Capítulo 2
FORMACIONES NATIVAS Y PLANTACIONES FORESTALES DE ESPECIES DEL GÉNERO PROSOPIS

Marlene González[1] y Santiago Barros[2]

RESUMEN

Chile continental se extiende por más de 4.000 km en la parte occidental de Sudamérica, desde los 18 a los y 55° LS y entre la cordillera de Los Andes y el océano Pacífico. Esta condición geográfica explica una amplia variedad climática y, consecuentemente, una gran diversidad de formaciones vegetales naturales.

Desde las regiones desérticas del norte del país hasta las regiones templadas y templadas frías del sur en general aumentan las precipitaciones y decrecen las temperaturas. Las zonas áridas y semiáridas abarcan gran parte del país extendiéndose desde el extremo norte con precipitaciones casi inexistentes, hasta sectores interiores de la región del Bio Bio por el sur, donde las precipitaciones anuales están en torno a los 1.000 mm, pero existe un periodo seco estival de 3 a 5 meses.

En estos ambientes áridos, particularmente desde la región Metropolitana hacia el norte, las especies del género *Prosopis* son de importancia, dado que se trata de especies multipropósito, capaces entregar una variedad de productos y servicios, que se han adaptado a las rigurosas condiciones impuestas por un permanente déficit hídrico, grandes amplitudes de oscilación diaria de temperaturas y una alta radiación solar, además de suelos con muy bajos contenidos de materia orgánica.

El género *Prosopis* está representado en al país por seis especies; *Prosopis alba* Griseb., algarrobo blanco; *P. burkartii* Muñóz, churqui; *Prosopis chilensis* Mol., algarrobo, chileno; *Prosopis flexuosa* DC., algarrobo dulce; *Prosopis strombulifera* (Lam.) Benth., retortón y *Prosopis tamarugo* Phil., tamarugo, todas ellas nativas y *P. tamarugo* y *P. burkartii* endémicas. Actualmente la superficie de formaciones de *Prosopis* en el país se estima en 52 mil hectáreas, superficie de la cual aproximadamente la mitad corresponde a plantaciones y la otra mitad a formaciones nativas. Las especies más importantes son *Prosopis tamarugo*, *P. alba* y *P. chilensis,* las restantes tres son de menor frecuencia o de distribución más restringida y de hábito más bien arbustivo.

Existen registros que señalan que en tiempos prehispánicos ya había desarrollo de agricultura, horticultura, recolección, caza y ganadería de camélidos, asociado a formaciones naturales de *Prosopis* en sectores del norte del país, prácticas que hasta ahora son las tradicionales en tormo a estos recursos en las zonas áridas y semiáridas del país, principalmente mediante sistemas silvopastorales que pueden sostener de 1 a 4 cabezas ovinas por hectárea.

1 Ingeniero Forestal. Gerente Sede Metropolitana, Instituto Forestal magonzalez@infor.cl
2 Ingeniero Forestal. Gerencia de Investigación y Desarrollo, Instituto Forestal sbarros@infor.cl

En este capítulo se incluyen antecedentes que dan cuenta del uso histórico de estas especies, como parte de unidades agroforestales y/o silvopastorales, junto con entregar una reseña de los cambios que se han generado a lo largo del tiempo y que llevan a describir la situación actual, dada por los cambios ocurridos en estos sistemas y por cómo ellos se han adaptado a nuevas condiciones, manteniendo las características propias y particulares de las especies del género.

Palabras clave: Sistemas agroforestales, Zona áridas y semiáridas. *Prosopis spp*.

SUMMARY

Continental Chile is located at the western part of South America along more than 4,000 km between the Pacific Ocean and the Andes Ranges, from 18 to 55° SL. This particular geographic condition explains the presence of a wide climatic variation and the consequent great vegetal formations variety along the country.

In general terms, from the northern deserts to the southern temperate rain forests medium annual rainfall increases and medium annual temperature decreases. The arid and semiarid zones cover a large part of the country from the northern regions, under almost non-existent rainfall, to inland zones in the Bio Bio region, under an annual rainfall close to 1.000 mm, but presenting a 3 to 5 months dry season.

Prosopis species represent important resources in northern Chile. Those species are multipurpose ones, giving a variety of products and services to the rural communities, and are adapted to the severe site conditions imposed by a permanent hydric deficit, wide daily temperature variations, high insolation, as well as very poor soils.

Prosopis genus is represented in the country by six species; *Prosopis alba* Griseb., algarrobo blanco; *P. burkartii* Muñóz, churqui; *Prosopis chilensis* Mol., algarrobo chileno; *Prosopis flexuosa* DC., algarrobo dulce; *Prosopis strombulifera* (Lam.) Benth., retortón; y *Prosopis tamarugo* Phil., tamarugo, all them native species and *P. burkartii* and *P. tamarugo* endemic species. The current *Prosopis* area in the country is estimated at 52 thousand hectares, half of these areas correspond to native formations and the other half to planted forests. Main species are *Prosopis tamarugo*, *P. alba* and *P. chilensis,* the other three species are of lower presence or a more restricted distribution area and with a shrubby growing habit.

Some records report pre-Hispanic agriculture and cattle breading developments around *Prosopis* resources in northern Chile and this kind of practices are still the traditional ones in the Chilean arid and semiarid zones, mainly through sheep and goat breeding under *Prosopis* formations which can feed some 1 to 4 ovine heads by hectare.

This chapter includes information on *Prosopis* species historical use, as part of agroforestry units, and provides a profile on the changes along the time to arrive to the current situation after the changes and the species adaptation to new conditions keeping the *Prosopis* genus species particular characteristics.

Key words: Agroforestry systems, Arid and semiarid zones, *Prosopis spp*.

INTRODUCCIÓN

Chile continental se extiende por más de 4.000 km en la parte occidental de Sudamérica, desde los 18 a los y 55° LS y entre la cordillera de Los Andes y el océano Pacífico. Su territorio presenta por tanto altitudes desde el nivel del mar hasta más de 6.000 msnm en las altas cumbres cordilleranas, está cruzado por innumerables cursos de agua que bajan desde estas hacia el océano y presenta un gran variedad de climas, desde el desierto absoluto de las regiones del norte hasta las regiones templadas y templadas frías de las regiones del sur donde las precipitaciones en algunos casos pueden superar los 7.000 mm anuales.

Las zonas áridas y semiáridas ocupan gran parte del país, las primeras se extienden desde las áreas desérticas de las regiones del norte; Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama, donde las precipitaciones son prácticamente nulas, hasta la parte norte de la región de Coquimbo, donde las precipitaciones anuales están aún por debajo de los 200 mm, concentradas en invierno.

Las zonas semiáridas en tanto se extienden hacia la zona central del país, desde la parte sur de la región de Coquimbo hasta sectores interiores de la región de Bio Bio, donde, si bien las precipitaciones medias anuales estén en torno a los 1.000 mm, se mantiene un período seco estival de 3 a 5 meses.

Características comunes de las zonas áridas y semiáridas son las reducidas precipitaciones, su irregularidad durante el año y entre años, la presencia de un prolongado período seco debido a la concentración de las lluvias en los meses invernales, la degradación de los suelos y de los recursos vegetales, y las consecuentes limitantes para el desarrollo de las comunidades rurales que en ellas habitan.

Las zonas semiáridas al sur de la región metropolitana, con precipitaciones medias anuales por sobre los 300 mm, comparativamente ofrecen más oportunidades a las comunidades rurales, dada la presencia de formaciones nativas en las que participan diferentes especies, como quillay (*Quillaja saponaria* Mol.), espino (*Acacia caven* Mol.), litre (*Lithraea caustica* Hook *et* Arn.), boldo (*Peumus boldus* Mol.), maitén (*Maytenus boaria* Mol.) y otras. Además, al avanzar hacia el sur de estas zonas es ya posible el establecimiento de algunas plantaciones con especies exóticas.

Desde la región metropolitana hacia el norte, con precipitaciones anuales por debajo de los 300 mm, se mantiene alguna presencia de las formaciones naturales mencionadas en la región de Coquimbo y se agregan aisladamente algunas otras especies como tara, (*Caesalpinia spinosa* (Mol.) Kuntze), chañar (*Geoffroea decorticans* (Gilles ex Hook *et* Arn.) Burkart) y otras, no obstante ya en la parte norte de la región de Coquimbo, con precipitaciones medias anuales bajo los 200 mm, los ambientes áridos se hacen fuertemente limitantes para el desarrollo rural.

Es desde la región Metropolitana hacia el norte donde aparecen las formaciones de especies del género *Prosopis*, que son las de mayor importancia en esta parte del país, dada la amplia distribución natural del género y su capacidad para prosperar bajo condiciones de déficit hídrico, alta radiación solar y grandes variaciones de temperatura entre el día y la noche, a lo que se suman suelos de muy bajos contenidos de materia orgánica.

En estos ambientes las especies del género constituyen un importante recurso arbóreo, para los agricultores y comunidades locales e indígenas, el único en las regiones de más al norte. Dada la falta o escasez de otros recursos, estas formaciones vegetales, nativas o plantadas, pueden ser empleadas con fines múltiples, integrando en ellas componentes ganaderas, apícolas e incluso agrícolas en algunos casos, sin dejar de obtener con alguna frecuencia productos forestales, como madera para diferentes usos y leña.

