

**Ingeniería en Recursos Naturales Renovables**

**Facultad de Ciencias Agrarias - UNCuyo**

*Tesis de Grado:*

**“Distribución potencial de los bosques de *Prosopis flexuosa* en la Provincia Biogeográfica del Monte, desde Catamarca hasta Mendoza (Argentina)”**



Fuente: Juan Álvarez (2008)

**Tesista: Mariana Perosa**

**Director: Juan Facundo Rojas  
Codirector: Pablo Eugenio Villagra**

**Mendoza, Argentina.  
2010.**

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue generar un modelo de distribución potencial de los bosques de *Prosopis flexuosa*, en la provincia Biogeográfica del Monte, desde Catamarca hasta Mendoza, para luego comparar con distribuciones actuales y poder inferir acerca de los principales procesos y cambios en la distribución que pudieron haber sufrido estos bosques ya sea por causas naturales o antrópicas. Para obtener el mapa modelo se utilizó el software Maxent, el cual utiliza como datos los registros de presencia (georreferenciados) de la especie y las variables ambientales que se consideran relevantes para su distribución. Para correr el modelo, se utilizaron las variables bioclimáticas (obtenidas del sitio Worldclim) y las variables altura, pendiente, orientación, subórdenes de suelos y freática. Como registros, se utilizaron puntos de presencia de bosques (tomados con GPS) en diferentes zonas del Monte. El mapa de distribución potencial resultante concuerda con la ubicación de los principales valles, bolsones y llanuras del Monte, en donde se conoce la existencia actual de los bosques de *Prosopis flexuosa*. En comparación con estas distribuciones reales, existe una importante coincidencia pero, en general, el área abarcada por los bosques potenciales es superior a lo determinado por las imágenes actuales, como así también existen casos particulares en los cuales las probabilidades de ocurrencia de bosques son muy bajas y las imágenes nos muestran existencia de los mismos. A su vez, al comparar con fuentes y registros históricos, con documentos oficiales (cartas IGM) y estadísticas del ferrocarril se pueden inferir posibles procesos de desmontes, que estarían determinando la ausencia de bosques actuales en sitios donde nuestro mapa potencial presenta altas probabilidades.

## AGRADECIMIENTOS

- *A mis papás, que me dieron la posibilidad de estudiar y que junto con toda mi familia, me apoyaron y me apoyan incondicionalmente, y por sobre todas las cosas...me dan fuerzas y me brindan su amor día a día.*
- *A mis directores Facu y Pablo, por guiarme, enseñarme y apoyarme durante este proceso.*
- *A Marcelo Tognelli por sus numerosos e importantes aportes.*
- *A Guillermo Debandi, Juan Álvarez, Leandro Mastrantonio y Marcelo Alberto por sus colaboraciones.*
- *A todas las personas que me acompañaron durante la etapa universitaria, me apoyaron, me enseñaron a descubrir cosas nuevas y me brindaron su amistad y cariño, haciendo de esta una etapa hermosa e inolvidable: Franco, Juli, Meli, "amigos recuseros", "amigos Viluqueros" y "amigos de la vida".*
- *A Enrique Pereyra, Teresa Hiramatsu y Leandro Mastrantonio por su apoyo continuo y su constante dedicación a la carrera.*
- *A todas las demás personas que colaboraron con este trabajo.*

## INDICE

<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS</b> .....	4
1. 1. Introducción .....	4
1. 2. Antecedentes.....	8
1. 3. Importancia de la investigación .....	9
1. 4. Objetivos.....	10
<i>General</i> .....	10
<i>Específicos</i> .....	10
<b>CAPÍTULO II: REVISION BIBLIOGRÁFICA</b> .....	11
2. 1. Área de estudio: Provincia Biogeográfica del Monte .....	11
2. 1. 1 Descripción General de la Región.....	11
2. 1. 2 Bosques del Monte y su distribución .....	18
2. 1. 3 Los Bosques y su Historia.....	21
2. 1. 4 Situación Ambiental en el Monte.....	23
2. 1. 5 Interacción Hombre-Bosque Nativo .....	24
2. 2. El genero <i>Prosopis</i> .....	26
2. 2. 1 <i>Prosopis flexuosa</i> D.C (Fabaceae, Mimosoideae) .....	27
2. 3. La Deforestación: Principal Amenaza de los Bosques .....	29
2. 3. 1 Situación de la Deforestación a Nivel Mundial .....	30
2. 3. 2 Situación de la Deforestación en Argentina .....	32
2. 4. Modelos de Distribución de Especies.....	35
2. 4. 1 Modelos y tipos de algoritmos.....	37
<b>CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	40
3. 1. Área de Estudio .....	40
3. 2. Elección del Software Utilizado .....	42
3. 2. 1. Maxent.....	43
3. 3. Metodología .....	47
3. 3. 1 <i>Recopilación y análisis de la información</i> .....	47
3. 3. 2. <i>Establecimiento del Modelo</i> .....	53
3. 3. 3. <i>Evaluación del modelo</i> .....	54
3. 4. Comparación entre distribución potencial y actual. ....	55
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	56
4. 1. Mapa de distribución potencial .....	56
4. 2. Evaluación del modelo .....	59
4. 3. Modelo y aporte de variables .....	59
<b>SUBCAPÍTULO: COMPARACION BOSQUES ACTUALES Y POTENCIALES</b> .....	63
<i>Distribución de los Bosques Actuales en el Monte</i> .....	63
Descripción de los Bosques Potenciales .....	74
Comparación Bosques Actuales y Potenciales.....	79
4. 4. Discusión .....	100
<b>CAPÍTULO V: BIBLIOGRAFIA</b> .....	104
5. 1. Bibliografía citada .....	104
5. 2. Bibliografía consultada .....	118
5. 3. Sitios web consultados .....	119
<b>ANEXOS</b> .....	121

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

*“Parecieron los bosques como el inmenso mar respecto de la corta población que teníamos...hemos visto a los montaraces dar por el pie a un árbol frondoso, en lo más florido de la primavera, sólo por probar el filo del hacha...Causa el mayor sentimiento ver tantos árboles muertos...Se presiente ya lo detestables que seremos a la generación venidera... si no se ponen activos...”.*

*Manuel Belgrano (junio, 1810)*

### 1. 1. Introducción

La importancia de los bosques para la conservación del ambiente y la biodiversidad, ha tomado gran protagonismo en los últimos años. Los cambios provocados por la actividad humana (deforestación, degradación, incendios) en la cubierta vegetal han producido modificaciones significativas en la composición de las especies y en su distribución.

Los bosques de zonas áridas son de suma importancia, ya que son considerados bosques protectores del suelo en una zona de alto riesgo de desertificación y porque ofrecen diversos recursos a los pobladores locales tales como la leña y productos alimenticios derivados de sus frutos (patay, aloja), entre otros. Aún así, históricamente no han captado tanta atención como otras áreas boscosas, debido a que presentan bajos índices de diversidad y desde un punto de vista económico, una menor productividad de recursos naturales (Villagra et al., 2004).

En este sentido, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) advirtió del grave daño que ocasiona al ambiente las millones de hectáreas de bosques que se deforestan en el mundo anualmente, teniendo en cuenta los servicios ambientales que brindan los mismos, como conservación de la biodiversidad, del suelo, de la calidad del agua, regulación hídrica, y la fijación de emisiones de gases de efecto invernadero, entre otros (Cumbre de Río, 1992). Rossi y Villagra (2003), destacan el valor de las especies del género *Prosopis* en el hábitat de otros organismos, al

generar heterogeneidad espacial y modificar de esta manera la distribución espacial de las especies de los estratos arbustivos y herbáceos.

Según el informe “Situación de los Bosques del Mundo 2007” (FAO, 2007), la cubierta forestal a nivel mundial alcanza casi 4.000 millones de hectáreas, y cubre cerca del 30% de la superficie terrestre. Entre 1990 y 2005, el mundo perdió el 3 por ciento de su superficie forestal, y la pérdida anual neta de bosques entre 2000 y 2005 fue de 7,3 millones de hectáreas, siendo América del Sur y África las zonas con las más elevadas tasas netas de deforestación, según datos de la FAO.

En Argentina, en los últimos años, la deforestación ha superado las 200.000 hectáreas anuales (Montenegro *et. al.*, 2007), debido principalmente a la expansión creciente del cultivo de soja, siendo la región chaqueña y el Noroeste argentino las zonas más afectadas. En el Monte, el proceso de urbanización y desarrollo de oasis trae aparejado el reemplazo de los bosques de algarrobo, y una mayor demanda de productos de los bosques remanentes (Villagra, en prensa). Los escasos bosques, son explotados irracionalmente y sometidos al impacto provocado por la actividad ganadera.

Esta problemática ha generado grandes debates que por ejemplo derivaron en la Ley Nacional Nº 26.331 de Protección de los Bosques Nativos, sancionada en Noviembre de 2007. La norma busca frenar la tala indiscriminada de los bosques y establece entre sus artículos una moratoria a los desmontes por cinco años, o hasta que cada provincia desarrolle un ordenamiento territorial en sus bosques nativos; como así también criterios ecológicos para el cuidado, aprovechamiento, protección y manejo adecuado de los mismos. Estos criterios ya estaban comprendidos en la Ley Nacional Forestal 13.273/48, pero esta norma fue difícil de aplicar debido a que no se contaba con la estructura administrativa adecuada. La ley 26.331 refleja la

necesidad de estudios que determinen las condiciones y características de los bosques, su grado de amenaza, manejo y distribución.

