se establecieron además, algunos supuestos, que se detallan a continuación.

- Queñoa

De acuerdo a la bibliografía consultada (Choque, 2010; Ríos, 1994), la densidad de las formaciones naturales de queñoa en las Regiones de Antofagasta y Tarapacá es aproximadamente de 730 ind/ha. Considerando que la estructura de estas formaciones es irregular, se establece que la cantidad de ejemplares a intervenir es un tercio de la densidad original (243,3 ind/ha), valor que finalmente se ajusta a 245 ind/ha.

El rendimiento de la mano de obra se estimó utilizando como base el trabajo realizado por los operarios durante la instalación de los ensayos.

- Paja brava

Se establece como supuesto que la cobertura de esta especie es de 2500 m²/ha, y la superficie a intervenir no debiera superar este valor, considerando la fragilidad del hábitat en que se encuentra. Respecto al rendimiento de la mano de obra, el valor utilizado corresponde a una estimación que se basa en el tiempo requerido por los operarios que realizaron la actividad de corta de los ejemplares durante la instalación de los ensayos de este proyecto.

- *Prosopis spp*

En este caso se consideran las especies algarrobo y tamarugo. En ambos casos, el proyecto realizó las intervenciones en plantaciones con un distanciamiento de 12x12 metros, equivalente a 69,4 ind/ha y, para fines del cálculo, se ajusta a 70 ind/ha. Como en los casos anteriores, el rendimiento de la mano de obra se estimó sobre la base del trabajo realizado durante la instalación de los ensayos.

Según lo anterior, el siguiente cuadro muestra los valores finales obtenidos para las actividades de poda y corta baja arbustiva, para las macrozonas definidas para la Región de Antofagasta. Las planillas de cálculo se presentan en el anexo 4.

Cuadro 26. Tabla de costo de las intervenciones de macrozonas de la Provincia El Loa.

Macrozona	Especies	CODIGO ACTIVIDAD (UTM/ha)	
		Poda/Clareo con fines no madereros	Cora baja arbustiva
Andina	Queñoa	5,70	
	Paja brava		1,86
Oasis	Prosopis spp	1,86	

8. OBJETIVO 8: Establecer esquemas de manejo silvicultural según tipos vegetacionales, macrositios y estado de conservación.

Se entiende por esquemas de manejo a la organización en el tiempo de las intervenciones silviculturales propuestas según los objetivos de un plan de ordenación.

Por tratarse de especies nativas, en algunos casos endémicas de la región, y que la actual legislación permite desarrollar un manejo destinado a la preservación de las especies, es que los objetivos supuestos para presentar los esquemas de manejo considerarán además de los productos a obtener, actividades de preservación, tales como intervenciones orientadas a mejorar las condiciones de crecimiento de los ejemplares y las formaciones.

8.1 Queñoa

La queñoa es una especie arbórea o arbustiva, que puede alcanzar 7 metros de altura, habita en las laderas montañosas del altiplano. Es ampliamente utilizada por las comunidades quechuas y aymaras de las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta como combustible, y debido a sus características arbóreas, permite el uso de su madera para la construcción de estructuras tales como vigas, para casa, estancias e iglesias.

En cuanto a los hábitos de crecimiento de la especie, es posible encontrar ejemplares de tipo arbustivo, plurifustal y monofustal, y en algunos sectores, especialmente a mayores altitudes, hay ejemplares denominados “camefitizados” o en forma de cojín, característicos que los ambientes de altura.

Según el Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres (RCE) de la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) queñoa de altura está clasificada como Vulnerable, mediante el Decreto Supremo N° 51/2008, del 24 de abril de 2008 (CONAMA, 2009). Por esta razón, se proponen esquemas de manejo orientados a mejorar las condiciones de crecimiento de la especie, y del cual es posible obtener como producto secundario piezas cortas de madera destinada a leña, carbón o artesanías.

a) Esquema 1

Objetivo : Preservación
Origen : Arbustivo/Monofustal/Plurifustal en buen estado de conservación
Final : Monte alto irregular

En las poblaciones naturales con mayor nivel de conservación, tales como Río Polán y Causisa, se aprecia una estructura general de tipo irregular donde es posible observar individuos de distintos estados de desarrollo, con una alta participación de ejemplares en etapa de regeneración. En este esquema se propone mantener la estructura actual, pero mejorándola para optimizar los procesos de regeneración natural y el crecimiento de la masa arbórea. Por tratarse de un objetivo distinto a la producción, en este caso no es necesario pretender una estructura irregular balanceada.