A lo anterior se suman positivos efectos ambientales dados por fijación de carbono, producción de oxígeno y protección de suelos, además del efecto de morigerar las condiciones climáticas en beneficio de los campesinos y sus animales, y mejorar el entorno de paisaje. Otros efectos positivos del uso de estas especies leguminosas es el mejoramiento de los suelos, tanto por el aporte de materia orgánica como por su capacidad de fijar nitrógeno en ellos, además de la conocida capacidad de las plantaciones de fijar carbono y liberar oxígeno.

OBJETIVOS

Efectuar una revisión de la presencia de especies del género *Prosopis* en las zonas áridas y semiáridas del país, de la información y experiencias existentes sobre su uso en sistema agroforestales y de las posibilidades de mayor desarrollo de estos sistemas integrados de producción.

MATERIAL Y METODO

La metodología se basa en la recopilación de información desde distintas fuentes, de manera de abarcar las distintas realidades territoriales, con todos sus elementos históricos y características particulares.

Se efectuó una revisión de la literatura más relevante disponible en distintos medios, como internet, bibliotecas y centros de documentación de universidades, instituciones de investigación y otras entidades relacionadas, se efectuaron también consultas a expertos nacionales, que pudieran contribuir con información adicional respecto de los antecedentes históricos y la situación actual de estos ecosistemas.

EL GÉNERO *PROSOPIS* EN CHILE

Especies

El género está representado en Chile por seis especies (Barros, 2010):

Prosopis alba Griseb., algarrobo blanco
Prosopis burkartii Muñóz, churqui
Prosopis chilensis Mol., algarrobo, algarrobo chileno
Prosopis flexuosa DC., algarrobo dulce
Prosopis strombulifera (Lam.) Benth., retortón
Prosopis tamarugo Phil., tamarugo

Las seis especies son nativas y *Prosopis tamarugo* y *P. burkartii* endémicas. Ocurren naturalmente en las regiones del norte del país, con la excepción de *P. chilensis* que se encuentra desde la región de Atacama hasta la región Metropolitana (Barros, 2010).

Las más importantes como recurso forestal debido a su distribución y a su hábito de crecimiento arbóreo son *Prosopis tamarugo, P. chilensis* y *P. alba,* las tres restantes son de menor frecuencia o de distribución más restringida y de hábito principalmente arbustivo.

Existen en las regiones indicadas bosques naturales y plantaciones de estas tres especies, los primeros reducidos y fragmentados como consecuencia principalmente de la alta presión para la obtención de leña que sufrieron en el pasado por parte de la actividad minera.

Las plantaciones en tanto han sido establecidas a través de diferentes esfuerzos de forestación, entre los que destaca el programa desarrollado por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) desde mediados del siglo pasado en la Pampa del Tamarugal en la región de Tarapacá.

Orwa *et al.* (2009) mencionan a un forestador (Sr. Maldonado) que en 1918 habría comenzado a plantar tamarugos, reconociendo su importancia al desarrollarse en zonas con gruesas costras salinas, transformando así el ecosistema desértico en un sistema agroforestal, y logrando producciones interesantes en una de las zonas más inhóspitas del mundo. También destacan las plantaciones de la década de los 30, que en su mayoría fueron realizadas por el Sr. Luis Junoy, un destacado y visionario empresario salitrero de la zona.

El resto de las plantaciones, que constituyen la mayor superficie, fueron efectuadas por CORFO entre los años 1963 y 1972, como parte del Programa Forestal Ganadero de la Pampa del Tamarugal, cuyo objetivo era forestar con tamarugos y en una segunda etapa adaptar razas bovinas, ovinas y caprinas que tuvieran como base de alimentación los frutos y hojas de esta especie.

En 1987 se crea la Reserva Nacional Pampa del Tamarugal, que integra plantaciones de tamarugos y algarrobos (*P. alba*), y también áreas con bosque nativo de *Prosopis spp.* Esta reserva se incorpora al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado y en ella se realiza un pastoreo controlado de hojas y frutos con caprinos y ovinos en ciertas épocas del año para favorecer a pequeños productores de áreas vecinas.

Gajardo (1994), en su estudio sobre la vegetación natural de Chile, señala que esta reserva representa una sola formación vegetacional, denominada Desierto del Tamarugal, que se localiza en áreas muy puntuales con presencia de napa freática relativamente superficial o en donde ocurren aluviones de origen andino originados en el denominado invierno altiplánico.

Los bosques nativos de *t*amarugo se encuentran casi en su totalidad en la Pampa del Tamarugal, en la región de Tarapacá, al igual que las plantaciones de esta especie. Algarrobo (*P. alba*) en tanto se ubica en forma natural en la región de Antofagasta, pero existen importantes superficies plantadas en la Pampa del Tamarugal.

Algarrobo *(P. chilensis*) es la especie del género de más amplia distribución en el país, aunque tanto las formaciones naturales como las plantaciones se encuentran mayoritariamente entre las regiones de Coquimbo y Metropolitana, con la máxima expresión de las primeras en esta última. Más de 50% de la superficie de formaciones naturales de algarrobo se encuentra en la

provincia de Chacabuco, en la región Metropolitana al norte de Santiago, en la comunas de Til Til, Lampa y Colina (González, 2013), donde de acuerdo a Gajardo (1994) la vegetación corresponde a Bosque Espinoso Adulto, una de las sub comunidades del cual es la formación Algarrobo - Espino.

Algarrobo ocurre en forma natural en valles o cuencas con napas freáticas relativamente superficiales, o en fondos de quebradas, donde la acumulación hídrica se hace más efectiva. Se la puede encontrar en el Valle Central, en la parte inferior del *piedemonte* de la Cordillera de la Costa, en quebradas de esta y en los cordones transversales, en forma dispersa o en pequeños bosquetes (Altamirano, 2012).

Superficies Bosques Naturales y Plantaciones

Barros (2010, citando a Barros y Wrann 1992 y a INFOR, 2009) indica que la superficie total de especies del género *Prosopis* en el país es de 52.140 ha, de la cual 26.341 ha corresponden a formaciones nativas y 25.799 ha a plantaciones.

Estas superficies de bosques naturales y plantaciones se distribuyen según especie y región como se indica en el Cuadro Nº 1.

Cuadro Nº 1
SUPERFICIE FORMACIONES NATIVAS Y PLANTACIONES DE ESPECIES DEL GÉNERO *PROSOPIS* SEGÚN ESPECIE Y REGIÓN[3]

Región	Formaciones Nativas				Plantaciones				Total
	P. tamarugo	*P. alba*	*P. chilensis*	Subtotal	*P. tamarugo*	*P. alba*	*P. chilensis*	Subtotal	
	(ha)								
Tarapacá	3.295	113		3.408	20.635	3.246		23.881	**27.289**
Antofagasta		2.075		2.075	47	302		349	**2.424**
Atacama			767	767	12		413	425	**1.192**
Coquimbo			6.656	6.656			1.139	1.139	**7.795**
Valparaíso			1.616	1.616				0	**1.616**
Metropolitana			11.819	11.819			5	5	**11.824**
Total	**3.295**	**2.188**	**20.858**	**26.341**	**20.694**	**3.548**	**1.557**	**25.799**	**52.140**

(Fuente: Barros, 2010, citando a Barros y Wrann 1992 y a INFOR, 2009)

Las poblaciones naturales de tamarugo son en general masas remanentes aisladas, de reducido tamaño poblacional, a pesar de lo cual constituyen un recurso genético de gran interés. La más conocida es la ubicada en el Salar de Llamara (Carevic *et al*., 2012).

Es posible que exista sobre posición territorial de algunas especies, Pardo y Pizarro (2013) indican que se puede suponer que cuando autores antiguos mencionan al algarrobo, se refieren a *Prosopis alba* en la parte norte de Chile y a *P. chilensis* en territorios al sur de Copiapó. Puede también haber algunas confusiones con *P. flexuosa*.

3 Las cifras provienen de inventarios realizados por INFOR en los años 1981 y 1986, y de actualizaciones locales y estimaciones posteriores. Las cifras correspondientes a plantaciones son de carácter referencial dado que no se conocen las pérdidas de superficies ocurridas con posterioridad.

González (2013) determina que en la provincia de Chacabuco de la región Metropolitana hay una superficie de 11.828 ha, que se ubican en las comunas de Til Til, Lampa y Colina, en altitudes entre los 560 y 630 msnm (Cuadro N° 2).

Cuadro N° 2
SUPERFICIE *Prosopis chilensis*
PROVINCIA DE CHACABUCO, REGIÓN METROPOLITANA

Tipo Formación	Comuna			Total
	Til Til	Lampa	Colina	
	Superficie (ha)			
Natural	3.378	1.107	2.934	**7.419**
Asociada a Cultivo Agrícola	2.094		1.120	**3.214**
Protección	366	42	200	**608**
Plantación*	49		16	**65**
Urbano	359	107	56	**522**
Total	**6.246**	**1.256**	**4.326**	**11.828**

(Fuente: González, 2013)
*Incluye cortinas cortavientos

ANTECEDENTES SOBRE EL USO DE LAS ESPECIES DE *PROSOPIS*

Se trata de especies multipropósito que generan una variedad de productos, es posible encontrar antiguas menciones sobre su participación en el paisaje y las actividades cotidianas de la población a través del tiempo y su uso particular asociado a la producción de ganado y la agricultura.