La Provincia Biogeográfica del Monte abarca 460.000 Km<sup>2</sup> de la zona árida templada de la República Argentina, extendiéndose desde los 24° 35' hasta los 44° 20' S y desde los 62° 54' a los 69° 50' W. El clima del Monte es semiárido a árido, con una media anual de precipitación inferior a 350mm. La intensidad de la sequía, su duración y la estación en que caen las lluvias permiten separar dos áreas climáticamente diferentes: el Monte septentrional desde los 37°S hacia el norte, con concentración estival de las precipitaciones, y el Monte meridional al sur de los 37°S, donde no hay concentración nítida de las lluvias. Estas son generalmente torrenciales y presentan una variabilidad temporal y espacial muy marcada. Las temperaturas medias varían entre 13,5°C en Trelew y 17,1°C en Chilecito, y el área presenta una gran amplitud térmica anual (Labraga y Villalba, 2009)

La vegetación en el Monte se caracteriza por una estepa arbustiva determinada por el clima, con predominio de especies del género *Larrea* (familia Zygophyllaceae), las estepas edáficas de arbustos halófitos como *Suaeda divaricata*, *Atriplex spp*, *Allenrolfea vaginata* y el bosque azonal generalmente dominado por especies del género *Prosopis* (Villagra et al., 2004).

El bosque de *Prosopis spp*, conocido como “algarrobal”, se desarrolla en regiones con un régimen de precipitación estival de 50 a 500mm (en el Chaco árido), pero cuando las precipitaciones son menores a los 400mm anuales, aparece exclusivamente en lugares con una provisión extra de agua en profundidad, y presenta un estrato arbóreo muy abierto dominado por *P. flexuosa* (especie principal) o por *P. chilensis*, acompañados por *Geoffroea decorticans*; y el estrato

arbustivo es dominado por *Capparis atamisquea* y especies del género *Larrea* (Morello, 1958; Cabrera, 1976).

Trabajos como los de Roig (1993), Abraham y Prieto (1999), Prieto y Villagra (2003), Villagra et al (2004) y Rojas (2009), entre otros, explican como los algarrobales del Monte han sido fuertemente impactados por la actividad antrópica desde mediados del siglo XIX. La conformación en nuestro país de modelos de acumulación y desarrollo con fuerte impronta extractiva ha generado las mencionadas consecuencias, vale señalar como ejemplo la actividad del ferrocarril que los utilizaba para combustible (en el oeste argentino) y que transportaba gran cantidad de leña a mercados consumidores como Mendoza y provincias pampeanas. Estos sucesos se dan en el marco de dichos modelos socioeconómicos, como el denominado “Argentina Agroexportadora”(Ferrer, 1998) en el cual comienza la explotación del bosque de algarrobo a gran escala desde fines de siglo XIX, que después continuaría bajo otros sistemas sucesores.

La distribución actual de los bosques de *Prosopis flexuosa* en el Monte, no sólo es el resultado de las condiciones naturales de esta región, sino también de los diferentes usos y aprovechamientos del bosque, ocurridos durante los procesos antes mencionados. Es por esto que es de suma utilidad determinar la distribución potencial de los mismos, para luego comparar con las distribuciones actuales y poder relacionarlas con procesos de degradación y deforestación que estos bosques hayan sufrido, como así también proponer posibles áreas de reforestación.

Los modelos de distribución potencial de especies indican la idoneidad del hábitat para el desarrollo de poblaciones de una especie concreta o de una comunidad, ó áreas en donde una especie tiene alguna probabilidad de estar presente (Ferrier & Guisan, 2006). Estos métodos han surgido en los últimos años gracias al aporte de

nuevas tecnologías como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que nos permiten un mejor acceso a la información ambiental, la posibilidad de integrarla con diversos métodos estadísticos y de relacionarla con diversos atributos de la biodiversidad, como es su distribución espacial.

El objetivo de este trabajo es generar un modelo de distribución potencial de los bosques de *Prosopis flexuosa* en el Monte, desde la provincia de Catamarca y hasta Mendoza, que sirva como mapa base para futuras investigaciones que comparen con actuales la presencia de bosques y puedan inferir acerca de posibles cambios producidos en la distribución espacial de los mismos.

## **1. 2. Antecedentes**

Los modelos de distribución de especies han sido utilizados a nivel mundial y sobre todo en especies del reino Animal, como es el caso de numerosos estudios de especies de coleópteros realizados por Hortal *et. al.* (2003) y Lobo & Piera (2002, 2003) o de algunas especies de aves (Flather, 1996; Manel *et al.*, 1999). Existen también, en México, trabajos que determinan la distribución de especies de Leguminosas como es el caso del de Guevara-Escobar *et al.* (2008), en el cual se busca determinar mediante estos modelos, áreas potenciales para reforestación con especies arbustivas; y el caso de Villaseñor y Téllez-Valdés (2004,) donde se determina la distribución potencial de cuatro especies de la familia de las Asteráceas.

Para nuestro país, la aplicación de modelos predictivos no ha sido muy aprovechada y en el caso del Monte se ha realizado, en Mendoza, un estudio en el cual se genera una distribución potencial de especies de lagartos (Corbalán & Debandi, 2007). Tognelli *et al.* (2009) evaluaron recientemente diferentes técnicas

para modelar la distribución de insectos patagónicos, a partir de las cuales se obtuvieron cuatro grupos de mayor a menor fiabilidad en la modelización.

Se han llevado a cabo estudios que han determinado la distribución actual de los bosques de *Prosopis* en el Monte (Villagra & Delgado; Villagra & Cony, inéditos), como también trabajos con imágenes satelitales donde se detectaron bosques semicerrados a cerrados en pequeños valles intermédanos y bosques abiertos en la llanura suavemente ondulada del Noreste de Mendoza (González Loyarte et al; 1996,2000). Además se han utilizado imágenes satelitales para caracterizar las unidades ecológicas del paisaje, entre ellas los bosques, y se han realizado mapas de las mismas para la zona Noreste de Mendoza, departamento de Lavalle (Salomón et al, 2005). Sin embargo, no existen experiencias que estimen las distribuciones potenciales de los bosques de algarrobo para esta región.

### **1. 3. Importancia de la investigación**

Teniendo en cuenta la escasez de estudios de este tipo para el área propuesta, este trabajo sería de suma importancia para futuras comparaciones con distribuciones actuales e históricas ligadas al uso del suelo; y para analizar los procesos de deforestación o degradación que pudieran haber sufrido estas comunidades debido a fenómenos antrópicos o naturales.

Además, en el marco de la actual Ley de Protección de Bosques Nativos, el presente trabajo sería un aporte para el ordenamiento territorial de los mismos, y para establecer criterios y sitios de conservación.

También sería de suma importancia para futuros trabajos que propongan posibles áreas de reforestación, planes de manejo; cambios en la distribución de los

bosques debido a variaciones en el clima, y para caracterizar diferentes subambientes del Monte.

#### **1. 4. Objetivos**

##### ***General***

- *Generar un modelo de distribución potencial de los bosques de algarrobo en el sector de la Provincia Biogeográfica del Monte, que va desde Catamarca hasta Mendoza.*

##### ***Específicos***

1- *Describir la distribución de los bosques de Prosopis flexuosa en la Provincia Biogeográfica del Monte.*

2- *Generar un Sistema de Información Geográfica (SIG) que incluya las variables ambientales que se consideran relevantes para la distribución de Prosopis flexuosa.*

3- *Aplicar modelos de distribución potencial de bosques de algarrobos, a partir de las variables ambientales previamente seleccionadas y procesadas.*

4- *Determinar las variables ambientales que mejor definen la localización potencial de los bosques de algarrobo.*

5- *Comparar los modelos de distribución potencial obtenidos, con distribuciones reales.*