El mejoramiento de la regeneración natural se puede lograr mediante trabajos puntuales al suelo en micrositos protegidos por otras especies o piedras, con el propósito de

aumentar la cantidad de plántulas. Estas acciones se pueden complementar con el establecimiento de plantas producidas en vivero.

En cuanto a los ejemplares que ya han superado la etapa de regeneración, al menos 50 cm, y hasta ejemplares maduros, se aplicarán eventuales clareos y podas sanitarias con el propósito de eliminar fustes o ramas moribundas o afectadas por insectos o patógenos. Así mismo, en ciertos casos se podrán aplicar cortas de liberación para eliminar ejemplares de otras especies que pudieran estar afectando el crecimiento de queñoa. Algunos de estos ejemplares a eliminar en una primera etapa pudieron comportarse como plantas nodriza. En ejemplares sobremaduros se podrán efectuar podas de recuperación.

A través de los clareos, se pueden obtener algunas piezas cortas de madera que podrían ser destinadas a artesanías u otros usos.

Cuadro 27. Esquema de manejo para preservación queñoa

Altura (m)	DAT medio (cm)	Clareo	Poda	Otra intervención
0,50	-	-	Sanitaria	-
1	-	(si se requiere)	Sanitaria (si se requiere)	Corta de liberación (si se requiere)
> 1,5	-	-	Recuperación	-

b) Esquema 2

Objetivo : Preservación
 Origen : Mayoritariamente arbustivo
 Final : Monte alto irregular

En las poblaciones naturales con menor nivel de conservación, tales como Chalhui, Volcán Ollague y Quebrada Chela, se aprecia una estructura general conformada por individuos de tipo arbustivo con baja presencia de regeneración natural y escasa participación de individuos maduros o sobremaduros.

En este esquema se propone conducir la actual estructura hacia un monte alto irregular que corresponde a la estructura presente en sectores mejores conservados. Para tales efectos se tratará de promover la regeneración natural por semillas en forma permanente mediante trabajos puntuales al suelo en micrositios protegidos por otras especies o piedras, con el propósito de aumentar la cantidad de plántulas. Estas acciones se pueden complementar con el establecimiento de plantas producidas en vivero.

En los ejemplares de tipo arbustivo, actualmente existentes, se aplicarán clareos y podas sanitarias, con el propósito de dinamizar el crecimiento de los ejemplares y eventualmente promover una mayor fructificación. En ciertos casos se podrán aplicar también cortas de liberación para eliminar ejemplares de otras especies que pudieran estar afectando el

crecimiento de queñoa. Si existen ejemplares sobremaduros se podrán efectuar podas de recuperación.

A través de los clareos, se pueden obtener algunas piezas cortas de madera que podrían ser destinadas a artesanías u otros usos.

Cuadro 28. Esquema de manejo para flores y frutos de queñoa

Altura (m)	DAT medio (cm)	Clareo	Poda	Otra intervención
0,50	-	-	Sanitaria	
1	-	1	Sanitaria/ formación	Corta de liberación
1,5	-	1	Sanitaria/ formación	-
>1,5	-	-	Recuperación	-

8.2 Algarrobo

El algarrobo es una especie arbórea que puede alcanzar hasta 18 metros de altura, de copa globosa y redondeada que puede llegar hasta los 10 metros de diámetro. Es ampliamente utilizada y con diversos fines tales como combustible, madera, forraje, medicinal, y para consumo humano a través de la preparación de harina y bebidas.

En el estudio, se instaló el ensayo de intervenciones silviculturales en una plantación, donde los ejemplares son principalmente de tipo plurifustal. Cabe señalar que debido a las condiciones de distanciamiento en que se encuentran los ejemplares en una plantación, éstos son similares a los que ocurren en formaciones naturales, por lo tanto se consideró que el comportamiento de individuos creciendo en plantaciones es similar al de individuos creciendo en condiciones naturales.

Para los siguientes esquemas de manejo, los productos principales a obtener son flores y frutos, piezas de madera cortas (para artesanías y combustible) y piezas largas (para construcción, pisos, muebles). Para flores y frutos la estructura meta es monofustal de copa amplia; para piezas largas, monofustal de copa alta, y para piezas cortas, plurifustal.

a) Esquema 1

Producto : Piezas cortas de madera
 Origen : Arbustivo/Plurifustal/Monofustal
 Final : Plurifustal

Si al inicio del plan de ordenación el manejo comienza con la cosecha de los individuos en estado de desarrollo maduro o sobremaduro y el posterior rebrote de dichos ejemplares, el esquema de manejo propuesto se muestra en el Cuadro 31. Si al comienzo del plan no

existen ejemplares maduros o sobremaduros para cosechar, el esquema se inicia con clareo y/o poda de vástagos, según el estado de desarrollo en altura de los ejemplares.