Tanto en Tiliviche como en Aragón, sitios que marcan el inicio de la ocupación humana temprana en el norte de Chile, existen evidencias concretas de la presencia de grupos de cazadores y recolectores que convivían con un medio forestal que les otorgaba los elementos básicos de subsistencia a través de la recolección de fruto de tamarugos, algarrobos y chañares. Estos sectores correspondían a sitios de permanencia temporal, que eran utilizados en determinadas épocas del año, y los periodos de recolección de especies forestales comenzaron en los años 6.000 a.C. Esta práctica perduró hasta que el hombre comenzó a tornarse más sedentario y empezó a estructurar las primeras aldeas, época en que la recolección fue perdiendo importancia, pero en la cual la madera del tamarugo adquirió valor para la construcción de algunas de estas aldeas (Briones, 1984).

En informe solicitado en el año 1789 por el Rey de España a don Judas Tadeo de Reyes, Secretario de la Capitanía General, sobre las maderas de Chile, este responde "*Algarrobo se produce en terrenos secos y llanos de los partidos septentrionales de esta capital… Fructifica unas vainas amarillas de tres pulgadas de largo y dos líneas de grueso que comen los ganados vacunos y les es de gran alimento"* (Looser, 1962).

Gay (1862), en sus diversas obras descriptivas de Chile realizadas por encargo del gobierno de la época, hace varias menciones interesantes sobre la especie: "*El algarrobo se cría en los llanos de Santiago y Colina", "…se ve el cuidado extremo que tomaban para conservar los bosques de los alrededores, no permitiendo cortar sino con parsimonia para las necesidades domésticas"* y puntualmente referido al uso poco tradicional de las partes del árbol, asociado a la producción ganadera, menciona la utilidad de sus espinas para estacar los cueros de animales, indicando *"…para darles cuerpo después de limpiarles la sangre, afrecharlos y extenderlos clavándolos en el suelo por medio de clavos o de espinas de algarrobo".*

Rosales (1877, citado por Pardo y Pizarro, 2013) respecto de *Prosopis chilensis* indica que *"da unas vaynas, que son algarrobas, de que se sustentan los indios y hacen pan de ellas, es vianda que estriñe mucho"*, reafirmando así la combinación de usos que la población de la época daba a este recurso.

Durante los siglos XVII y XVIII, con el advenimiento de la explotación minera de la plata, y durante el siglo XIX e inicios del XX, con la explotación del salitre se intensifica el uso de la flora autóctona como recurso energético que está a la mano y es barato. Esto, indudablemente repercutió en el rápido consumo y la consecuente destrucción de la mayor parte de la arboleda (Briones, 1984).

Carevic *et al*. (2012) destacan que en la región de Tarapacá en la actualidad *Prosopis tamarugo* y *P. alba* corresponden a las especies más representativas para fines agroforestales e indican que la Pampa del Tamarugal representa el principal sistema agroforestal del norte chileno.

Se ha comprobado que el tamarugo protege las reservas de aguas subterráneas, disminuye los efectos del viento sobre el desierto, modera las temperaturas locales, ofrece sombra para los animales, acumula biomasa para energía y ofrece recursos y oportunidades de recreación para las poblaciones locales. En consecuencia, permite la integración de varios rubros productivos en un mismo lugar, razón por la que las plantaciones realizadas con tamarugo, así como los bosques naturales, han significado la transformación del ecosistema desértico absoluto en un agroecosistema y la apertura al desarrollo social y económico de la zona (Galera, 2000).

Respecto de la región de Antofagasta, sus condiciones ambientales determinan una fuerte escasez de recursos vegetales, situándose aquellos en sectores donde el aporte hídrico supera en alguna medida al promedio regional (Martínez, 1996). En los sectores con agricultura de riego bajo los 3.000 msnm crecen, ya sea espontáneamente o plantados, algunos ejemplares de chañar (*Geoffroea decorticans*), algarrobo (*Prosopis alba*) y tamarugo (*Prosopis tamarugo*) (Martínez, 1998).

Existen registros que indican que en esta región hubo desarrollo de agricultura, horticultura, recolección, caza y ganadería de camélidos, durante el periodo Formativo (1.400 a.C. - 500 d.C.), en los oasis del Salar de Atacama y el Loa Medio asociado a *Prosopis alba*.

Varios autores, citados por McRostie (2014), sugieren la teoría que la colonización de los oasis cercanos al Salar de Atacama se debió a comunidades ganaderas de las quebradas que bajaron a los oasis buscando más tierras y mejores condiciones, dedicándose a la recolección de los frutos de *Prosopis,* a algunas actividades agrícolas y manteniendo la ganadería como su rubro principal. Se acepta así que en estas zonas la ganadería, que precedió a la agricultura,

y el uso posterior de *Prosopis* y maíz, consolidaron una actividad silvopastoral en los oasis al manejar los bosques al mismo tiempo que los rebaños.

Esta situación es habitual hasta hoy, en amplios sectores del norte chileno la ganadería provee recursos y productos a largo plazo, siendo la "riqueza del hombre andino". La agricultura en tanto es de subsistencia, básicamente de autoconsumo (Martínez *et al*., 1996).

En cuanto a los recursos arbóreos, tamarugo es una especie nativa del área, mientras que algarrobo (*P. alba*) podría estar más relacionado con la actividad humana. En este sentido, varios autores sugieren que esta última especie fue introducida a Chile desde Argentina en la época precolombina. Palacios y Brizuela (2005, citados por McRostie, 2014), indican que los bosques de algarrobo de San Pedro de Atacama serían producto de la actividad de los agricultores que han habitado los oasis de San Pedro. Aun cuando no está claro de dónde vinieron las semillas fundacionales, los análisis exo-morfológicos sugieren similitudes con individuos de *Prosopis alba* de algunas localidades de Salta en Argentina. Los principales centros silvícolas en la región son el Valle de Quillagua y la localidad de San Pedro de Atacama a 2.200 msnm (Martínez, 1996).

Quillagua, se ubica en la comuna de María Elena, provincia de Tocopilla, y es un oasis enclavado en pleno desierto de Atacama. Su vegetación natural está compuesta por *Prosopis* spp, *Prosopis tamarugo* y *Geoffroea decorticans* (chañar) (Martínez, 1994; Martínez *et al*., 1996).

En esta localidad, las prioridades de uso de los árboles son combustible, forraje, protección (cortaviento y cercos vivos), construcciones y protección del ganado (Martínez *et al*., 1996). Su población actual se dedica principalmente al cultivo de alfalfa y a la crianza de ganado, como sistema agroforestal, que forma parte del modo de vida de los habitantes del lugar, constituyéndose en un ejemplo de actividad productiva de gran utilidad.

Este sistema consiste básicamente en la combinación del cultivo de alfalfa bajo un dosel de algarrobos plantados, a densidades que varían entre 16 y 25 árb ha^{-1}, obteniéndose de él forraje verde prácticamente durante todo el año y legumbres de algarrobo, que se utilizan como complemento del forraje, y madera para leña, carbón y construcciones diversas.

El ganado que se cría en esta unidad de manejo integrado corresponde a bovinos, ovinos, caprinos, porcinos, equinos e incluso conejos, que se alimentan de la alfalfa producida y de las vainas de algarrobo. La unidad totaliza aproximadamente 170 ha, con árboles que superan los 80 años, con abundante fructificación que posibilita la recolección de vainas de algarrobo para el abastecimiento forrajero durante todo el año (Martínez, 1994).

En la Reserva Nacional Los Flamencos, ubicada 27 km al sur de San Pedro de Atacama, en el sector Tambillo, los pobladores de las comunidades cercanas han utilizado en forma histórica la plantación de tamarugos existente en la zona con fines silvopastorales, siendo esta indispensable para brindar forraje y sombra a sus animales (González y Maraboli, 1997). Martínez *et al*. (1996) indican que dicha plantación no había sido sometida a ningún tratamiento silvicultural, por lo cual el recurso de Tambillo podría ser optimizado si se aplicaran algunas medidas de manejo, especialmente podas y raleos. Destacan que los frutos de algarrobo se usan para alimentar cerdos y que los árboles, en general de grandes dimensiones, sirven para proveer de sombra al ganado y a la familia. No menos importante, es además, la práctica de la apicultura con la obtención de miel de alta calidad nutritiva (Martínez, 1996).

Debido al crecimiento abundante de las ramas basales y la presencia de espinas en ellas, se hace necesario efectuar poda cuando el árbol cumple entre 4 y 6 años, pues las ramas dificultan el acceso de los animales al forraje. Además, pensando en una plantación destinada principalmente a la producción de frutos para forraje, se recomiendan 3 raleos (a los 15, 30 y 40 años), poda frutal al año 20 y corta final a los 50 años, aun cuando se ha observado que es una especie longeva, que mantiene su producción a edades mayores. Se puede permitir el acceso de ganado a partir del año 10 (Galera, 2000).

En 1997 toda la comuna de San Pedro de Atacama fue declarada como Área de Desarrollo Indígena (ADI), lo que motivó la incorporación de las comunidades del área a la planificación y gestión de la Reserva Nacional Los Flamencos. Desde el año 2000 se inició el control y fiscalización del uso del territorio por parte de las comunidades que habitan este sector, las que han utilizado la plantación forestal para el desarrollo de cultivos agrícolas y manejo de su ganado de manera tradicional. El ganado está compuesto principalmente por ovinos y caprinos, además de porcinos, equinos y camélidos, animales que obtienen su alimento a partir del forraje que se extrae directamente de la plantación de tamarugo, consistente en hojas, tallos nuevos y frutos, pero no se ha realizado una evaluación de la capacidad de carga del lugar y tampoco del manejo del dosel que brinda forraje y sombra a los animales.