## CAPITULO II: REVISION BIBLIOGRÁFICA

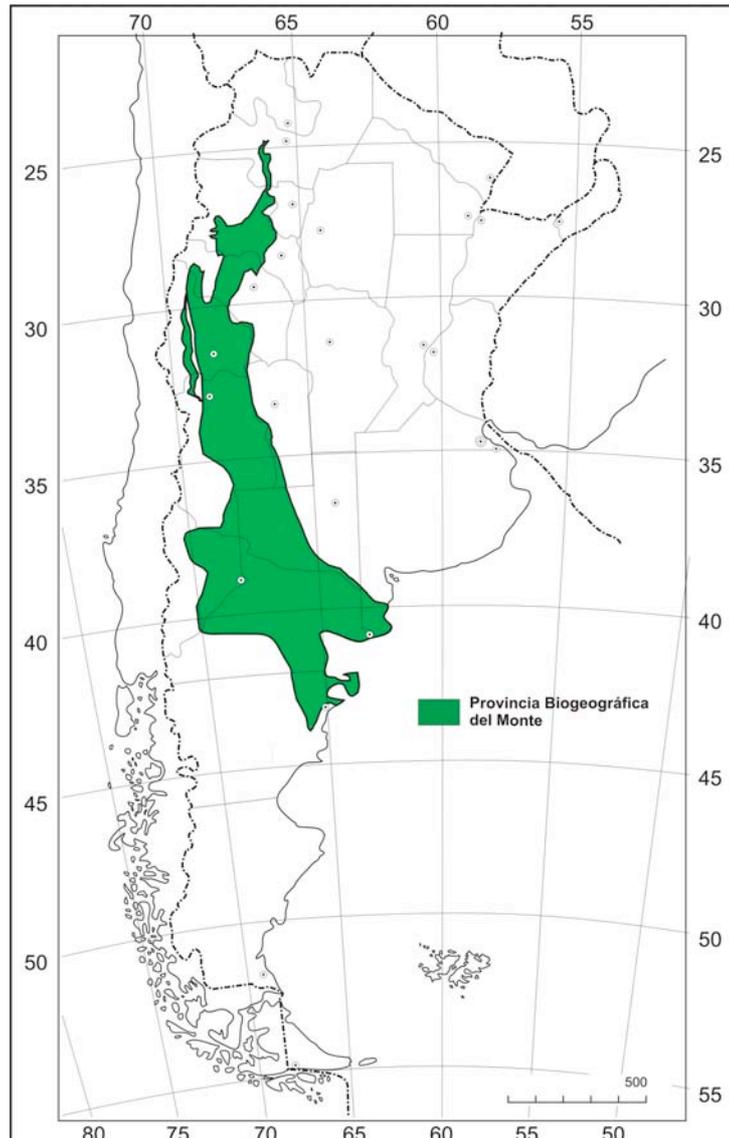
### 2. 1. Área de estudio: Provincia Biogeográfica del Monte

#### 2. 1. 1 Descripción General de la Región

##### UBICACIÓN

La Provincia Biogeográfica del Monte abarca 460.000 Km<sup>2</sup> de la zona árida templada de la República Argentina, extendiéndose desde los 24° 35' S en la Quebrada del Toro (Salta) hasta los 44° 20' S en Chubut, y desde los 62° 54' W en la costa atlántica a los 69° 50' W al pie de los Andes (Morello, 1958; Cabrera, 1976; Rundel *et al.*, 2007; Abraham *et al.*, 2009). Comprende el sur de Salta, centro de Catamarca, La Rioja y San Juan, centro-este de Mendoza, una pequeña franja del sudoeste de San Luis, oeste de La Pampa, sur de Buenos Aires, este de Neuquén, centro y norte de Río Negro y noreste de Chubut. (Mapa 1)

El Monte limita al norte con la provincia biogeográfica de la Prepuna, al sur con la provincia Patagónica, al oeste con las provincias Puneña y Altoandina y al este con la provincia Chaqueña y del Espinal. Con todas estas regiones forma amplios ecotonos.



Mapa 1: Provincia Biogeográfica del Monte, tomado de Villagra *et al* (2005).

## CLIMA

El clima del Monte es semiárido a árido, con gran variedad térmica diaria y entre estaciones (Cabrera, 1976). Su extensión latitudinal (dirección norte-sur) y la aproximación a la cordillera de Los Andes o graduación altitudinal (dirección este-oeste) determinan un gradiente de temperatura en el sector norte y centro de la región. La diferencia en la temperatura media anual de norte a sur es de 3,6°C (de 17,1°C en Chilecito a 13,5°C en Trelew) y de este a oeste varía 5°C en una

distancia de 180km (de 16,6°C en La Paz a 11,6°C en Uspallata) (Labraga y Villalba, 2009). Las temperaturas máximas y mínimas absolutas son de 48°C y -10°C respectivamente (Morello, 1958), y la amplitud térmica anual en el centro de la región es de 17°C, mientras que en el día, en el sector norte, la diferencia de temperaturas es de aproximadamente 15°C la mayor parte del año, indicando la marcada continentalidad en el clima del Monte (Labraga y Villalba, 2009).

La precipitación es escasa en toda la región, con un rango anual entre 100 y 350 mm, y la relación entre ésta y la evapotranspiración potencial (0,05 a 0,5), nos indica un importante déficit hídrico en todo el área (Labraga y Villalba, 2009).

La intensidad de la sequía, su duración y la estación en que caen las lluvias permiten separar dos áreas climáticamente diferentes: el Monte Septentrional desde los 35-37°S hacia el norte, con concentración estival de las precipitaciones (que disminuyen hacia el oeste), y el Monte meridional al sur de los 35-37°S, donde existe una zona de transición en la cual las lluvias se concentran entre los meses de Mayo y Octubre, y luego hacia la costa Atlántica las precipitaciones se distribuyen más uniformemente a lo largo del año (Morello, 1958; Cabrera, 1976; Labraga y Villalba, 2009).

En el norte y centro de la región, los vientos predominantes son los del noreste en el verano y los del suroeste en el invierno; mientras que en el sur de la misma los vientos provienen del oeste a lo largo de todo el año (Labraga y Villalba, 2009).

Además en toda el área encontramos vientos de tipo "fohen", localmente conocido como "Zonda", que sopla desde el oeste como viento cordillerano, y va aumentando su temperatura y perdiendo humedad a medida que desciende hacia el fondo del valle, donde arrastra grandes cantidades de polvo (especialmente en los meses de agosto) y además provoca un efecto desecante sobre la vegetación (Norte, 1988).

## SUELOS

Prevalecen en el Monte los suelos sueltos, arenosos, permeables y desprovistos de materia orgánica, y de acuerdo a la identificación de regiones edáficas del INTA/CIRN (1990), los tipos dominantes se podrían agrupar dentro de los siguientes órdenes:

- *Entisoles (Torriortentes)*: desde los valles Calchaquíes hasta el sur de La Pampa, incluyendo el área de Neuquén. Son característicos porque no evidencian, o tienen un escaso desarrollo de horizontes pedogenéticos. La mayoría de estos, solamente tiene un horizonte superficial claro, de poco espesor y pobre en materia orgánica (epipedón ócrico).
- *Aridisoles (Paleargides)*: desde el sur de Mendoza y La Pampa hasta el límite con la región Patagónica. Son suelos de climas áridos que no disponen durante largos periodos de agua suficiente para el crecimiento de cultivos o pasturas. En general estos suelos se caracterizan por un horizonte superficial claro, pobre en materia orgánica, y alguna capa característica de carbonato cálcico.

En casi toda la región existen importantes procesos de erosión hídrica y eólica, debido a las pendientes, el régimen de lluvias y el uso de los recursos naturales que determinan diferentes características de estos suelos a niveles de subórdenes y grupos.

## GEOMORFOLOGÍA

Se han descrito (Morello,1958; Abraham y Rodríguez Martínez, 2000) dos ecorregiones que se diferencian principalmente por sus características geomorfológicas: el Monte de Sierras y Bolsones, que abarca la zona norte hasta el

sur de San Juan, y el Monte de Llanuras y Mesetas, que comprende desde el sur de San Juan hasta Chubut.

**Monte de Sierras y Bolsones.** Esta zona presenta gran variedad de estructuras geomorfológicas y de altitud. Hacia el oeste limita con la Puna y los Andes, y ocupa bolsones y laderas bajas. Entre los 24° 35' y los 27° de latitud sur se observan exclusivamente valles longitudinales, y al sur de los 27° valles intermontanos y cuencas cerradas (bolsones) de la Precordillera y las Sierras Pampeanas. El área de los bolsones es una franja relativamente angosta, pero muy extendida en sentido latitudinal, y se caracteriza por no contar con una red de agua permanente. Dentro de cada bolsón se distinguen distintos paisajes con vegetación y suelos característicos como huayquerías, barriales, medanales y salares (Morello, 1958).

**Monte de Llanuras y Mesetas.** Desde Mendoza hacia el sur, el paisaje es más homogéneo, prevalecen los paisajes de llanura y extensas mesetas escalonadas con alturas que oscilan entre los 0 y los 1000 msnm (Morello, 1958; Cabrera, 1976; Burkart *et al.*, 1999). Las mesetas se distribuyen discontinuamente y comúnmente están cubiertas por grava proveniente de erosión local (Rundel *et al.*, 2007).

## AGUA

En el Monte, la Cordillera de los Andes cumple un rol fundamental en la dinámica hídrica, ya que alimenta constantemente las aguas superficiales y subterráneas que se distribuyen por toda la región.

En cuanto a la hidrografía, los pocos ríos permanentes que cruzan el Monte son de tipo alóctono, alimentados por las precipitaciones y los deshielos de sus cabeceras más húmedas. Las variaciones de caudal son muy grandes. Por ejemplo, el río

Durazno (La Rioja), que en el estiaje transporta de 400 a 600 litros por segundo, durante las lluvias y deshielos llega a 6.000 litros por segundo (Rundel *et al.*, 2007).

Además encontramos los ríos o cauces temporarios, que llevan agua durante el periodo lluvioso o la época de fusión de la nieve, las aguas subterráneas y las aguas semisuperficiales, que en algunos lugares son una posibilidad para realizar agricultura sin riego (Résico *et al.*, 2005).