Cuadro 29. Esquema de manejo para piezas cortas de madera de algarrobo

Altura (m)	DAT medio (cm)	Clareo	Poda	Retoños remanentes
1	-	1	-	8 a 10
1,5	-	2	-	6 a 8
2	5	3	Basal	4 a 6
-	10	4	Basal	2 a 4
-	20	Cosecha y repetición del ciclo		-

b) Esquema 2

Producto : Piezas largas de madera
 Origen : Arbustivo/Plurifustal/Monofustal
 Final : Monofustal

Si al inicio del plan de ordenación el manejo comienza con la cosecha de los individuos en estado de desarrollo maduro o sobremaduro y el posterior rebrote de dichos ejemplares, el esquema de manejo propuesto se muestra en el Cuadro 32. Si al comienzo del plan no existen ejemplares maduros o sobremaduros para cosechar, el esquema se inicia con clareo y/o poda de vástagos, según el estado de desarrollo en altura de los ejemplares.

Cuadro 30. Esquema de manejo para piezas largas de madera de algarrobo

Altura (m)	DAT medio (cm)	Clareo	Poda	Retoños remanentes
1	-	1	-	6 a 8
1,5	-	2	-	4 a 6
2	5	3	Basal	2 a 4
-	10	4	Alta hasta 50% de altura	1
-	15	-	Alta hasta 50% de altura	1
-	20	-	Alta hasta 50% de altura	1
-	25	Cosecha y repetición del ciclo		-

c) Esquema 3

Objetivo : Producción de flores y frutos. Preservación
 Origen : Arbustivo/Plurifustal/Monofustal
 Final : Monofustal de copa amplia

Si al inicio del plan de ordenación el manejo comienza con la cosecha de los individuos en estado de desarrollo maduro o sobremaduro y el posterior rebrote de dichos ejemplares, el esquema de manejo propuesto se muestra en el Cuadro 33. Si al comienzo del plan no existen ejemplares maduros o sobremaduros para cosechar, el esquema se inicia con clareo y/o poda de vástagos, según el estado de los ejemplares. La rotación correspondiente a este esquema es de tipo biológico, por cuanto los ejemplares se mantienen en crecimiento mientras continúe la producción de flores y frutos.

Cuadro 31. Esquema de manejo para flores y frutos de algarrobo

Altura (m)	DAT medio (cm)	Clareo	Poda	Retoños remanentes
1	-	1	-	6 a 8
1,5	-	2	-	4 a 6
2	5	3	Basal	2 a 4
-	10	4	Selectiva	1
-	15	-	Selectiva	1
-	> 25	Cosecha y repetición del ciclo		-

Este permite la obtención de piezas cortas como producto secundario, a través de los clareos y podas.

d) Esquema 4

Producto : Piezas cortas de madera
 Origen : Plantaciones
 Final : Plurifustal

La plantación se maneja con silvicultura de establecimiento, consistente en trabajos de preparación al suelo para la cosecha de aguas lluvia y eventual desmalezado. Posteriormente, la cosecha se realiza cuando los ejemplares alcanzan un DAT de 15 cm. Producido el rebrote, se aplica el esquema de manejo 1 de algarrobo.

e) Esquema 5

Producto : Piezas largas de madera
 Origen : Plantación
 Final : Monofustal

La plantación se maneja con silvicultura de establecimiento, consistente en trabajos de preparación al suelo para la cosecha de aguas lluvia y eventual desmalezado. Si los ejemplares presentan deformaciones, se aplican podas correctivas. Posteriormente, la cosecha se realiza cuando los ejemplares alcanzan un DAT de al menos 25 cm. Producido el rebrote, se aplica el esquema de manejo 2 de algarrobo.

f) Esquema 6

Objetivo : Producción de flores y frutos. Preservación
Origen : Plantación
Final : Monofustal copa amplia

La plantación se maneja con silvicultura de establecimiento, consistente en trabajos de preparación al suelo para la cosecha de aguas lluvia y eventual desmalezado. Si los ejemplares presentan deformaciones, se aplican podas correctivas. La rotación correspondiente a este esquema es de tipo biológico, por cuanto los ejemplares se mantienen en crecimiento mientras continúe la producción de flores y frutos.

8.3 Paja brava

Se trata de una hierba perenne cespitosa que crece hasta un metro de altura, generalmente en forma de semicírculo. Habita los pisos altoandinos, entre los 3.800 y 4.600 metros de altitud, y su principal uso es como material de construcción de techos por parte de las comunidades indígenas.