Existe un sector donde se cultiva maíz y alfalfa, junto con maravilla, acelga, lechuga y algunos frutales. Estos cultivos están protegidos por tamarugos que tienen gran producción frutal. Además se cuenta con un corral, protegido y con sombra, donde se guarda forraje para la época invernal. La frecuencia de riego es día por medio en verano y cada 3-4 días en invierno. Todos los cultivos son abonados con guano que se obtiene de los corrales distribuidos dentro de la plantación de tamarugos (Martínez, 2003).

Martínez (2003) propone realizar un ordenamiento de la zona destinada al uso silvopastoral, de manera de lograr un uso sustentable del sector con intervenciones que permitan mejorar la calidad de los individuos y aumentar el número de productos factibles de extraer, especialmente madera. La actividad ganadera y el incremento de la zona agrícola son fundamentales para la sustentabilidad del grupo humano que depende del sector Tambillo y que se establecerá físicamente en esta Reserva.

Más hacia el centro del país aparece *Prosopis chilensis* la especie del género de más amplia distribución en Chile, desde la región de Atacama hasta la región Metropolitana. Se le encuentra en forma natural en valles o cuencas con napas freáticas relativamente superficiales y en fondos de quebradas, ocurre naturalmente en el Valle Central, Cordillera de la Costa y en quebradas de esta y de los cordones transversales, con ejemplares dispersos o formando pequeños bosquetes (Altamirano, 2012) y siempre alejado de las influencias marinas (Martínez, 1998).

En la región de Atacama, Peralta y Serra (1987), en su análisis del hábitat en que se desarrollan los *Prosopis* en la región, indican ya en esa época que las especies de este género estaban en vías de extinción en la región, existiendo escasos bosquecillos, muy intervenidos y comúnmente con ejemplares aislados.

Situación similar se refleja en el relato de Santander (2003) respecto de la región de Coquimbo, quien señala que el impacto de los desmontes efectuados por la actividad minera

en el Norte Chico para suplir sus requerimientos energéticos explicaría la desaparición de la vegetación. Existen registros de esta actividad durante al menos tres siglos (XVII a XIX), el uso de leña comienza a decrecer después de 1850 y al finalizar el periodo (1900) su uso era ya residual. Estos desmontes fueron generalizados, afectando árboles, arbustos e incluso leñosas altas, y la situación se vio agudizada por la proliferación de la masa ganadera caprina, crianza habitual en la región, que representó una sobrecarga para las formaciones vegetales remanentes.

El género *Prosopis* es destacado por FAO (1997; 2000) reconociendo a sus especies como un importante recurso para las poblaciones humanas que dependen de agricultura de subsistencia, tanto así que recomienda su cultivo para combatir la desertificación y recuperar ecosistemas degradados (Bernuy, 2003).

Los algarrobos presentan una gran variabilidad, observándose dentro de una misma población a individuos con distintas características anatómicas y de crecimiento, florecen y fructifican en épocas diferentes y crecen a ritmos distintos (Arce y Balboa, 1988). La mayoría de los *Prosopis* que crecen con hábito arbóreo se adaptan bien a sistemas de producción silvopastoral y agroforestal, dado que permiten que pasturas y cultivos prosperen bajo su dosel y, además, su amplia copa aporta materia orgánica y nutrientes, especialmente nitrógeno, y favorece el balance hídrico (Serra, 1997).

Barros y Wrann (1992) destacan el uso como forraje, tanto de frutos como de hojas, de *Prosopis tamarugo, P. chilensis, P. flexuosa y P. alba*. Ortiz (1966) menciona también el empleo de las vainas de los algarrobos en el norte chileno como alimento para el ganado, dado su gran valor energético, y Aedo (2007) comenta los buenos resultados obtenidos en estudios realizados en Chile, al utilizar vainas de algarrobo en la alimentación de cabras, ovejas, pollos y otros animales.

Estas formaciones naturales han sido también fuertemente reducidas por la habilitación de terrenos para uso agrícola, poniéndose así a la especie en peligro de extinción (Pinto y Riveros, 1989, citados por Caro *et al*., 1991). Medina (1941, citado por Looser, 1962) comentaba al respecto que *"actualmente la cantidad de algarrobos ha disminuido mucho; los llanos de Colina y Batuco poco a poco se han raleado, sucediendo igual cosa en Polpaico"*.

Según Valdivia y Romero (2013) la destrucción de los algarrobos y de los espinos (*Acacia caven* (Mol.) Mol.), especies que conforman el Bosque Espinoso Adulto, comenzó con la penetración española, durante la conquista y colonización por el norte de Chile, con un fuerte y creciente consumo de la madera con fines dendroenergéticos, siendo numerosos individuos talados, quemados o desprovistos de ramas provocando pérdidas directas e indirectas en la masa poblacional debido a la destrucción total o parcial de los individuos.

Agregan también que la depredación de semillas y plántulas por animales silvestres (conejos) y domésticos (ganado bovino y caprino) también ha contribuido a la degradación del algarrobo y reestructuración del bosque espinoso de la zona central del país, ya que a diferencia del espino y el tamarugo, el paso de las semillas de algarrobo por el tracto digestivo de los animales, actuaría como una limitante en su capacidad germinativa.

Bajo las circunstancias descritas, hoy la especie se encuentra habitualmente en forma combinada con cultivos de frutales y viñas, además de su uso extensivo con fines ganaderos, en general para ganado vacuno.

VALOR FORRAJERO Y CAPACIDAD DE CARGA ANIMAL

La información sobre rendimientos en frutos y hojas de las formaciones de *Prosopis* y sobre su capacidad de sostener carga animal es escasa y muy variable, dado que la producción está gobernada por diversos factores, principalmente la ubicación de las formaciones naturales o plantadas, la edad de los árboles, la densidad de la formación y la especie en particular, y a esto se suma la vecería ("añerismo") característica de estas especies.

Prosopis tamarugo

Los árboles de tamarugo producen abundante forraje que es apetecido por el ganado ovino, bovino y caprino. La contribución de energía del tamarugo es similar a la del rastrojo de cereal y la contribución de proteína es muy similar a las del heno de trébol, grano de avena y salvado de trigo. El fruto contiene 91,6% de materia seca, 7,8% de materia orgánica, 10,5% de proteínas totales, 29,7% de fibra cruda, 0,46% de extracto etéreo, 3,8% de cenizas y el extracto de N libre es de 47,1%. En cuanto al valor nutritivo, el tamarugo es un buen alimento, ya que contiene aproximadamente un 5% de proteína cruda digestible y el total de nutrientes digestibles alcanza a 55% (FAO, 2000)

El proyecto iniciado por CORFO en los años 60 del siglo pasado en la Pampa del Tamarugal contemplaba una carga animal de 4 a 10 ovejas ha^{-1}.

Latrille y García (1968, citados por Serra, 1983) estimaron que el rendimiento en hojas y frutos de tamarugo es de 1 kg m^{-2} de proyección de copa en árboles adultos, lo que permitiría alimentar 3,5 ovejas ha^{-1}.

Orwa *et al.* (2009) indican que el tamarugo produce un forraje palatable para ovejas, vacunos y cabras, pudiendo mantener una carga de hasta 26 ovejas por hectárea.

Las últimas plantaciones en la Pampa del Tamarugal fueron efectuadas por CONAF entre los años 1983 y 1986, y en el año 1984 se puso en práctica un sistema de aprovechamiento de talaje, que consistió en arrendar parcelas de 100 ha, en las cuales se admitía un talaje de 100 ovejas, o bien 50 cabras. Al año 1997 existían 58 arrendatarios, que ocupaban una superficie de 18.500 ha.

El valor de carga animal involucrada, de 1 oveja ha^{-1}, es inferior al que se contemplaba en el proyecto inicial de CORFO debido a que los resultados de las plantaciones fueron menores a los esperados, con supervivencias inferiores al 75% y presencia de enanismo en algunos ejemplares, entre otros factores.

Galera (2000) indica que el ganado ovino requiere forraje de mayor calidad que el que necesita el ganado caprino y que el tamarugo puede ser un buen alimento para caprinos, pero incompleto para ovinos. CORFO (1984) sugiere que se complemente con otro forraje para construir una dieta equilibrada para ovinos y caprinos durante los periodos más exigentes, como final de preñez y comienzos de lactancia, el complemento sugerido es de 400 g de heno de alfalfa diario por animal durante los últimos 45 días de embarazo y los primeros 45 de lactancia.



Figura N° 1
PLANTACIONES DE *Prosopis tamarugo* PAMPA DEL TAMARUGAL REGIÓN DE TARAPACÁ

También, en ensayos posteriores, se encontró que la suplementación de la dieta de ovejas, de la raza merino precoz francés, con vitamina A da excelentes resultados, logrando disminuir las tasas de mortalidad por causa desconocida y mejorar la fertilidad (Montes, 1984).

El consumo de hojas es notoriamente más bajo que el de frutos, las primeras tienen un valor nutritivo mayor, pero son menos palatables. La carga animal que puede soportar una hectárea de tamarugo en plena producción, la que se logra a los 15 años de la plantación, supera normalmente la carga animal de una pradera natural (FAO, 2000).

Martínez (1998) y Orwa *et al*. (2009) señalan que el tamarugo constituye además un interesante potencial para la producción de miel.

En el año 1991, la Corporación Nacional Forestal (CONAF) realizó un primer manejo de mejoramiento productivo, mediante podas para lograr el rejuvenecimiento de los individuos y aumentar la producción frutal en la Reserva Nacional Pampa del Tamarugal (CONAF, 1997).