## FLORA

“En el Monte encontramos un mosaico de dos tipos de vegetación: a) la estepa arbustiva climática (de 1m a 3m de altura) dominada por especies de la familia *Zigophyllaceae*; y b) el bosque, que es un tipo edáfico azonal dominado en la mayoría de los casos por especies del género *Prosopis*. Dentro de la estepa arbustiva climática, la comunidad más característica es típicamente biestratificada; el estrato arbustivo alcanza los dos metros de altura y es dominado por *Larrea divaricata* o *Larrea cuneifolia*, acompañada por *Larrea nitida*, *Monttea aphylla*, *Senna aphylla*, *Cercidium praecox*, *Bougainvillea spinosa*, *Lycium spp.* y *Bulnesia retama*; el estrato herbáceo es dominado por *Trichloris crinita*, *Pappophorum caespitosum*, *Aristida mendocina*, y algunas suculentas y anuales” (Villagra *et al.*, 2004).

Además, encontramos las estepas edáficas que se componen de matorrales de jume (*Allenrolfea vaginata*) y vidriera (*Suaeda divaricata*) en suelos salinos, pajonales de hunquillo (*Sporobolus maximus*) en pantanos salados, estepas de olivillo (*Hyalis argentea*) y junquillo (*Sporobolus rigens*) en áreas medanosas y cardonales de cactáceas (*Trichocereus pasacana*, *T. strigosus*, *Opuntia glomerata*) y bromeliáceas (*Tillandsia gilliesi*, *Deuterocohnia schreiteri*), en los faldeos inclinados con roca viva o parcialmente descompuesta (Résico *et al.*, 2005).

## FAUNA

La fauna de la región se caracteriza por su adaptación al ambiente árido. Entre los mamíferos, la mayoría de las especies tienen una distribución más amplia hacia otras regiones circundantes, como es el caso del guanaco (*Lama guanicoe*), la mara o liebre criolla (*Dolichotis patagonum*), el cuis chico (*Microcavia australis*), los chinchillones (*Lagidium* sp.), el huroncito (*Lyncodon* sp.) y el pichi patagónico (*Zaedyus pichi*) que se encuentran en los bosques andino patagónicos. Algunos son propios del Monte, como el pichiciego (*Chlamyphorus truncatus*), el zorro gris chico (*Dusicyon griseus*) y los tuco-tucos (*Ctenomys mendocinus*). Además encontramos otros mamíferos de mayor tamaño como el puma (*Felix concolor*) y el zorro colorado (*Pseudalopex culpaeus*) (Rundel et al., 2007).

Las aves son el grupo más diverso de vertebrados en la región (Roig y Contreras, 1975), entre las cuales se encuentran el gallito arena (*Teledromas fuscus*), la corredora (*Teledromas fuscus*), la martineta común (*Eudromia elegans*), la monterita canela (*Poospiza ornata*), el halconcito gris (*Spizapteryx circumcinctus*), el loro barranquero (*Cyanoliseus patagonus*) y el ñandú (*Rhea americana*), entre otras.

Entre los reptiles más representativos encontramos el lagarto o iguana colorada (*Tupinambis rufescens*), la largartija (*Liolaemus* sp.); ofidios (culebras y víboras) como la falsa yarará (*Pseudotomodon trigonatus*), la falsa coral (*Lystrophis semicinctus*), la víbora cascabel (*Crotalus durissus*) y la boa de las vizcacheras (*Constrictor constrictor*); y tortugas como la terrestre argentina (*Chelonoidis chilensis*) (Roig y Contreras, 1975).

En el caso de los anfibios, no existen grupos endémicos, pero encontramos a la rana *Pleurodema nebulosa* como la especie más típica del Monte, juntos con el

escuercito (*Odontophrynus occidentalis*), el sapo común (*Bufo arenarum mendocinum*) y ranas del género *Leptodactylus*, entre otros (Cei y Roig, 1974).

La fauna de insectos es bien conocida en la parte norte del Monte, donde existe una alta proporción de géneros y especies endémicas pertenecientes a diferentes familias (Roig-Juñent et al., 2001).

En el Monte, la fauna ha sufrido un fuerte impacto debido a la caza indiscriminada, sobre todo de vertebrados ya sea por su piel o por considerarlos dañinos, y a la destrucción de su hábitat por incendios, desmontes, sobrepastoreo y diversas actividades antrópicas, entre otros factores. Esta se ha visto reducida no sólo en el número de especies sino también en la riqueza de sus poblaciones (Résico et al., 2005).

## **2. 1. 2 Bosques del Monte y su distribución**

Los bosques cumplen importantes funciones en los ecosistemas naturales, generando una serie de servicios ambientales (Holdren y Ehrlich, 1974; Ehrlich y Ehrlich, 1981) que ayudan a satisfacer y mantener la vida humana como:

- *Producción de bienes*
- *Generación y mantenimiento de la biodiversidad*
- *Regulación del clima y de los gases de efecto invernadero*
- *Mitigación de inundaciones y sequías*
- *Regulación hídrica*
- *Reciclado de nutrientes*
- *Refugio de especies*
- *Belleza escénica*
- *Recreación*

Sin embargo, estos servicios no son valorados, y los bosques están siendo deteriorados y destruidos por las actividades humanas como la deforestación, y debido principalmente al reemplazo de estas tierras forestales, por tierras con fines agrícolas o industriales.

Los “algarrobales” del Monte se presentan en márgenes de ríos, y cuando las precipitaciones son menores a 400mm, aparecen exclusivamente en lugares con una provisión extra de agua en profundidad. Presentan un estrato arbóreo muy abierto dominado por *P. flexuosa* (especie principal) o por *P. chilensis*, acompañados por *Geoffroea decorticans*; el estrato arbustivo es dominado por *Capparis atamisquea* y especies del género *Larrea* (Morello, 1958; Cabrera, 1976). El Monte Septentrional posee, proporcionalmente a su superficie, una mayor área boscosa, encontrándose en el Monte Meridional árboles aislados o bosquetes de muy pocos ejemplares (Villagra et al., 2004).

“Varios autores con distintos enfoques, estudiaron las siguientes unidades boscosas en el monte: Fiambalá y Vinchina (Morello 1958), Sierras de Jagüe, Humango y Sierra de Famatina (Hunziker, 1952), Tilciao (Vervoorst, 1954) y Pipanaco en Catamarca (Simpson y Solbrig, 1977), Talampaya en La Rioja (Femenía, 1993). En Mendoza, Roig (Roig et al. 1992) describió tres áreas boscosas en las denominadas “travesías” de Guanacache, del Tunuyán y de la Varita” (Álvarez, 2008). En el mapa 2 se puede observar la ubicación de los principales bosques de algarrobo en el Monte según Villagra et. al., (2004).



Mapa 2: Principales poblaciones de *Prosopis flexuosa* dentro de la provincia biogeográfica del Monte.

En relación a otras áreas boscosas del país y como consecuencia de sus características ecológicas, el algarrobal del Monte presentaría bajos índices de diversidad y, desde un punto de vista económico, una menor cantidad de recursos naturales (Villagra et al., 2004). Sin embargo, si bien la riqueza de especies es baja, estudios realizados en el Monte (Roig-Juñent y Claver, 1999) nos dicen que posee un gran número de endemismos en ciertos grupos taxonómicos, lo que le da una gran importancia. La mayoría de los géneros con especies adaptadas al desierto habrían tenido su centro de dispersión en áreas no desérticas (Shmida, 1985), por lo que estos endemismos representarían extremos adaptativos al estrés hídrico de cada grupo taxonómico. Además, el algarrobal ha sido fuente de subsistencia para numerosas comunidades humanas durante varios siglos y hasta el presente sigue siendo explotado por los habitantes de la zona (Abraham de Vázquez y Prieto, 1981; Abraham y Prieto, 1999).

### **2. 1. 3 Los Bosques y su Historia**

Según Roig (1993), se pueden distinguir seis etapas en la historia del uso de los bosques nativos del Monte.

La primera se refiere a la época en que los bosques estaban ocupados por pueblos originarios y los algarrobos se usaban fundamentalmente como recurso alimenticio para el hombre. Aparentemente cada comunidad indígena mantenía la propiedad sobre el bosque y eran sus caciques quienes se encargaban de vender, donar o autorizar el uso de los algarrobales. En otros casos los indios practicaban la trashumancia hacia los algarrobales en la época de la cosecha, pero esta actividad fue decreciendo al ser sustituida la algarroba por otros alimentos.

Una segunda etapa estaría dada por la introducción del ganado doméstico europeo, a finales del siglo XVI, que provoca un incremento en el uso forrajero de los

productos del bosque (como sucede en la actualidad), y por ende un fuerte impacto para los algarrobales. Paralelamente a esta actividad se instalan los principales centros mineros en el Valle de Santa María y en los departamentos de Belén y Andalgalá (Catamarca), que utilizan leña de algarrobos y retamos para fundir el cobre extraído, y que continúan durante el siglo XX, a distintos ritmos e intensidades.

A principios del siglo XX comienza una tercera etapa caracterizada por la expansión de la red ferroviaria en la región, que provoca un importante incremento de la explotación de tipo extractivo. Diferentes nudos ferroviarios se instalan en áreas de maderas duras como los de Monte Comán en Mendoza, el de Patquía en La Rioja o el de Chumbicha en Catamarca, que funcionan hasta agotarse el recurso. Posiblemente esta fue la etapa de mayor degradación de varios bosques del Monte, muchos de los cuales han desaparecido completamente.