El esquema que se propone a continuación tiene como objetivo obtener material destinado a la construcción de techos, para lo cual se requiere realizar cortas a baja altura que permitan una vigorosa recuperación de los ejemplares.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos de intervención, se propone ciclos de corta de tres años y preferentemente en ejemplares de mayor desarrollo en altura.

El esquema es el siguiente:

- Objetivo: Producción de material para techumbres

Aplicación de tratamientos silviculturales:

- Intervención 1 : Corte bajo (rejuvenecimiento de ejemplares) en ciclos de tres años.

El ciclo de corta se mantendrá en la medida que los ejemplares sean capaces de mantener una recuperación vigorosa, aspecto que requerirá de futuras investigaciones..

9. OBJETIVO 9: Difundir los resultados de estas acciones.

Las actividades de difusión propuesta en el proyecto, corresponden a la realización de dos talleres de presentación de resultados.

La coordinación de ambos talleres se realizó en conjunto con CONAF Antofagasta. Se decidió realizar un primer taller de presentación de resultados preliminares, en la oficina de la Reserva Nacional Los Flamencos, en la Comuna de San Pedro de Atacama, con participación de personal de CONAF de la Oficina Provincial Calama. Este se llevó a cabo el día martes 24 de abril de 2012 y participaron 9 personas. Además de la presentación de los resultados de este proyecto, personal de CONAF mostró los resultados de una actividad de manejo realizada en la plantación de tamarugo de Tambillo. Luego, se visitó el sector, para ver en terreno los resultados de la intervención de este proyecto y del manejo realizado por CONAF.

El segundo taller se planificó junto con personal de CONAF Antofagasta y Calama, para el 11 de abril del presente año. Se realizaría en la Comuna de Ollagüe, con el fin de mostrar y hacer partícipe a la Comunidad Indígena de los resultados del proyecto. Sin embargo, debido a un problema en la coordinación del taller, éste no se realizó. Debido a lo anterior, los resultados del proyecto se discutieron con Nancy Cortés, Jefa del Departamento Forestal de CONAF Antofagasta y Víctor Quezada, Encargado de Fiscalización Forestal, de la misma oficina.

10. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENTACIONES

Objetivo 1. Elaborar una tipología de las principales formaciones vegetales xerofíticas y de oasis.

El estudio se realizó en las comunas de Ollagüe, Calama y San Pedro de Atacama, donde se aprecia que existe una gran cantidad de polígonos, los cuales difieren en los atributos ambientales o corresponden a diferentes pisos bioclimáticos. Muchos de ellos solo responden a mayores grados de fidelidad con parámetros topográficos empleados por los diferentes autores de las capas de información (diferencias en el grado de precisión en la digitalización y/o espacialización de la información base).

Cada uno de los distritos ambientales corresponde a un espacio geográfico en donde confluyen una serie de atributos que deben corresponderse con una estructura y composición de la vegetación similar y de existir diferencias al interior de ellos, éstas responderán a diferentes grados de intervención o a la presencia de algún factor de carácter azonal con una fuerte influencia biológica.

Según la información contenida en el Catastro del Bosque Nativo, el número de áreas ambientales que pueden ser consideradas formaciones xerofíticas alcanzaría a 2.432,6 ha, lo que representa el 0,06% de la Provincia de El Loa. Ello, difiere con el valor resultante entre las unidades muestreadas, las que en su conjunto alcanzan una superficie estimada de 19.148,9 ha, que representa el 0,45% de la superficie de la Provincia. Dichas diferencias se pueden deber a los criterios utilizados en la definición de las unidades y en los distintos ajustes realizados en las capas temáticas.

Por otro lado, si bien en algunos casos la información contenida en el Catastro coincide con la cobertura vegetal existente en los sistemas naturales establecidos en la Provincia, en muchos casos las especies citadas no se corresponden con la descripción de terreno levantada en este proyecto. En este sentido, la capa del Catastro es más bien una referencia de las unidades ambientales, donde debe ajustarse a medida que la información sea levantada en terreno e incorporada en las bases de datos de cada región.

Respecto de las capas temáticas utilizadas, no se puede inferir que existe algún tipo de relación suficientemente fundada como para poder extrapolar los resultados obtenidos, básicamente porque si bien en algunos puntos las especies (autóctonas) presentan patrones comunes respecto de las capas temáticas, en otros puntos no se da la misma relación, lo que implica que la distribución de las especies estaría condicionada más bien por patrones biológicos y ambientales locales que propician el establecimiento de las especies en distintos ambientes que se presentan.