Con este programa de manejo forestal sustentable, luego de cuatro años de trabajo, se ha logrado regenerar más de 1.600 ha de *Prosopis* en la reserva, lo que se logró con la activa participación de las comunidades aledañas, quienes convierten los residuos del manejo en carbón y leña certificada, que pueden comercializar, aumentando con ello los productos que se pueden generar en este sistema manejado sustentablemente (CONAF, 2015).

INFOR (1964) hace una prospección de las plantaciones de tamarugo en la Pampa del Tamarugal y, mediante un muestreo de frutos y hojas caídas bajo la copa de los árboles, estima en un promedio de 3 kg m^{-2} de proyección de copa el material producido en plantaciones de 30 años de edad y en 1,8 kg m^{-2} de proyección de copa el material producido en plantaciones de 18 años de edad.

En este estudio de INFOR (1964) se determina que el 50% del peso de material corresponde a frutos lo que daría un rendimiento medio en frutos de 1,5 y 0,9 kg m^{-2} de proyección de copa para plantaciones de 30 y 18 años, respectivamente.

En términos generales se estima la caída de frutos en 2,7 t ha^{-1} y esta producción, suponiendo que un ovino consume unos 650 kg de frutos al año, indicaría que la posible carga animal ovina sería de 4,2 cabezas ha^{-1}. El mismo estudio determina también algunos parámetros de rodal registrando altura, diámetro de copa y área de proyección de copa para distintas edades (Cuadro N° 3).

Sobre la base de la información de rodal para diferentes edades del Cuadro N°3, INFOR (1964) concluye que el espaciamiento de plantación no debe ser inferior al diámetro de copa a los 8 a 9 años de edad (unos 6 m), cuando aproximadamente se inicia la fructificación, ni superior al diámetro máximo de copa de árboles maduros, que en plantaciones 30 a 40 años de edad es cercano a los 15 m.

Cuadro N° 3
ALTURA, DIÁMETRO DE COPA Y ÁREA DE PROYECCIÓN DE COPA SEGÚN EDAD
PLANTACIONES DE TAMARUGO PAMPA DEL TAMARUGAL

Edad (años)	Altura (m)	Diámetro Copa (m)	Cobertura Copa (m^2)
5	5,0	4,0	12
10	8,0	6,5	33
15	9,5	8,0	50
20	10,5	9,5	67
25	11,0	10,5	84
30	11,0	11,5	100
35	11,5	12,0	113
40	12,0	12,5	125

(Fuente: INFOR, 1964)

Elgueta y Calderón (1971) analizan un conjunto de parcelas experimentales de 9 a 37 años de edad establecidas en plantaciones de tamarugo en la Pampa del Tamarugal, los espaciamientos de plantación son de 6 x 7 a 20 x 20 m, la profundidad de la napa subterránea de 4 a 10 m y la salinidad del suelo de 750 a 3.000 mg L^{-1}, y obtienen los resultados resumidos en el Cuadro N° 4.

Los autores indicados obtienen para una muestra de árboles de diferentes edades y espaciamiento de plantación un rendimiento promedio en frutos de 0,6 kg m^{-2} de proyección de copa. Respecto de los resultados obtenidos del conjunto de parcelas experimentales, estos resultan algo dispares, pero se puede apreciar que la salinidad del suelo y la profundidad de la napa freática, dentro de los rangos indicados en el Cuadro N° 4, no tienen una incidencia en los rendimientos y si la tienen la edad y el espaciamiento de plantación.

En lo que se refiere al espaciamiento de plantación, parece adecuado un espaciamiento cercano a los 13 x 13 m, que correspondería aproximadamente al diámetro máximo de copas en árboles adultos.

Cuadro N° 4
RENDIMIENTO EN MATERIAL CAIDO BAJO LA COPA SEGÚN EDAD Y ESPACIAMIENTO DE PLANTACIÓN

Edad (años)	Espaciamiento (m)	Densidad (árb ha^{-1})	Salinidad Suelo (mg L^{-1})	Profundidad Napa (m)	Frutos (t ha^{-1})	Hojas (t ha^{-1})	Total (t ha^{-1})
9	10 x 15	67	750	6	0,02	0,78	0,80
	7 x 7	204	3.000		0,11	6,87	6,98
14	8 x 4	312	1.500	6	3,84	5,01	8,85
	10 x 10	100	1.500	4	2,06	3,00	5,10
18	6 x 7	238	1.500	6	0,71	5,19	5,90
22	12,5 x 12,5	64	1.500	6	2,23	2,63	4,86
23	20 x 20	25	2.000	10	1,89	1,12	3,01
32	15 x 20	33	1.500	10	1,99	1,88	3,88
	20 x 20	25	2.000	8	2,88	1,02	3,90
37	20 x 20	25	1.750	10	2,38	2,56	4,96

(Fuente: Elgueta y Calderón, 1971)

A los 22 años de edad la plantación establecida a 12,5 x 12,5 m genera 2,23 t fruto ha^{-1} y, con iguales supuestos que los empleados por INFOR (1964), soportaría una carga animal ovina de 3,4 cabeza ha^{-1}. En espaciamientos mayores, como 15 x 20 m y 20 x 20 m, se requerirían 10 años más para igualar o superar esta capacidad de carga animal.

Esto considera solo el consumo de frutos caídos, no considera el forraje adicional dado por un peso similar de hojas caídas y por ramoneo de ramas bajas.

Barros y Wrann (1992) dan valores de producción de frutos de 35 a 42 kg árbol^{-1} para plantaciones de tamarugo en la Pampa del Tamarugal a una densidad de 54 arb ha^{-1}, lo que conduce a 1,9 a 2,3 t ha^{-1} y a una posible carga ovina de 2,9 a 3,5 cabezas ha^{-1}.

Prosopis alba

FAO (2000) da información sobre algarrobo (*P. alba)* en Argentina y otros países e indica que los frutos presentan 89,8% materia seca, 11,7% proteínas, 4,3% lípidos, 12,5% fibra bruta, 4,8% cenizas y 66,7 hidratos de carbono, y que la digestibilidad es de 62%.

Respecto de la producción de frutos la información es escasa. Barros y Wrann (1992) señalan para la especie en plantaciones en la Pampa del Tamarugal, con una densidad de 38 arb ha^{-1}, 10 a 29 kg árbol^{-1}, lo que conduce a 0,4 a 1.1 t ha^{-1} y a una posible carga ovina de 0,58 a 1,7 cabezas ha^{-1}.

FAO (2000) señala que los frutos de *P. alba* pueden ser empleados como forraje en el bosque o se los puede almacenar por algún tiempo para épocas críticas. El bosque puede soportar una carga ovina de 100 kg peso vivo ha^{-1}, aproximadamente 2 cabezas ha^{-1}, suponiendo hembras adultas.

Prosopis chilensis

Los frutos de *P. chilensis* presentan 10,1% de materia seca, 9,1 de proteínas, 2,35% de lípidos, 10,9% de fibra bruta, 5,2% de cenizas y 72,5% de hidratos de carbono, son utilizables tanto en alimentación humana como animal, tienen buena digestibilidad, pueden ser consumidos directamente o almacenados para épocas críticas y en algunas regiones son procesados obteniéndose harinas y otros derivados (FAO, 2000).

FAO (1997) indica que un árbol adulto puede producir hasta 100 kg de frutos, sin embargo esta producción no es regular, depende de la edad, la ubicación y otros factores, y estima una producción media de 30 a 40 kg de frutos por año.

Fuentes (1998, citando a Vásquez *et al*., 1991) señala que la producción de frutos es muy variable; 30 a 40 kg árbol^{-1} y en otros lugares menos de 10 kg árbol^{-1}. Por su parte Sáez (2006, citando a Serra, 1977) comenta que se han observado árboles que producen 10 a 200 kg de frutos.

INFOR (2014) en la comuna de Calle Larga de la región de Valparaíso determinó que en situación de laderas de secano existe un promedio de 2,8 arb ha^{-1}, principalmente integrados a sistemas agroforestales (viñas), y la productividad promedio por árbol alcanza los 6,13 kg de frutos m^{-2} de proyección de copa. Si se supone un diámetro de copa de 10 m, la producción por árbol sería de uno 480 kg, equivalente a 1,34 t fruto ha^{-1}. Aplicando un cálculo similar al empleado para tamarugos da una posibilidad de carga ovina de 2,1 cabezas ha^{-1}.

Tampoco se considera en este caso forraje dado por hojas caídas y eventual ramoneo de ramas. Sin embargo, en este caso existen también pastos naturales y materiales vegetales de desecho del sistema agrícola, de modo que la carga de 2,1 cabezas ha^{-1} es adicional a la que pueda entregar la pradera natural y los desechos.

Cabe destacar que los algarrobos que crecen al interior de cultivos agrícolas poseen mayor producción de frutos por árbol, pero menor presencia de árboles por unidad de superficie. La buena producción de frutos se explica porque los algarrobos reciben los beneficios del manejo de cultivos intensivos, contando con riego y aplicación de fertilizantes durante todas las temporadas.



Figura N° 2
PLANTACION DE *Prosopis chilensis* LAS CARDAS REGIÓN DE COQUIMBO

En el mismo estudio (González, 2013) se ubica y caracteriza estas formaciones y se estima su producción de frutos, la cual, empleando una vez más el cálculo anterior, permite estimar la capacidad media de carga animal (Cuadros N° 5).