Con el aumento progresivo de la población se incrementa la demanda de combustible (leña y carbón), provocando una explotación irracional de los bosques. Esta cuarta etapa se desarrollaría en las décadas del '40 y '60, en las cuales se empiezan a establecer los viñedos en la Región de Cuyo y el bosque de algarrobo (junto con el de retamo) es talado para su utilización en los sistemas de conducción (parrales, viñas bajas, entre otras). Esta extracción también se realiza en La Rioja y Catamarca.

La quinta etapa, hacia 1970, se caracteriza por nuevas demandas de mercado que estimulan la tala de algarrobo de forma selectiva, para mueblería y parquet. Este uso no se puede comparar en magnitud con la extracción para carbón, pero es negativa en la medida en que la selección lleva a la pérdida de los pocos ejemplares que quedan de buen fuste.

En los últimos años (sexta etapa), se inicia un proceso de revalorización del uso de los bosques del Monte y del Chaco Árido, orientado a racionalizar su uso y a la reforestación de los bosques altamente degradados.

#### **2. 1. 4 Situación Ambiental en el Monte**

Los procesos de degradación antrópica en el Monte, agravan los ya existentes debido a las condiciones climáticas. A este proceso de degradación se lo conoce como “desertificación”, y según Elena Abraham (2000) las tres principales causas son el sobrepastoreo, la deforestación y las prácticas de una agricultura no sustentable. Los dos primeros destruyen el estrato de vegetación protectora del suelo en zonas áridas, haciendo posible que la erosión hídrica y eólica decapiten los fértiles estratos superiores del mismo. Las prácticas agrícolas no sustentables eliminan los nutrientes del suelo, salinizándolo, desecándolo o compactándolo.

La perturbación más habitual en el Monte, es el sobrepastoreo de ganado, seguido por los incendios y la tala de árboles y arbustos. Aunque la introducción de ganado comenzó hace muchos años, aún no se han realizado estudios a gran escala para conocer el efecto de este disturbio. En el Monte central, algunas especies de pastos se ven más afectadas que otras, aspecto que depende, en parte, de las preferencias del ganado (Guevara *et al.*, 1996). A su vez, éstos y otros cambios en la vegetación influyen sobre la fauna autóctona.

Entre 1993 y 2003 hubo más de mil incendios que afectaron cerca de 9.000.000 de hectáreas del Monte (Menéndez *et al.*, 2004). Según estudios (Guevara *et al.*, 1999; Passera *et al.*, 2007; Rostagno *et al.*, 2006), el efecto inmediato de los incendios es la destrucción de la cobertura tanto de hierbas como de especies leñosas, pero seguido de una recuperación relativamente rápida del estrato herbáceo y una más lenta y tardía del estrato arbustivo.

La tala y la recolección de leñosas se han realizado en toda la región desde hace un siglo, y han afectado principalmente los bosques de algarrobos (Roig, 1993).

En las últimas décadas el impacto más grande en el Monte, ha sido generado por el avance de la frontera agropecuaria, a través de cultivos como la vid, olivo, frutales, etc. Esto ha traído una serie de consecuencias para los ambientes naturales, tales como la pérdida de la biodiversidad, la degradación y la salinización de los suelos, entre otros. A su vez, la construcción de diques y embalses para el control y la redistribución del agua para riego ha traído aparejado la desertificación de amplias regiones y el secado de algunas lagunas, como ocurrió con las Lagunas del Rosario en el límite entre Mendoza y San Juan (Pol *et al.*, 2005).

Por último, el avance de la frontera urbana ha producido un proceso de fragmentación de los ecosistemas naturales, caracterizado por la introducción de especies exóticas (Kullock *et al.*, 2004).

### **2. 1. 5 Interacción Hombre-Bosque Nativo**

“Se ha observado que en la cercanía de los antiguos acuíferos, se encuentran asentamientos, llamados “puestos”, a cargo de familias con añosa raigambre hispano-indígena, dedicados casi en su totalidad a la cría del ganado menor (cabras), algo de ganado mayor (vacas), la extracción de leña y a la producción artesanal” (Villagra *et al.*, 2004). La conexión entre los puestos con las poblaciones es a través de caminos rudimentarios, difíciles de transitar y que a veces demandan vehículos especiales.

Una característica social relevante de la zona, es la constante migración de jóvenes hacia los centros urbanos en busca de algún tipo de trabajo (Résico *et al.*, 2005).

En los oasis de Mendoza, San Juan y La Rioja, se destacan las actividades agrícolas, la vitivinicultura y las industrias fruti-hortícolas. En áreas de secano, se desarrolla una economía de subsistencia sobre la base de la ganadería caprina y bovina (en menor medida), la comercialización de leña, pieles y artesanías. Esta última actividad, salvo el trenzado de cueros que es realizado por hombres, está a cargo de las mujeres (Résico *et al.*, 2005).

Los bosques existentes en la región del Monte se encuentran en propiedades privadas y tierras fiscales. Esto generalmente no es claro, lo que hace que en la mayoría de los casos el puestero sea jurídicamente un ocupante de hecho, aunque históricamente sea el auténtico dueño de las tierras (Villagra *et al.*, 2004).

#### *Usos del bosque*

“Actualmente, la utilización de *P. flexuosa* es variada, teniendo cada área boscosa una forma particular de aprovechamiento. En los bosques catamarqueños (Fiambalá y Pipanaco), la cantidad de madera producida por los algarrobos determina la potencialidad de los mismos para la industria del mueble, postes, carbón y leña. “En los bosques riojanos (Villa Unión, Villa Castelli), los pobladores realizan un manejo orientado a la producción de postes (extracción de postes a partir de los diámetros requeridos, entre 10 y 15cm de diámetro de rama y más de 2m de largo) (Villagra y Alvarez, datos no publicados). En los bosques del Monte Central (Telteca y Ñacuñán, Mendoza), la utilización del bosque es principalmente pastoril, ya que está prohibida la extracción comercial de leña. Esta prohibición fue establecida como medida de precaución por desconocerse la tasa de regeneración del bosque (Gobierno de Mendoza, 1997). Para el Monte en general, el desconocimiento de técnicas de manejo ha llevado a la explotación tipo minera de los bosques, sin tener en cuenta las tasas de regeneración de los sistemas e

ignorando el potencial biológico de estas comunidades (Villagra *et al.*, 2003)” (Álvarez, 2008; pág. 14 de la Tesis Doctoral).

## **2. 2. El género *Prosopis***

El género *Prosopis* (Fabaceae, Mimosoideae) consta de 44 especies que se distribuyen principalmente en zonas áridas y semiáridas de América del Sur y del Norte, el este de Asia y el norte de África, 28 de las cuales se encuentran en Argentina (Burkart, 1976; Solbrig *et al.*, 1977; Fagg y Stewart, 1994). El género *Prosopis* incluye árboles, arbustos y, raramente, sub-arbustos, que son generalmente espinosos, de follaje fino o subnulo y se caracterizan por su acentuada xerofilia, no sobrepasada por ningún otro género de Leguminosas (Burkart, 1976). Esta capacidad de tolerar sequía y condiciones edáficas adversas, como la salinidad y alcalinidad, así como su adaptación a la herbivoría, son las principales razones por la cual son especies dominantes en la vegetación leñosa de zonas áridas y semiáridas de América (Fagg y Stewart, 1994).

En Argentina, el género ha sufrido un proceso adaptativo desde el Chaco subhúmedo hacia zonas más áridas y frías al oeste y al sur, a través de la adquisición de adaptaciones morfológicas y fisiológicas, como el paso de bioformas arbóreas a arbustivas, reducción foliar, ajuste osmótico, etc. Esto hace que la distribución del género abarque una gran variedad de condiciones ambientales entre las que se destacan un gradiente latitudinal de temperatura (más cálido al norte y frío al sur) y uno longitudinal de humedad (más húmedo al este y más seco al oeste). Es por esto que los factores que controlan la dinámica de los algarrobales son distintos en cada región y en cada condición ambiental (Villagra, 2000).

Según estudios con especies del género *Prosopis*, estas plantas pueden modificar las condiciones ambientales bajo su dosel, al concentrar agua, nutrientes, y brindar

protección contra las altas temperaturas y la irradiación. De esta manera, los algarrobos facilitan el establecimiento de otras especies como las hierbas, los arbustos perennes o los cactus, y aumentan, así, la biodiversidad total del sistema, disminuyendo los efectos erosivos del viento y el agua sobre los suelos del Monte (Rossi & Villagra, 2003).