En cuanto a la catalogación de unidades ambientales bajo la tipología de formaciones xerofíticas, habría que hacer una mención de que las áreas definidas en este informe, son producto de que estas especies autóctonas son parte de la matriz vegetal dominante, por tanto habría que considerar y evaluar la función que cumple la presencia de individuos aislados dentro de un determinado mosaico vegetal.

En general, una mayor o menor relevancia e influencia de las capas referenciales tanto en la conformación de los cuadros vegetacionales como en la presencia de especies autóctonas, tendría que ser evaluada bajo otro enfoque de análisis, basado en un

conjunto mayor de datos representativos de los ecosistemas, los cuales permitieran sustentar una extrapolación de la información con mayor fiabilidad dentro de cada distrito ambiental definido. Si bien cada capa temática por separado podría explicar alguna de las variantes propias del ambiente, y en particular, de la flora y vegetación, esta debería presentar un análisis más detallado para aumentar la representatividad de la información referente a las formaciones vegetacionales presentes en la región.

De esta forma se espera que existan más unidades que puedan presentar especies autóctonas y pasar a constituir formaciones xerofíticas, según la realización de una mejor ajuste de las unidades y de un incremento en el esfuerzo de muestreo realizado en la Provincia, de manera de obtener más detalle de las unidades ambientales en cuanto a su estructura y composición florística (riqueza), ya que sólo se pudo constatar una fracción de los distritos ambientales presentes en la Provincia.

Objetivo 2. Sistematizar la información existente sobre aspectos socioeconómicos, ecosistémicos y silviculturales asociados a los tipos vegetacionales definidos.

En la población regional destaca el bajo número de personas respecto a la superficie regional, situación atribuible a la gran proporción territorial ocupada por el desierto absoluto. Asimismo, llama la atención el predominio del número de hombres respecto a las mujeres, en que los primeros representan cerca de los dos tercios del total. Esto se puede atribuir a la importancia de la actividad minera, en que tradicionalmente se desempeñan varones. Asimismo, casi la totalidad de la población se concentra en zonas urbanas.

El relieve destaca por la presencia de una depresión intermedia conformada por amplias llanuras interiores con altitudes cercanas a los 1000 metros, interrumpidas por algunas serranías que se ubican en forma relativamente paralela entre las Cordilleras de la Costa y la de los Andes. Esta característica la comparte con la región ubicada más hacia el norte; en cambio, hacia el sur, empiezan a dominar las serranías, que alcanzan su máxima expresión, en cuanto a cantidad, en la Cuarta Región. En el sector costero de todas ellas, se presentan terrazas limitadas hacia el oriente por la Cordillera de la Costa, siendo interrumpida por algunos valles transversales.

El clima es desértico, con variaciones de en sentido longitudinal. En los faldeos occidentales Cordillera de los Andes empieza un clima de transición hacia un semiárido de tendencia tropical caracterizado por las bajas temperaturas y las lluvias estivales. En el aspecto hidrológico destaca el río Loa, el único que cruza las áridas llanuras atacameñas y que tiene una longitud de 440 kilómetros, siendo el más largo de Chile.

Las características de aridez de Región de Antofagasta han permitido el desarrollo de una biodiversidad única en el mundo, donde es posible encontrar alta riqueza de especies y particulares sistemas ecológicos como desiertos absolutos, salares altoandinos y oasis de camanchacas. La existencia de estos ecosistemas es posible debido a que las diferentes unidades geomorfológicas presentes en la Región, permiten el desarrollo de factores abióticos relevantes como radiación, humedad y orografía. Las áreas con mayor endemismo, tanto en flora como en fauna, están localizadas en la zona andina y costera.

Desde la perspectiva socioeconómica, destaca la vocación minera de la Región. El turismo ha experimentado un aumento considerable en los últimos años, especialmente debido a que San Pedro de Atacama y sus alrededores se convirtieron en lugares

reconocidos internacionalmente por sus bellos parajes naturales. Otro aspecto característico de la Región es la presencia de comunidades indígenas establecidas en los parajes más secos y en el altiplano.

En los aspectos silviculturales sobresale la plantación de Tamarugo en Tambillo, ubicada en la periferia oriental del Salar de Atacama. Asimismo, plantaciones con Algarrobo realizadas por CONAF y empresas mineras. En manejo silvicultural destacan los trabajos en Queñoa realizados por la Universidad de Chile en conjunto con CONAF.

Objetivo 3. Determinar mecanismos generales sobre la dinámica natural y regeneración de los tipos vegetacionales estudiados.