Cuadro N° 5
PARÁMETROS DE RODAL Y PRODUCCIÓN DE FRUTOS *Prosopis chilensis*
PROVINCIA DE CHACABUCO, REGIÓN METROPOLITANA

Tipo Formación	Densidad (arb ha^{-1})	Altura (m)	DAP (cm)	DCopa (m)	Producción Frutos (kg arb^{-1})	Producción Frutos (kg ha^{-1})	Capacidad Carga Ovina (Cabezas ha^{-1})
Natural	28	5,7	19,9	7,9	15	420	0,65
Asociada a Cultivo Agrícola	1	9,2	44,6	10,5	61	61	0,01
Protección	12	7,7	23,0	10,8	15	180	0,28
Plantación*	254	4,4	7,1	3,5	2	508	0,78
Urbano	16	7,1	17,7	6,7	5	80	0,12

(Fuente: Modificado de González, 2013)
*Incluye cortinas cortavientos

Se debe considerar el empleo habitual de algarrobo como forraje complementario, especialmente en meses de mayor escasez, por periodos de 3 semanas hasta 1,5 meses cada año, para lo cual se recogen los frutos para ser almacenados y utilizados según necesidad (Guillermo Trivelli[4], Comunicación Personal), lo que también podría realizarse de árboles asociados a cultivos agrícolas (anuales o frutales).

4 Agricultor provincia de Chacabuco

Esta situación ya había sido reportada por Contreras (1983) quien, citando a *National Academy of Sciences* (1979), indicaba que los frutos o vainas eran recogidas y almacenadas para luego ser utilizadas como alimento del ganado por uno o dos meses en el año, con un valor alimenticio comparable al de la cebada y el maíz.

Serra (1997) reafirma igual idea, indicando que los frutos del algarrobo pueden ser consumidos directamente por el ganado o ser almacenados con el fin de complementar la dieta de los animales en épocas críticas (invierno y primavera).

RESULTADOS

Ocurren naturalmente en el país seis especies del género *Prosopis*, dos de ellas endémicas:

Tamarugo (*P. tamarugo).* Especie endémica que se distribuye entre las regiones de Arica y Antofagasta.

Churqui (*P. burkartii).* Especie endémica, región de Tarapacá

Retortón (*P. strombulifera).* Especie nativa, regiones de Arica a Atacama.

Algarrobo o algarrobo blanco (*P. alba).* Especie nativa, regiones de Arica a Antofagasta.

Algarrobo o algarrobo dulce (*P. flexuosa).* Especie nativa, regiones de Arica a Coquimbo.

Algarrobo chileno (*P. chilensis).* Especie nativa, regiones de Atacama a Metropolitana.

Las más importantes de estas especies, dadas su distribución y frecuencia, y su hábito arbóreo, con alturas de 10 m y más, son *Prosopis tamarugo*, *P. alba* y *P. chilensis*, las tres restantes son de menor frecuencia o distribución más restringida y de hábito más bien arbustivo.

Las especies del género cubren en el país una superficie total de unas 52 mil hectáreas entre las regiones de Arica y Metropolitana, correspondiendo aproximadamente la mitad de esta superficie a bosques nativo y la mitad a plantaciones.

Las formaciones nativas de *Prosopis tamarugo* se ubican fundamentalmente en la región de Tarapacá, las de *P. alba* en la región de Antofagasta y las de *P. chilensis* entre las regiones de Coquimbo y Metropolitana, principalmente en esta última y muy concentradas en la provincia de Chacabuco al norte de Santiago.

Las plantaciones en tanto están fuertemente concentradas en la Pampa del Tamarugal en la región de Tarapacá, con más de 20 mil hectáreas de *P. tamarugo* y más de 3 mil hectáreas de *P. alba*, establecidas mayoritariamente por CORFO en los años 60 y 70 del siglo pasado.

Se trata de especies leguminosas, formadoras y mejoradoras de suelos dado su aporte de materia orgánica y su capacidad de fijar nitrógeno. De ellas se puede obtener madera para ciertos usos, leña y carbón, tienen una buena aptitud melífera y producen abundante fruto y follaje valiosos para la alimentación de ganado, principalmente ovino y caprino, lo que las constituye en un importante recurso, el único en muchos casos, para las comunidades rurales de grandes áreas de las zonas áridas y semiáridas del centro y norte del país.

El valor forrajero de los frutos de estas especies es bueno, aunque se sugieren para ovinos y caprinos, principalmente para los primeros, ciertos complementos de heno y de vitamina A durante los períodos de preñez y lactancia. Las hojas presentan un mayor valor forrajero, pero una menor palatabilidad, razón por la cual los sistemas silvopastorales en tamarugos y algarrobos se basan en los frutos.

Respeto del crecimiento, no hay información disponible para *Prosopis chilensis* y *P. alba*, pero *P. tamarugo* en la Pampa del Tamarugal, en ausencia de lluvias y con napas freáticas hasta a 20 m de profundidad, a los 10 años de edad puede alcanzar buena producción de frutos, con alturas de 8 m y diámetros de copa de 6,5 m (INFOR, 1964).

En lo referente a la producción de frutos y la capacidad de carga animal, la información disponible de diversas fuentes es muy variable. Como se indicó, depende principalmente de la especie, la edad y la densidad de la formación.

Distintos autores señalan cifras variables en materia de producción de frutos y capacidad de carga para tamarugo:

El programa desarrollado por CORFO en la Pampa del Tamarugal contemplaba una carga ovina de 4 a 10 cabezas ha^{-1}.

Latrille y Garcia (1968, citados por Serra, 1983) indican una producción de frutos de 1 kg m^{-2} de proyección de copa y una capacidad de carga ovina de 3,5 cabezas ha^{-1}.

Orwa *et al*. (2009) indican que la capacidad de carga ovina puede ser de hasta 26 cabezas ha^{-1}.

CONAF en un programa de arriendo de parcelas de 100 ha para las comunidades locales iniciado en 1984, acepta una carga ovina de 1 cabeza ha^{-1}.

INFOR (1964) estima en términos generales la caída de frutos en 2,7 t ha^{-1} y una carga ovina de 4,2 cabezas ha^{-1} asumiendo un consumo de 650 kg $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$.

Elgueta y Calderón (1971) indican que en una plantación de 22 años de edad, establecida con un espaciamiento de 12,5 x 12,5 m, la caída de frutos es de 2,23 t ha^{-1} y estiman la carga ovina en 3,4 cabezas ha^{-1}.

Elgueta y Calderón (1971) obtienen los resultados mencionados de una muestra de árboles de diferentes edades (9 a 37 años) y espaciamientos de plantación (6 x 7 a 20 x 20 m), señalan que el rendimiento promedio en frutos de 0,6 kg m^{-2} de proyección de copa y comentan que la salinidad del suelo (750 a 3.000 mg L^{-1}) y la profundidad de la napa freática (4 a 10 m), no tienen una incidencia en los rendimientos, pero sí la tienen la

edad y el espaciamiento de plantación. Indican que parece adecuado un espaciamiento cercano a los 13 x 13 m, que correspondería aproximadamente al diámetro máximo de copas en árboles adultos.

Barros y Wrann (1992) dan valores de producción de frutos de 35 a 42 kg arb^{-1} para plantaciones de tamarugo en la Pampa del Tamarugal, a una densidad de 54 arb ha^{-1}, lo que conduce a 1,9 a 2,3 t ha^{-1} y a una posible carga ovina de 2,9 a 3,5 cabezas ha^{-1}.

Escasa es la información disponible sobre producción de frutos para *Prosopis alba,* solo algunos datos proporcionados por Barros y Wrann (1992) en la Pampa del Tamarugal y por FAO (2000) en Argentina:

Barros y Wrann (1992) señalan para plantaciones en la Pampa del Tamarugal, con una densidad de 38 arb ha^{-1} y una producción de 10 a 29 kg arb^{-1}, una posible carga ovina de 0,58 a 1,7 cabezas ha^{-1}.

FAO (2000) indica una carga ovina aproximada de 2 cabezas ha^{-1}.

Para *Prosopis chilensis* la información disponible sobre producción de frutos es también muy variable. Los rendimientos son menores que los registrados para tamarugo.

De acuerdo a los antecedentes dados por González (2013) las formaciones naturales presentes en la región Metropolitana son de baja densidad (28 arb ha^{-1}) y la producción media de frutos llega a solo 15 kg arb^{-1}. Suponiendo iguales consumos que para tamarugo, este rendimiento ofrece una capacidad de carga ovina de 0,65 cabezas ha^{-1}.

No existe información sobre las 1.139 ha de plantaciones de *P. chilensis* en la región de Coquimbo mencionadas por Barros (2010), sobre los prendimientos obtenidos y la densidad actual y mucho menos sobre la producción de frutos. Es probable que la mayor parte de estas plantaciones se haya perdido si no se ha contemplado riego inicial y protección contra lagomorfos (conejo y liebres).

Respecto de las plantaciones de *P. chilensis* en la región Metropolitana informadas por González (2013), se trata principalmente de una reducida superficie (aproximadamente 50 ha) plantada por CODELCO[5], bajo riego con aguas de relave minero y a un espaciamiento cercano a 6 x 7 m, que presentan aún un escaso diámetro de copa (4,6 m). Su producción media de frutos es de 2 kg arb^{-1} y soportarían una carga ovina de 0,78 cabezas ha^{-1}. No obstante, por tratarse de relaves mineros, habría que analizar la disponibilidad de esas plantaciones para pastoreo y el efecto que el tipo de riego pueda tener sobre la calidad forrajera de los frutos.