### **2. 2. 1 *Prosopis flexuosa* D.C (Fabaceae, Mimosoideae)**

- Descripción botánica: La especie es una leguminosa comúnmente llamada "algarrobo dulce". La altura varía desde los 5 a los 15 m, es un árbol de tronco bajo, puede ser multifustal y su follaje es caduco. Es altamente heliófilo, las ramas son arqueadas o semipéndulas, flexuosas y nudosas, y las interiores se secan formando la leña campana (Burkart, 1976). Espinas geminadas, fuertes, largas o cortas. Hojas bipinadas, 1 a 3 yugas, glabras o muy poco pubérulas. Racimos densifloros de 4 a 14 cm de largo con aproximadamente 200 piezas florales cada uno, cáliz y corola pubérulos. El fruto es una vaina recta subfalcada de 5 a 28 cm de largo por 0,7 a 1,2 cm de ancho, subcomprimida, submoniliforme (márgenes ondulados), color amarillo apagado con manchas violeta o violeta oscuro. Las semillas son de forma ovalada, duras e impermeables (Roig, 1987). La temperatura óptima de germinación es entre 20° y 25°C, según Cony y Trione (1996).
- Consideraciones ecológicas: *Prosopis flexuosa* habita en regiones con régimen de precipitación estival de 50 a 500 mm. Cuando las precipitaciones son menores a los 400mm anuales, desarrolla un sistema radical que dispone de forma horizontal y vertical; la primera posición le sirve para captar la humedad subsuperficial, mientras que la segunda busca el agua existente en profundidad. (Álvarez, 2006). En casos de extrema aridez se comporta como freatofito obligado y su distribución está condicionada por la

profundidad de la capa freática, que varía entre 5 y 20 m (Centro Regional de Aguas Subterráneas). Con respecto a la profundidad límite de aprovechamiento, Morello (1958) observó que en todos los lugares de la Provincia Biogeográfica del Monte donde crece el bosque la fuente de agua no excede los 20 m de profundidad; Roig y Ruiz Leal (1959) atribuyeron la existencia de algarrobos muertos en pie en la localidad riojana de Guandacol (probablemente *P. flexuosa*) al descenso de la freática a profundidades de 30 y 35 m. Altitudinalmente, se encuentran desde los 100 (Río Negro-Buenos Aires) hasta los 2000 m.s.n.m. (San Juan). Una gran variedad de suelos profundos pueden brindarle condiciones aptas para su desarrollo, los mismos pueden poseer distinta granulometría: arenas, limos y arcillas. Esta especie soporta altos niveles de salinidad (Álvarez, 2006). En el Monte, *Prosopis flexuosa* forma bosques abiertos en los sitios con napa freática de poca profundidad y galerías en cauces de ríos permanentes. Esta planta posee características ecológicas notables en las semillas, en los mecanismos de germinación y en el crecimiento de la raíz en la etapa juvenil (Morello, 1958).

- Distribución: En Argentina se encuentra en las regiones áridas y semiáridas del oeste, desde Salta hasta Río Negro. Es el árbol típico del Monte, y en la parte norte de esta región se lo encuentra junto con *Prosopis chilensis*. Está presente también en bosques de regiones biogeográficas vecinas, como en el Chaco Árido y con menor densidad en el Distrito del Caldenal o Provincia del Espinal. En estos casos *Prosopis flexuosa* convive con otras especies como son *Prosopis nigra* y *Prosopis caldenia* respectivamente.
- Importancia ecológica: *Prosopis flexuosa* modifica la temperatura del suelo, el régimen hídrico y la entrada de radiación solar bajo su dosel, generando microhábitats que poseen condiciones diferentes a las áreas expuestas

(Villagra et al., 2000). Los suelos bajo su cobertura presentan mayor proporción de nitrógeno, fósforo y materia orgánica que en áreas expuestas, lo que se debería al aporte de materia orgánica y a la fijación de nitrógeno típica de este género (Rossi & Villagra, 2000). También es un componente importante en el hábitat de otras especies, ya que con sus inflorescencias y frutos nutritivos posibilita la vida animal en el desierto.

- Usos como Recurso: *Forestal*: como leña y en carpintería. Postes y varillas para la infraestructura ganadera. Rodrigones y varillones para las viñas. *Forrajero*: los frutos y follaje. *Alimentación*: su fruto es utilizado para la fabricación de una bebida diurética, “patay”, “arrope o miel de algarrobo”, “aloja” (bebida alcohólica) y “añapa” (bebida no alcohólica).

### **2. 3. La Deforestación: Principal Amenaza de los Bosques**

La *Deforestación* puede definirse como un proceso en el que se produce la pérdida de superficie forestal a gran escala, debido a la acción humana.

Además de la deforestación, los bosques sufren otro proceso negativo debido principalmente a la pérdida de biomasa, la *degradación*, y que, aunque no los hace desaparecer completamente como el primero, les provoca un deterioro y un empobrecimiento que conducen casi irremediablemente a su desaparición.

Ambos procesos están vinculados y producen diversos problemas como erosión del suelo y desestabilización de las capas freáticas, que a su vez favorece las inundaciones o sequías; reducción de la biodiversidad (diversidad de hábitats, especies y tipos genéticos); y el aumento del efecto invernadero, entre otros.

### **2. 3. 1 Situación de la Deforestación a Nivel Mundial**

Según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2007), la cubierta forestal a nivel mundial alcanza casi 4.000 millones de hectáreas, y cubre cerca del 30% de la superficie terrestre. Entre 1990 y 2005, el mundo perdió el 3 por ciento de su superficie forestal total, lo que representa una disminución media de alrededor del 0,2 por ciento al año, siendo América Latina y África las zonas más críticas.

La región de América Latina y el Caribe dispone de recursos forestales en alrededor del 47% de sus tierras y representa el 22% de la superficie forestal mundial. La tasa anual de variación de la superficie forestal de 2000 a 2005 fue de -0,51% en comparación con -0,46% en la década de 1990. Teniendo en cuenta estos datos, esta región perdió desde 1990 hasta el 2005, unas 64 millones de hectáreas de bosques. Pero cabe destacar que aunque se trata de una cifra relativamente pequeña, las plantaciones están aumentando a una tasa de alrededor del 1,6% al año (FAO, 2007).

En el periodo del 2000 al 2005, la tasa neta de deforestación siguió disminuyendo y la causa principal fue el reemplazo de estas tierras forestales por tierras agrícolas. La pérdida mayor se produjo en América del Sur (FAO, 2007).

Otro dato importante es que la superficie forestal destinada para fines de conservación de la diversidad biológica ha aumentado espectacularmente en los últimos quince años, incluido un aumento del 2% al año entre 2000 y 2005. Este parámetro ha venido aumentando también en la mayor parte de las demás regiones del mundo (FAO, 2007).

Alrededor del 12% de toda la superficie forestal de América Latina y el Caribe, está destinada principalmente para fines de producción, frente a un promedio mundial del 32%. Si bien la diferencia es considerable, no todos los países interpretan de la misma manera esta designación, por ejemplo, Brasil informó que sólo el 5,5% de sus bosques pertenece a esta categoría, y Uruguay, en cambio, informó que destinaba el 60 por ciento de su superficie forestal para fines de producción (FAO, 2007).

En América Central y el Caribe, la mayor parte de la madera extraída de los bosques se utiliza para combustible (90 y 82 por ciento, respectivamente), en cambio en América del Sur, la utilización de la madera para combustible disminuyó sensiblemente en la década de 1990. Continuó disminuyendo, pero a una tasa menor, de 2000 a 2005, mientras que la madera en rollo de uso industrial continuó aumentando en todo el período de 15 años. En 2005, la utilización de la madera para fines industriales superó por primera vez la utilización de la madera para combustible (FAO, 2007).

En cuanto al marco jurídico, normativo e institucional, hay importantes indicios, a través de la región, que indican el aumento del compromiso político para lograr una ordenación forestal sostenible. En los últimos quince años, la mayoría de los países han promulgado nuevas leyes o políticas forestales, o han adoptado medidas para reforzar la legislación o las políticas vigentes. Entre los países que han promulgado una nueva legislación forestal (FAO, 2006) figuran los siguientes:

- Caribe: Cuba, República Dominicana, Jamaica, San Vicente y las Granadinas.
- América Central: Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá.

- América del Sur: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Paraguay, Perú y Suriname.

### **2. 3. 2 Situación de la Deforestación en Argentina**

En los últimos años la deforestación ha sido un problema bastante importante en el país, y ha traído aparejado una serie de conflictos políticos y sociales, debido a las diferencias en los intereses de los actores involucrados.

El primer dato disponible sobre la superficie efectiva de bosque de la República Argentina corresponde al Censo Nacional Agropecuario del año 1937 que indica una superficie de 37.535.308 hectáreas de bosques nativos para ese año, mientras que para el año 2002 esta superficie se redujo a 30.073.385 has. (Montenegro *et al.*, 2007).

Según datos de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, en los últimos años, la deforestación superó las 230.000 hectáreas anuales, siendo la región chaqueña la de mayor reducción de cobertura forestal (Gasparri y Grau, 2006; Gasparri *et al.*, 2008).

En nuestro país la deforestación es un proceso que ocurre asociado a momentos favorables para la expansión agrícola, ya sea por los precios de los productos agrícolas, cambios tecnológicos o contexto socio-político.

En 1998, cuando se realizó el "Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos", las selvas y montes de Salta, Chaco, Formosa, Santa Fe, Santiago del Estero y Córdoba sumaban 23.688.921 hectáreas. Apenas ocho años después habían perdido casi el 10%. Entre 1998 y 2002 desaparecieron 781.930 hectáreas, pero entre 2002 y 2006, el proceso se acentuó y la tala arrasó con 1.108.669 hectáreas, en su gran mayoría, ahora con soja (Montenegro *et al.*, 2007).