Las formaciones naturales de Queñoa, se encuentran asociada a Llareta y ambas están ligadas, a su vez, a situaciones de alta pedregosidad. Al interior de las poblaciones de Queñoa, se observan una gran cantidad de regeneración natural por semillas, tanto al interior como en los límites de las poblaciones, conformando estructura irregular cercana al equilibrio.

En Paja brava existen ejemplares en distintos estados de desarrollo lo que indicaría que las comunidades se estarían autorrenovando. Se presume que muchas de las formaciones se encuentran en un estado climácico o cercano al clímax.

Para el género Prosopis, se observó que en condiciones naturales, Algarrobo se ubica en sectores bajos, con agua permanente en la napa freática y en ambientes cercanos a los salares. La regeneración se presentaría en oleadas, luego de eventos de fuertes lluvias en el altiplano. Debido a lo anterior, las especies del género presentarían estructuras en estratos regulares, similar a lo que ocurre con Tamarugo.

Objetivo 4. Establecer protocolos para la propagación de las principales especies de los tipos definidos.

Se analizó las semillas de nueve especies arbustivas, herbáceas y suculentas. Ninguna de las especies estudiadas alcanzó una capacidad germinativa superior al 57%. Debido a la falta de información respecto a análisis de semillas y ensayos de germinación de las especies estudiadas, los resultados no pudieron ser comparados con otros estudios. Por lo tanto, se ha obtenido valiosa información de las especies estudiadas y se abre una nueva línea de investigación respecto de otras especies de interés para la zona norte, que son ampliamente utilizadas por la población local, de las cuales no existe información respecto de su propagación.

Objetivo 5. Evaluar plantaciones establecidas con especies nativas en la Región.

Se evaluaron dos plantaciones de Algarrobo y una de Tamarugo, de 14, 12 y 40 años, respectivamente, obteniéndose crecimientos medios anuales en altura de 0,26 m en Lomas Bayas; 0,30 m en Quillagüa y 0,22 m en Tambillo. Los crecimientos máximos medios anuales en diámetro a la altura del cuello fueron de 0,66 cm en Lomas Bayas; 1,23 cm en Quillagüa y 0,77 cm en Tambillo.

Objetivo 6. Definir sistemas silviculturales para la regeneración natural asistida, crecimiento y aprovechamiento de las especies en estudio.

En Queñoa se aprecia que los ejemplares arbustivos y plurifustales intervenidos mediante clareo y poda muestran un crecimiento mayor que los testigos, lo que implica que la intervención, a un año y medio de aplicada, tiene un efecto positivo en la elongación de los brotes, y por ende de la copa de los ejemplares de la especie.

En Algarrobo, intervenidos mediante dos intensidades de poda, se observa que el mejor resultado, en cuanto a la elongación de los brotes, se obtiene con la poda fuerte en ejemplares de menor altura. En la poda suave la elongación de los brotes es menor que lo registrado por los testigos. Esto implica que, aunque el crecimiento no se detiene, es menor que en los testigos, por lo que se podría sugerir, que los ejemplares intervenidos con esta intensidad de poda requieran de mayor tiempo para recuperar la pérdida de la biomasa y alcanzar el nivel de crecimiento de los testigos.

En Paja Brava, se observa que todos los ejemplares intervenidos tuvieron un crecimiento sostenido en cada una de las evaluaciones y la mayor altura se registró en los ejemplares de alta densidad. Sólo los ejemplares de densidad baja llegaron a alturas similares a la original o la que presentan los testigos, mientras que los ejemplares de densidad media y alta no alcanzaron la altura de los testigos. A pesar de lo anterior, los ejemplares de densidad baja son también los que muestran las menores alturas y se presume que este material no sería el adecuado para el uso en la construcción de techos. Se podría esperar que en un plazo mayor estos ejemplares alcancen la altura original, esto implicaría que, en un eventual manejo de esta especie, se considere que las intervenciones se apliquen a este tipo de individuos y en periodo mínimo de tres años.

En la plantación de Tamarugo, a casi un año y medio de aplicada la intervención consistente en dos tipos de intensidad de corta de los pies existentes en un hoyo, todos los ejemplares muestran rebrote, pero la cantidad y altura de los ejemplares con corta total es muy superior a lo que se observa en aquellos con corta parcial. Incluso, es posible afirmar que, a dos años de la intervención, el rebrote de la corta total ya estaría en condiciones de ser manejado, aplicando un clareo de vástagos, de al menos, un 50%

Para fines de regeneración de la plantación de Tamarugo, la corta total muestra mejores resultados respecto a la cantidad y altura de los rebrotes que la corta del 50% de los pies existentes.