Existen en el país áreas de desarrollo agroforestal basadas en el recuso *Prosopis,* la principal y más extensa está dada principalmente por plantaciones de *P. tamarugo* en la Pampa del Tamarugal, región de Tarapacá, la cual, según la información reunida, acepta una carga ovina en torno a 3 cabezas ha^{-1}, y se obtiene además leña, carbón, madera para ciertos usos y alguna producción apícola.

5 Corporación Nacional del Cobre

Carevic *et al.* (2012), indican que la reactivación de la agroforestería en dicha zona debe asociarse necesariamente a la recuperación de masa boscosa mediante actividades de reforestación, debido a la utilización casi exclusivamente de frutos de especies del género *Prosopis* en las actividades ganaderas de la zona.

También sobre la base de tamarugo hay desarrollos agroforestales menores en Quillagua y en San Pedro de Atacama, región de Antofagasta, tradicionales de estas zonas y de antigua data, en donde se integran las formaciones de tamarugo con ganadería ovina, caprina y de algunos camélidos, y con cultivos agrícolas, como alfalfa y otros. En ellos se menciona el uso de los frutos en pastoreo y también como material almacenado para épocas críticas, pero no se indican rendimientos.

Respecto de *Prosopis alba*, la información es escasa, pero existen superficies de plantaciones de importancia en la Pampa del Tamarugal (más de 3.000 ha), región de Tarapacá, que han sido integradas con crianza ovina y que probablemente al menos en parte están bajo este uso actualmente dentro del sistema de arriendo de parcelas a comunidades locales de esta Reserva Nacional, y de formaciones nativas en la región de Antofagasta (más de 2.000 ha). La capacidad de carga ovina en estas formaciones, según FAO (2000) podría estar en unas 2 cabezas ha^{-1}. La especie indudablemente requiere de mayor estudio, pero dadas las superficies existentes de este recurso y sus ubicaciones, debieran ser propiciados sistemas agroforestales sostenibles basados en él.

En cuanto a *Prosopis chilensis*, no hay zonas localizadas de desarrollo agroforestal basado en las formaciones naturales de algarrobo, pero existe una tradicional ganadería extensiva, principalmente de caprinos, en las regiones de Coquimbo y Metropolitana, regiones en las que la posibilidad de carga dada por las formaciones de *Prosopis* es adicional a la que puede ofrecer la vegetación menor y la pradera natural.

No obstante, en estas regiones hay comunas en las que podrían propiciarse desarrollos agroforestales sostenibles dados los recursos existentes. Barros (2010) entrega superficies de formaciones naturales de algarrobo por comunas, destacando Alto del Carmen (431 ha), en la región de Atacama; Monte Patria (1.939 ha) y Combarbalá (2.061 ha), en la región de Coquimbo; y Calle Larga (1.229 ha), en la región de Valparaíso. González (2013) por su parte destaca las comunas de Til Til (6.246 ha), Lampa (1.256 ha) y Colina (4.326 ha), en la región Metropolitana.

Es recomendable entonces que se incluya a las especies principales de *Prosopis* en las estrategias de desarrollo regional y en políticas de fomento destinadas a su recuperación y a fines de protección de suelos, alimentación y protección del ganado, en pequeñas propiedades agrícolas y comunidades locales de la zona norte y central de Chile, de manera de permitir incluso establecer cultivos de algarrobo bajo un manejo intensivo y generar interesantes volúmenes de follaje y frutos que permitan emprendimientos locales.

Con la recolección de las experiencias pasadas y de sus resultados se espera contribuir en la promoción de intervenciones adecuadas, de manera de frenar el curso de degradación que presenta este género botánico y lograr un grado de productividad que permita sostener sistemas agroforestales que se han mantenido a lo largo de la historia en estas regiones y que podrían volver a convertirse en parte de las actividades de la población establecida en estos territorios.

CONCLUSIONES

Es posible concluir que las especies de *Prosopis* son una buena fuente de alimento para el ganado. Tamarugo y algarrobo (*P. alba*) en las regiones del norte como especies vegetales principales, dado que la vegetación menor en estas regiones es marginal (solo algunas especies de los géneros *Atriplex, Tessaria* y otros). Algarrobo (*P. chilensis) en tanto,* más al sur, como complemento a la pradera natural.

Se trata de recursos valiosos, en especial en pequeñas propiedades y comunidades, que pueden ser manejados en el caso de las formaciones naturales o se pueden establecer plantaciones para desarrollar sistemas agroforestales que brinden protección y alimento al ganado, generen madera, leña y carbón, y en los cuales, según las características sociales y de sitio, se puedan integrar además componentes agrícolas, apícolas y otras, incluso de productos derivados para alimentación humana.

Considerando todo el recurso *Prosopis,* que alcanza a 52 mil hectáreas, y las posibles capacidades de carga ovina de las plantaciones de tamarugo y algarrobo (*P. alba*) de las regiones del norte y aquellas de las formaciones naturales de algarrobo (*P. chilensis*) de las zonas semiáridas más al sur, es posible asignar una capacidad de carga media de al menos una cabeza por hectárea, basada solo en la producción de frutos de estas especies, sin considerar el ramoneo de ramas bajas, la caída de hojas (peso equivalente a la caída de frutos) ni lo que aporta la vegetación menor y la pradera natural en el segundo caso, lo que representa un potencial de pastoreo extensivo de al menos 52 mil cabezas ovinas, cifra más que interesante para las zonas áridas y semiáridas del país.

La asociatividad puede ser un elemento clave para el manejo de los sistemas agroforestales y para la comercialización de lana, carne y otros productos, incluso entre quienes arriendan talaje en las regiones del norte, pero particularmente importante entre pequeños propietarios y comunidades agrícolas de las regiones de Coquimbo y Metropolitana, y muy en especial en comunas como Monte Patria y Combarbalá, en la primera, y Colina y Til Til, en la segunda. Comunas que, siguiendo el raciocinio anterior, podrían mantener planteles ovinos de 2.000 cabezas cada una, las de la región de Coquimbo, y sobre 4.000 cabezas cada una, las de la región Metropolitana.

Existe una cierta asociatividad informal para el manejo del ganado, principalmente en la región de Coquimbo, dada por la práctica comunitaria de la trashumancia. Las majadas y otros rebaños son llevados en la época estival a veranadas cordilleranas que constituyen una buena fuente de forraje temporal cuando este escasea en los valles y zonas bajas debido al período seco estival.

La capacidad de carga de las formaciones naturales de algarrobo (*P. chilensis*) es baja debido a la escasa densidad de estas formaciones, que han estado bajo fuertes presiones para la obtención de leña, habilitaciones de terrenos para uso agrícola y sobre utilización en general, y debido a la falta de manejo silvícola que pueda asegurar su conservación y mejorar su producción.

Se requiere sin duda de investigación para el manejo de estas formaciones naturales y, muy especialmente, para la creación de nuevos recursos mediante plantaciones.

Para tamarugo y algarrobo (*P. alba*) en las regiones del norte fue desarrollada la tecnología silvícola adecuada para el establecimiento de plantaciones; pretratamiento de semillas y producción de plantas en macetas profundas, plantación con remoción de la costra de sal que cubre el suelo, de bastante espesor en alguno casos, y riego inicial por algunos meses hasta que las raíces llegan a las napas freáticas. Sin embargo, escaso fue el desarrollo silvícola para el posterior manejo de estas plantaciones y para las formaciones naturales que existen en estas regiones.

Para algarrobo (*P. chilensis*), más al sur, se requiere de investigación para el manejo de las formaciones naturales y principalmente para el establecimiento y manejo de plantaciones. Los pretratamientos de semillas y el proceso de viverización de plantas son ya conocidos, pero para el establecimiento de plantaciones se haría necesario adecuar para la zona semiárida y para la especie las técnicas intensivas de establecimiento desarrolladas por INFOR para eucaliptos en la zona central y sur, que incluyen una fuerte preparación de suelos, control de competencia y fertilización inicial. Las plantaciones deben ser completamente excluidas de ganado hasta cierta edad y en las áreas a plantar deben ser evaluadas y, en caso necesario, reducidas drásticamente las poblaciones de lagomorfos en forma previa.

Estas plantaciones deben ser planificadas para constituir sistema agroforestales, silvopastorales principalmente, cubriendo superficies completas, a espaciamientos de plantación adecuados; para constituir bosquetes de abrigo que cubran parcialmente la superficie; o para establecer cortinas cortavientos perimetrales en sectores agrícolas.

Factores determinantes para iniciar procesos de repoblación con algarrobo (*P. chilensis*) en las regiones de Coquimbo, Valparaíso y Metropolitana son sin duda la investigación, la asociatividad de pequeños y medianos propietarios y comunidades, una apropiada política de asistencia técnica y fomento estatal, y una adecuada selección de áreas a forestar en una primera etapa, en las que puedan encontrarse algunas condiciones hídricas favorables, como laderas bajo canal o sectores con napas freática relativamente superficiales.

Comentario aparte requiere la situación de conservación de algarrobo (*P. chilensis*), que aun cuando es una especie considerada como vulnerable en las categorías de conservación que reconoce la ley y que es la especie del género de mayor representatividad y distribución, no cuenta con representación dentro de las unidades del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado.

REFERENCIAS

Aedo, R., 2007. Factibilidad técnico-económica de generar productos alimenticios a partir del fruto de Algarrobo Chileno (*Prosopis chilensis Mol.* Stuntz) para la alimentación humana o animal. Tesis para optar al Grado de Licenciado en Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 94p.