El avance más importante de la frontera agropecuaria entre 2002 y 2006, con sus consecuentes desmontes, se produjo en la región del Parque Chaqueño, principalmente en Córdoba y Santiago del Estero. Es muy notable también, la aceleración de este proceso en Salta, donde, en este lapso, la desaparición de masa boscosa (414.934 hectáreas) fue un 113,45% mayor que entre 1998 y 2002 (Montenegro *et. al.*, 2007).

Como los datos lo indican, la deforestación en los últimos años se tornó una problemática bastante importante, generando grandes debates, de los cuales, por ejemplo, derivó la Ley Nacional N° 26.331 de Protección de los Bosques Nativos, recientemente sancionada (Noviembre de 2007) que se detalla a continuación.

### **2. 3. 2. 1 Ley 26.331 de Protección de Bosque Nativos**

Esta ley establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para el enriquecimiento, la restauración, conservación, aprovechamiento y manejo sostenible de los bosques nativos, y de los servicios ambientales que éstos brindan a la sociedad. Destaca la importancia en la conservación de los bosques y establece criterios de sustentabilidad y categorías de conservación para los mismos. La Autoridad de Aplicación en Jurisdicción Nacional es la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.

En su artículo número seis, establece el plazo de un año para que cada provincia realice el Ordenamiento Territorial de sus Bosques Nativos, mientras tanto no se podrán realizar desmontes ni ningún otro tipo de utilización o aprovechamiento. En su artículo 22 establece como obligatoria la Evaluación de Impacto Ambiental en caso de que exista un pedido de autorización para un desmonte.

Se crea también el Registro Nacional de Infractores (para el caso de incumplimientos de la ley) y el Fondo Nacional para la Conservación de los Bosques Nativos, con el objeto de compensar a las jurisdicciones que conservan los bosques nativos.

### **2. 3. 2. 2 Deforestación en Zonas Áridas**

Una zona árida es aquella zona en la cual la proporción entre la precipitación anual y la evapotranspiración potencial está comprendida entre 0,05 y 0,5 (UNEP, 1992). Noy-Meir (1973), las define como “sistemas controlados por el agua, con eventos de ingresos de agua infrecuentes, discretos e impredecibles”.

Debido a estas condiciones climáticas tan adversas, son ambientes muy frágiles, expuestos continuamente a procesos de *desertización*, extensión del desierto por cambios climáticos naturales, y a procesos de *desertificación*, que es una reducción gradual de los recursos naturales y el incremento de áreas con condiciones de desierto, resultantes de la suma de la vulnerabilidad de estos ambientes y la presión humana.

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, la vegetación en las zonas áridas es de suma importancia, ya que protege la superficie del suelo de la erosión, mejorando su estructura, fertilidad, capacidad de infiltración, reteniendo sedimentos, y por lo tanto, si se destruye, las condiciones desérticas aparecen rápidamente.

En el Monte, el proceso de urbanización y desarrollo de oasis trae aparejado el reemplazo de los bosques de algarrobo, y una mayor demanda de productos de los bosques remanentes (Villagra, 2008). Los escasos bosques, han sido desmontados y explotados sin tener en cuenta la tasa de regeneración de los mismos, y sumado al sobrepastoreo, los incendios y los cultivos excesivos estas son las principales

causas de la desertificación, lo que resulta en un sistema altamente degradado con muy baja productividad (Abraham y Rodríguez Martínez, 2000).

Por lo tanto, se puede decir que la deforestación en las zonas áridas como el Monte, conduce a un deterioro del ambiente a veces irreversible.

#### **2. 4. Modelos de Distribución de Especies**

Cuando hablamos de modelos nos referimos a representaciones abstractas, conceptuales o gráficas que sirven para analizar, simular o describir de manera simplificada, ciertos procesos y fenómenos que suceden en la realidad.

Para Pickett *et al.* (1994) *“Modelizar consiste en seleccionar una serie de descriptores capaces de reproducir adecuadamente el fenómeno o la variable que se quiere estudiar”*.

Los modelos de distribución potencial de especies indican la idoneidad del hábitat para el desarrollo de poblaciones de una especie concreta o de una comunidad, ó áreas en donde una especie tiene alguna probabilidad de estar presente. (Ferrier y Guisan, 2006). Estos son calculados mediante diversos algoritmos, a partir de datos obtenidos en muestreos a campo (puntos de presencia de la especie) y su combinación con una serie de variables ambientales (bióticas o abióticas) provenientes de diversas fuentes, que se consideren relevantes para tal distribución.

El resultado de estos modelos, es un mapa que expresa la idoneidad del hábitat, ya sea de forma *continua* a través de un rango de valores que clasifican el área de menor a mayor idoneidad, ó *binaria*, en el cual las áreas idóneas toman el valor de 1 y las no idóneas el valor de 0 (Benito de Pando y Peñas de Giles, 2007).

Según Benito de Pando y Peñas de Giles (2007), en la construcción de estos modelos resultan críticos una serie de factores que afectan en gran medida la precisión del resultado final:

A) La calidad de los datos de localización de la especie: esto se refiere a que se pueden utilizar dos tipos de datos, de presencia-ausencia o de sólo presencia. Esta última es incuestionable (en especial si se trabaja con especies sésiles y salvo error en la identificación de la especie), pero no ocurre lo mismo con los registros de ausencia. La dinámica de una población, la fragmentación del hábitat ó la capacidad dispersiva son factores que pueden llevar a designar como ausencia un sitio con características óptimas para la especie, alterando de esta manera el resultado final y restando significación biológica en la interpretación del modelo. Según Hirzel *et al.* (2002), una localidad puede ser clasificada como ausencia porque:

- La especie no fue detectada, pero se encuentra allí.
- La especie está ausente, pero el ambiente es propicio.
- La especie está ausente y el ambiente es realmente inapropiado.

B) Las variables ambientales seleccionadas: lo ideal sería que éstas fuesen las causantes directas de la distribución de la especie, pero como no siempre son conocidas o fáciles de obtener, lo más común es que se utilicen únicamente las disponibles, que generalmente derivan de modelos digitales de elevación ó de interpolaciones a partir de datos de estaciones climáticas.

C) El algoritmo ó método estadístico seleccionado: esto hace referencia a que se pueden utilizar métodos basados en registros de presencia-ausencia, como los GLM (Generalized Linear Models) y GAM (Generalized Additive Models) (Guisan *et al.*, 2002), ó algoritmos basados únicamente en presencias como Bioclim, Domain,

ENFA, GARP y MaxEnt, que se comentarán más adelante. Los modelos basados únicamente en presencias representan generalmente la distribución espacial del nicho ecológico fundamental (ver Vázquez, 2005) de la especie, mientras que los basados en presencia-ausencia, o los que utilizan las “pseudoausencias” indican de modo más aproximado la distribución del nicho ecológico efectivo (Zaniewski *et al.*, 2002).

Otra cuestión crítica en la elaboración de estos modelos es su evaluación estadística. Actualmente, la medida de la precisión de los modelos de distribución es un campo en desarrollo.

Existen varios modelos para estimar la probabilidad de presencia de una especie, y en varios estudios se ha verificado que los diferentes algoritmos presentan distinta precisión a la hora de estimar la distribución del hábitat idóneo (Manel *et al.*, 1999; Thuiller, 2003; Muñoz y Felicísimo, 2004; Elith *et al.*, 2006). En general los resultados no son incuestionables, funcionando de modo diferente los algoritmos según la especie, la cantidad de registros de presencia, o el número de variables utilizadas.

El modelo a elegir dependerá entonces, del tipo de datos a analizar, de las variables ambientales y del tipo de salida que queremos (binario o continuo), lo cual va a depender de la aplicación que pretendemos darle al resultado.

#### **2. 4. 1 Modelos y tipos de algoritmos**

A continuación se describen y comparan brevemente, algunos de los modelos más comúnmente utilizados recopilados por Benito de Pando y Peñas de Giles (2007), que se basan únicamente en registros de presencia.

**Bioclim:** Este algoritmo, implementado en el programa DIVA-GIS ([www.diva-gis.org](http://www.diva-gis.org)) (Hijmans *et al.*, 2004), genera para la especie un rango ecológico de  $n$  dimensiones, siendo  $n$  el número de variables utilizadas, mediante un análisis de la distribución de los registros de presencia sobre cada variable ambiental. Este algoritmo da como resultados mapas binarios y probabilísticos, y sus desventajas principales son que no admite para el análisis capas de información cualitativa, y que no tiene en cuenta posibles relaciones entre las variables. Los métodos del programa BIOCLIM han sido descritos con detalle por Nix (1986) y Lindenmayer *et al.* (1991).

**Domain** (Carpenter *et al.*, 1993): Es un método de distancias ecológicas implementado en DIVA-GIS. Utiliza la métrica de Gower, una medida de distancia que estandariza las variables según su rango en todos los puntos de presencia para igualar su contribución al modelo. Da como resultados mapas probabilísticos y tiene la desventaja, al igual que el método anterior, que no da información de posibles relaciones entre variables.