Objetivo 7. Elaborar tablas de costos para las actividades silviculturales definidas.

Para elaborar la tabla de costo, se consideraron los gastos efectivamente incurridos para la instalación de los ensayos del Proyecto, efectuándose algunos ajustes en consideración a lo que significaría manejar una hectárea con presencia de las especies intervenidas.

Así mismo, se efectuaron ajustes de acuerdo a los valores propuestos por CONAF en las tablas de costos oficiales.

Por lo anterior, estos resultados sólo corresponden a una aproximación fundada de los costos necesarios para cada una de las intervenciones.

Objetivo 8. Establecer esquemas de manejo silvicultural según tipos vegetacionales, macrositios y estado de conservación.

La silvicultura de zonas áridas es un área poco desarrollada en el país, y las especies forestales, tales como algarrobo, tamarugo, chañar, a pesar de ser muy utilizadas por las propiedades de sus maderas para fines de construcción, obtención de combustible, además de otros fines no madereros, es escasa la información sobre la silvicultura de estas especies. A través del proyecto, se obtuvo valiosa información sobre la respuesta de algunas especies frente a intervenciones silviculturales, y con esos resultados se propusieron esquemas de manejo para la Queñoa, Algarrobo y Paja Brava.

Estos esquemas deben aún ser perfeccionados, para lo cual se requiere continuar desarrollando investigaciones en torno a la silvicultura de estas especies.

Objetivo 9. Difundir los resultados de estas acciones.

Con el propósito de analizar los resultados de las experiencias silviculturales, se realizaron dos talleres internos con profesionales de CONAF regional.

V. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ ARAMAYO, O., DE LA BARRERA, F., ARANDA, P., ASMÜSSEN, M., MOREIRA, D., VARGAS, F., ZORONDO, F. 2005. Levantamiento de información, estudio de línea base e instrumento legal para la conservación de la biodiversidad en los sitios priorizados en la ERB: Aguas Calientes IV y sector costero de Paposo, II Región de Antofagasta. [En línea] <http://www.librorojo.cl/wpcontent/uploads/sitiosprioritarios/Linea_base_Paposo_y_AC4.pdf> [Consulta: 20 Enero 2012]
- ✓ CALDENTEY, J. Y PIZARRO, J. 1980. Evaluación y Zonificación de los Recursos Climáticos de la IV región de Chile. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 197 p.
- ✓ CENSO, 2002. Indicadores demográficos de la Región de Antofagasta. [En línea] <www.ine.cl/cd2002/index.php> [Consulta: 1 diciembre 2011].
- ✓ COMISIÓN VERDAD HISTÓRICA Y NUEVO TRATO, 2003. Informe final del grupo de trabajo del pueblo atacameño. 55p [En línea] <[biblioteca.serindigena.org/.../informe_pueblo_atacameño_\(2\).pdf](http://biblioteca.serindigena.org/.../informe_pueblo_atacameño_(2).pdf)> [Consulta: 1 de Diciembre 2011].
- ✓ CORPORACIÓN DE FORMENTO DE LA PRODUCCIÓN. 1971. Memoria CORFO 1970-1971: CORFO en el Gobierno de la Unidad Popular.
- ✓ CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL. 2013. Parques Nacionales Región de Antofagasta. [En línea] <<http://www.conaf.cl/?s=a®ion=antofagasta&parques=parque-nacional-morro-moreno>> [Consulta: 18 de abril, 2013].
- ✓ CZABATOR, F. J. 1962. Germination value: An index combining speed and completeness of pine seed germination. *Forest Science* 8(41):386-396.
- ✓ CHOQUE, A. 2010. Evaluación del estado de conservación y propuesta del estado de conservación de queñoa de altura (*Polylepis tarapacana* Phil) en la Reserva Nacional Alto Loa, Región de Antofagasta. Memoria para optar al Título de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile.
- ✓ DI CASTRI, F., HAJEK, E. (1976) Bioclimatología de Chile. Editorial Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 128 pp.
- ✓ DI CASTRI F. 1968. Esquisse écologique du Chili. En: *Biologie de l'Amérique Australe*. Tomo IV. CNRS. Paris. 7-60 pp.