Altamirano, G., 2012. Variedad de frutos y semillas en las especies del género *Prosopis* presentes en Chile. Corporación Nacional Forestal. Chile. Documento Técnico N°208. 12 p.

Arce P. y Balboa, O., 1988. Some Aspects of the Biology of *Prosopis* Growing in Chile. In: The current state of knowledge on *Prosopis juliflora*. II International Conference on *Prosopis*: Recife, Brazil, 25 - 29 August, 1986. Pp: 313-319.

Barros, S. y Wrann, J., 1992. El género *Prosopis* en Chile. Ciencia e Investigación Forestal, CIFOR, V.6 (2). Pp: 295-334

Barros, S., 2010. El Género *Prosopis.* Valioso Recurso Forestal de las Zonas Áridas y Semiáridas de América, África y Asia. En Ciencia e Investigación Forestal. Vol. 19 N° 1. Abril 2010. Instituto Forestal, Chile.

Bernuy, E., 2003. Incorporación de harina y de fibra purificada del fruto de algarrobo *Prosopis chilensis* (Mol) Stuntz en el desarrollo de galletas. Tesis de Magíster en Ciencias Agropecuarias, Mención Producción Agroindustrial. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Santiago, Chile. 82 p.

Briones, L., 1984. Visión retrospectiva antropológica del *Prosopis*. In: Habit, M. (Ed), Estado Actual del Conocimiento sobre *Prosopis tamarugo,* Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FA), Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Arica, Chile. pp. 51-53.

Caro, W.; Pinto, M.; Riveros, E., 1991. Utilización de frutos de algarrobo (*Prosopis chilensis*) para reemplazar la proteína en dietas de conejos de carne. Avances en la Producción Animal. vol. 16 (1-2): 183-188.

Carevic, F.; Carevic, A. y Delatorre, J. 2012. Historia natural del género *Prosopis* en la Región de Tarapacá. Idesia 30(3): 113-117.

CONAF, 1997. Plan de Manejo Reserva Nacional Pampa del Tamarugal. Ministerio de Agricultura, Corporación Nacional Forestal, Región de Tarapacá. 138p.

CONAF, 2015. Programa Regional de Manejo Forestal Sustentable. Reserva Nacional Pampa del Tamarugal. Disponible en: http://www.conaf.cl/conaf-en-regiones/tarapaca/progrmas-regionales.

Contreras, B., 1983. Diversidad morfológica en poblaciones de algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz) en la IV Región. Tesis para optar al Título de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, Escuela de Ciencias Forestales. Santiago de Chile. 100 p.

CORFO, 1984. Valoración Nutricional de Tamarugo y Algarrobo y Perfiles Metabólicos de Ovinos y Caprinos en la Pampa del Tamarugal. In: Habit, M. (Ed.), Estado Actual del Conocimiento sobre *Prosopis tamarugo,* Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Arica, Chile. pp. 75-121.

Elgueta, H y Calderón, S., 1971, Estudio del Tamarugo como Productor de Alimento del Ganado Lanar en la Pampa del Tamarugal. Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N° 38. 37p.

FAO, 1997. *Prosopis chilensis*. In: Especies arbóreas y arbustivas para las zonas áridas de América Latina. Serie: Zonas Áridas y Semiáridas Nº12. Santiago, Chile. 347 p.

FAO, 2000. El Género *Prosopis* Algarrobos en América Latina y El Caribe. Distribución, Bioecología, Usos y Manejo. En: Las Especies del Género *Prosopis* (Algarrobos) de América Latina con Especial Énfasis en Aquellas de Interés Económico. Recopilación y Elaboración:
Galera, F. M. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/006/ad314s/AD314S01.htm

Fuentes, C., 1998. Elaboración de galletas con la incorporación de harina de cotiledón de algarrobo sometido a dos tratamientos térmicos. Tesis. Ing. Agrónomo. Santiago. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 72p.

Galera, F.M. 2000. El género *Prosopis* "algarrobos" en América latina y El Caribe. Distribución, bioecología, usos y manejo. FAO. Córdoba, Argentina.

Gajardo. R., 1994. La Vegetación Natural de Chile: Clasificación y Distribución Geográfica. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 165p.

Gay, C., 1862. Historia Física y política de Chile. Tomo Primero. 487p.

González, M. (Ed.), 2013. Algarrobo. Rescatando una Especie de Alto Valor Histórico. Una Contribución a una Alimentación Sana y al Combate contra la Desertificación. Informe Técnico N° 195, Instituto Forestal, Santiago, Chile. 128p.

González, M. y Maraboli, F., 1997. Actividades Proyecto 2402 Agroforestería Sector Tambillo. Departamento Desarrollo y Fomento Forestal, Corporación Nacional Forestal, Región de Antofagasta, Chile. 51p.

INFOR, 1964. Posibilidades de Reforestación de la Pampa del Tamarugal. Antecedentes Preliminares sobre el Tamarugo y la Producción de Frutos para Alimento de Ganado. Informe Preparado para la Corporación de Fomento de la Producción. Sección Forestal, Instituto Forestal, Chile. P. 15.

INFOR, 2014. Caracterización y evaluación de dos especies del bosque esclerófilo. Caso algarrobo, región de Valparaíso. Documento interno. 13p.

Looser, G., 1962. La importancia del algarrobo (*Prosopis chilensis*) en la vegetación de la Provincia de Santiago, Chile. Revista Universitaria 47: 104-116.

Martinez, B., 1994. Manejo agroforestal en Quillagua: Una experiencia ejemplar. Chile Forestal N°220: 06-07.

Martinez, B., 1996. Situación del género *Prosopis* en la II Región. Con profundas raíces. Chile Forestal n°242: 10-11.

Martinez, B., 1998. Propuesta de diseños agroforestales. Ensayos de adaptación de especies forestales. Proyecto FIA/CONAF. In: Actas Primer Congreso Latinoamericano IUFRO: el manejo sustentable de los recursos forestales: un desafío del siglo XXI. 22 al 28 de noviembre 1998, Valdivia, Chile.

Martínez, B., 2003. Proposición de un programa de manejo agroforestal para la Reserva nacional Los Flamencos, Sector Tambillo, Toconao, Región de Antofagasta. Memoria de Título para optar al Título de Ingeniero Forestal. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales. Concepción, Chile. 124p.

Martinez, B.; Martinez, L.; Geró, T. y Ríos, P., 1996. Caracterización del recurso agroforestal en la Región de Antofagasta. In: Actas Seminario Internacional Forestación y Silvicultura en Zonas Áridas y Semiáridas. 21 al 25 de octubre de 1996. La Serena, Chile. Pp: 220-254.

McRostie, V., 2014. Arboricultura y silvopastoralismo en el período formativo (1.400 a.C. – 500 d.C.) de la Cuenca del Salar de Atacama. Chungará, Revista de Antropología Chilena 46(4): 543-557.

Montes, R., 1984. Suplementación con vitamina "A" al forraje de ovejas merino precoz francés en la Pampa del Tamarugal. In: Habit, M. (Ed.), Estado Actual del Conocimiento sobre *Prosopis tamarugo,* Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Arica, Chile. pp. 383-392.

Ortiz, G. J., 1966. Algunos forestales chilenos de la estepa septentrional. Boletín Técnico Nº23. Ministerio de Agricultura, Dirección y Agricultura y Pesca, Departamento de Extensión Agrícola. 44p.

Orwa, C.; Mutua, A.; Kindt, R.; Jamnadass, R. and Anthony, S., 2009. Agroforestry Database: A tree reference and selection guide version 4.0. Disponible en: http://www.worldagroforestry.org/sites/treedbs/treedatabases.asp.

Pardo, O. y Pizarro, J. L., 2013. Chile. Plantas Alimentarias Prehispánicas. Ediciones Parina EIRL. Arica, Chile.

Peralta, M. y Serra, M., 1987. Caracterización del hábitat natural de las especies del género *Prosopis*, en las Provincias de Huasco y Copiapó, III Región, Chile. Programa Investigación y Desarrollo de Áreas Silvestres Zonas Áridas y Semiáridas de Chile. FO: DO/CHI/83/017. Documento de Trabajo N°9. 121p.

Sáez, C. 2006. Estudio de tres métodos de pelado para extracción de cotiledón de algarrobo (*Prosopis chilensis* Mol. Stuntz) y caracterización de la harina obtenida. Tesis para obtener el Grado de Licenciado en Ciencia de los Alimentos. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Ingeniería en Alimentos. Valdivia, Chile. 75p.

Santander, A., 2003. Norte Chico (Chile). Consumo de combustibles en el procesamiento de los minerales de cobre y su impacto sobre los recursos arbóreos y arbustivos: 1601-1900. In: Dinámicas de los sistemas agrarios en Chile árido: la Región de Coquimbo. Santiago, Chile. Pp: 159-177.

Serra, M. T., 1983. Árboles y arbustos forrajeros de Chile. In: Actas del "Encuentro del estado de la investigación sobre manejo silvopastoral en Chile". Talca, Chile. pp: 36-56.

Serra, M. T., 1997. Chile. In: Especies arbóreas y arbustivas para las zonas áridas de América Latina. Serie: Zonas Áridas y Semiáridas Nº12. Santiago, Chile. 347p .

Valdivia, C. y Romero, C., 2013. En la senda de la extinción: El caso del algarrobo *Prosopis chilensis* (*Fabaceae*) y el bosque espinoso en la Región Metropolitana de Chile Central. Gayana Botánica 70 (1), versión On-line.