- ✓ EDUCAR CHILE, 2011. Estadísticas provincia de El Loa. [En línea] <<http://www.educarchile.cl/Portal.Base/Web/VerContenido.aspx?ID=130256>> [Consulta: 1 diciembre 2011].
- ✓ ELGUETA, E.1996. Estudio de flora y fauna vertebrada terrestre del oasis de El Loa. Proyecto educativo Manuel Montt y Centro Recreativo Pukará Country Club, 16 pag. [En línea] <www.e-seja.cl/archivos/AnexoFlorayFaunaCalama2006.pdf> [Consulta: 1 de Diciembre 2011].
- ✓ ETIENNE M., PRADO, C. 1982. Descripción de la Vegetación mediante la Cartografía de Ocupación de Tierras; conceptos y manual de uso práctico. Ciencias Agrícolas 10, Facultad Ciencias Agrarias y Forestales, U. de Chile. 120 p.
- ✓ GALLARDO, S. y GASTÓ, J. 1987. Estado y Planteamiento del cambio de estado del ecosistema de Quillaja saponaria Mol. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía. Informe de Investigación. Sistemas en Agricultura. Teoría Avances. 248 p.
- ✓ GAJARDO, R. 1994. La Vegetación Natural de Chile: clasificación y distribución geográfica. Ed. Universitaria, Santiago. 166 p.
- ✓ GALERA, F. 2000. Los algarrobos. Las especies del género *Prosopis* (algarrobos) de América Latina con especial énfasis en aquellas de interés económico. [en línea] <<http://www.fao.org/docrep/006/AD314S/AD314S00.HTM>> [Consulta: 18.03.2012].
- ✓ GARCÍA, P. 2001. Caracterización y proposición de tratamientos silviculturales para una plantación de tamarugo (*Prosopis tamarugo* Phil) en Toconao, II Región. Memoria para optar al Título de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencia Agrarias y Forestales. Departamento de Silvicultura. 64 p.
- ✓ GOBIERNO REGIONAL DE ANTOFAGASTA, 2011. Antecedentes generales del clima de la región de Antofagasta. [En línea] <http://www.goreantofagasta.cl/goreantofagasta/index.aspx?channel=3693> [Consulta: 1 de Diciembre 2011].
- ✓ GOBIERNO REGIONAL DE ANTOFAGASTA, 2011. Antecedentes demográficos de la Provincia de El Loa [En línea] <<http://www.goreantofagasta.cl/goreantofagasta/index.aspx?channel=4077>> [Consulta: 1 de Diciembre 2011].
- ✓ GOBERNACIÓN PROVINCIA DE EL LOA, 2011. Antecedentes geomorfológicos de la Provincia de El Loa [En línea] <<http://www.gobernacionloa.gov.cl/geografia.html>> [Consulta: 1 de Diciembre 2011].
- ✓ HABIT, M. 1980. *Prosopis tamarugo*: arbusto forrajero para las zonas áridas. Programa Regional de producción de alimentos básicos. Oficina Regional FAO para América Latina. [En línea].
- ✓ MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS DIRECCION GENERAL DE AGUAS BALANCE HIDROLOGICO, 1986. Dirección Nacional de Aguas. Balance

<http://www.profesorenlinea.cl/Chilegeografia/FloraFaunaNorte.htm>> [Consulta: 1 de Diciembre 2011].

- ✓ VISIT CHILE.COM, 2011. Características Climáticas de la Provincia de El Loa [En línea]< <http://www.visitchile.com/esp/desierto-atacama-altiplano/destino.asp?id=7> > [Consulta: 1 de Diciembre 2011].
- ✓ VITA, A., 1993. Ecosistemas de bosques y matorrales mediterráneos y sus tratamientos silviculturales en Chile. 2da edición. Proyecto CONAF/PNUD/FAO/-CHI/83/017. Documento de trabajo N° 21. 235 p.
- ✓ VITA, A., 1996. Los tratamientos silviculturales. 2da ed. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Departamento de Silvicultura. 156 p.
- ✓ VITA, A., 1997. Silvicultura de formaciones nativas. En: Forestación y Silvicultura de zonas áridas de Chile. Valdebenito, G., Benedetti, S. (Eds). Seminario Internacional "Forestación y Silvicultura en zonas áridas y semiáridas" INFOR, La Serena 21-25 de octubre 1996. 257-263 pp.
- ✓ Vita, A. 2007. Silvicultura en zonas áridas. In: Hernández, J., De la Maza, C. y Estades, C. (Eds.). Biodiversidad: Manejo y conservación de recursos forestales. Editorial Universitaria. Santiago. Chile. Pp 362 – 403.
- ✓ WIKIPEDIA, 2011. Antecedentes generales de la región de Antofagasta. [En línea]< es.wikipedia.org/wiki/Región_de_Antofagasta > [Consulta: 1 de Diciembre 2011].

VI. ANEXOS

(Ver archivos adjuntos)