**ENFA** (Ecological Niche Factor Analysis): El algoritmo está disponible en el programa Biomapper ([www.unil.ch/biomapper](http://www.unil.ch/biomapper)) (Hirzel *et al.*, 2000). Para generar el mapa de idoneidad dispone, entre otros, de los algoritmos: *median* (ENFA M) y *geometric mean* (ENFA GM). El valor de idoneidad de cada celda se obtiene comparando sus valores de marginalidad y especialización con la media (según el algoritmo *geometric mean*) ó la mediana (según el algoritmo *median*) de cada factor calculadas para todo el área de estudio. El resultado se normaliza, expresándose en valores de 0 a 100. Su desventaja es que no admite la inclusión de variables cualitativas en el análisis.

**GARP** (Genetic Algorithm for Rule-set Prediction): Este método fue generado por Stockwell y Peters (1999). Funciona iterativamente, aplicando distintas reglas de modelado, a través de las cuales va generando y evaluando en cada una, un modelo de distribución binario (1 = presencia, 0 = ausencia) distinto. Estos son seleccionados (Anderson *et al.*, 2003) y sumados algebraicamente, dando como resultado un mapa final de idoneidad del hábitat con un rango de valores continuo. Puede utilizar información cualitativa, pero se desconoce el uso que hace de ella. Al igual que los métodos anteriores, tiene la desventaja de que no proporciona información sobre las variables.

**Maxent** (Phillips *et al.*, 2006) ([www.cs.princeton.edu/schapire/maxent](http://www.cs.princeton.edu/schapire/maxent)): Este método estima la probabilidad de ocurrencia de la especie buscando la distribución de máxima entropía (lo más uniforme posible) sujeta a la condición de que el valor esperado de cada variable ambiental según esta distribución coincide con su media empírica. Puede utilizar variables cualitativas y además el programa estima la importancia de cada variable en la distribución de la especie. Los mapas resultantes son de tipo continuo (probabilísticos).

## CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

### 3. 1. Área de Estudio

El área de estudio comprende las Provincias de Catamarca, La Rioja, San Juan y Mendoza, extendiéndose desde los 25° hasta los 37° grados de latitud sur (en Catamarca y Mendoza, respectivamente). La unidad de análisis es la región de estas provincias que corresponde a la Provincia Biogeográfica del Monte, debido a que es en esta zona donde se encuentran principalmente los bosques de la especie en estudio, *Prosopis flexuosa*. (Mapa 3)

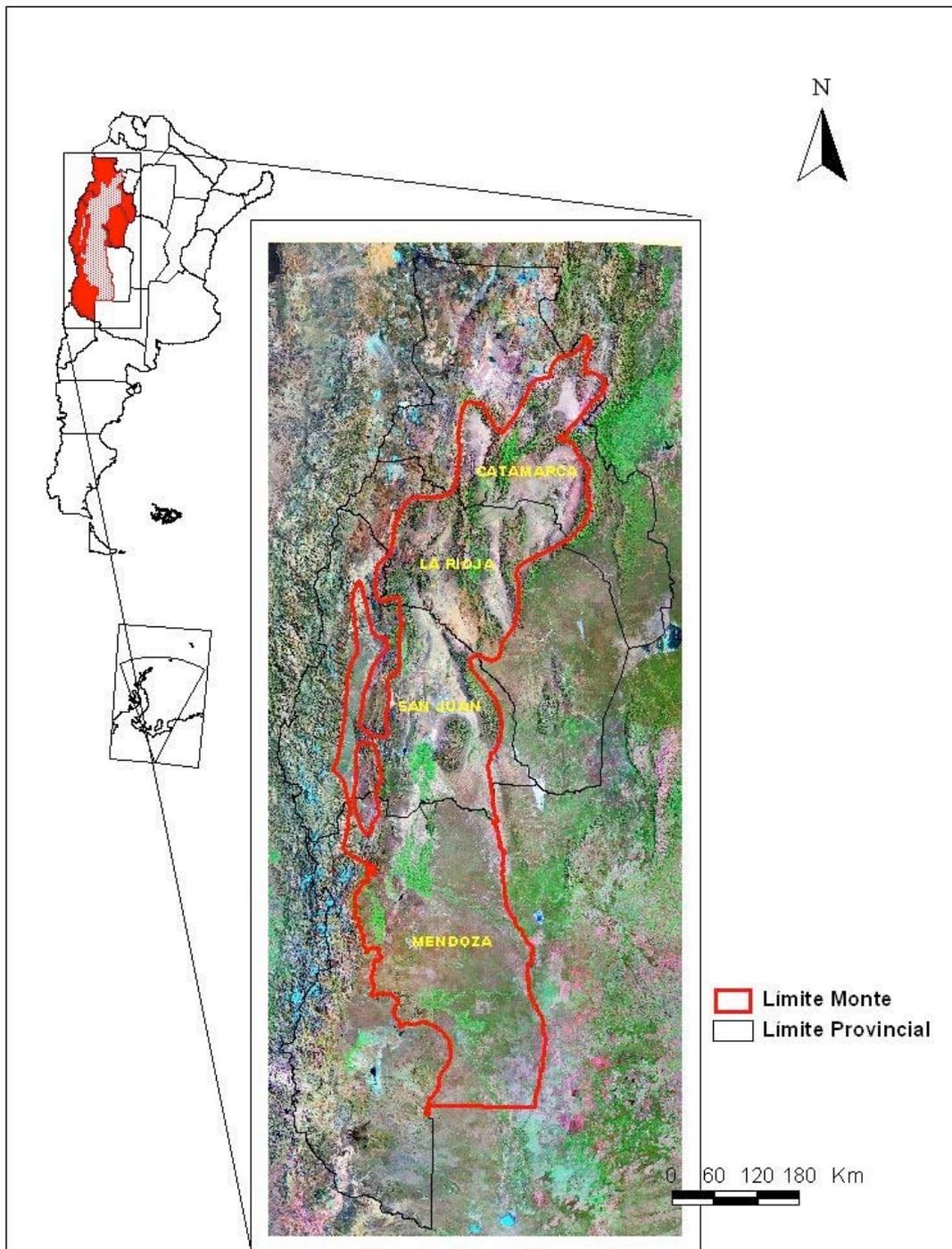
A continuación se define la región correspondiente a la Provincia Biogeográfica del Monte para cada una de las cuatro provincias abarcadas por el área de estudio:

- Catamarca: la región del Monte comprende el centro-oeste de la provincia, cubriendo en su totalidad una superficie de 33.993 km<sup>2</sup>. Comprende los departamentos de Santa María y Belén (centro-sur), Tinogasta (centro-oeste), Andalgalá (excepto su extremo noroeste) y Pomán (a excepción de su sector este) (Navarro, 2002). La vegetación en general corresponde a pastizales y arbustales, hallándose bosques de *Prosopis flexuosa* en los bordes de salinas y márgenes de los ríos (Manghi *et al.*, 2005).
- La Rioja: la región del Monte abarca el centro-oeste de la provincia y ocupa una superficie de casi 30.000 km<sup>2</sup>. Comprende los departamentos de General Sarmiento (sur-este), General Lamadrid (centro), Famatina (centro), Chilecito (excepto el este), General Lavalle, Independencia (noroeste), San Blas de Los Sauces (norte), Castro Barros (centro) y Arauco. La vegetación en general corresponde a pastizales y arbustales, hallándose bosques de

*Prosopis flexuosa* también en los bordes de salinas y márgenes de los ríos (Manghi *et al.*, 2006).

- San Juan: la región del Monte ocupa casi toda la provincia, exceptuando el departamento de Valle Fértil, y en el caso de Calingasta, Iglesia y Caucete, sólo abarca la zona este. Predominan las plantas xerófilas, siendo las jarillas (*Larrea* spp.) las especies más características que se presentan en forma de arbustos de 1 a 2 metros de altura y crecen esparcidos dejando claros con hierbas. A su vez, éstos se encuentran acompañados por especies del género *Prosopis*. La vegetación es uniforme, tanto en su fisonomía como en su composición florística (Montenegro *et. al.*, 2007).
- Mendoza: La región del Monte abarca el centro y el este de esta provincia, está representada por las zonas bajas de la Precordillera y también por el Piedemonte y llanos del este. En la vegetación, predominan en forma absoluta las plantas xerófilas y se caracteriza por la dominancia de Zigofiláceas arbustivas, especialmente por el género *Larrea* (jarillas), asociada en algunas zonas con *Prosopis* (algarrobos) y otras especies. Las cactáceas (cactus) son más o menos abundantes en lo referente a cantidad y variedad de especies.

Mapa 3: Provincia Biogeográfica del Monte, desde Catamarca hasta Mendoza



Fuente: Elaboración propia

### 3. 2. Elección del Software Utilizado

De los algoritmos anteriormente descriptos se decidió utilizar Maxent versión 3.3.0h (Phillips *et. al.*, 2006), debido a que según los antecedentes (Elith *et al.*, 2006;

Tognelli *et al.*, 2009), en comparación a otros modelos, es el que resulta con un mejor rendimiento para este tipo de trabajos, de distribución de especies. Además, este programa tiene la ventaja de que permite utilizar tanto variables continuas como categóricas, y que estima la importancia de cada variable en la distribución de la especie, a través del procedimiento Jackknife, lo que los otros softwares no hacen.

### **3. 2. 1. Maxent**

El programa Maxent aplica el principio de máxima entropía, es decir que busca la distribución de probabilidad que más se acerca a la uniforme (todos los valores tienen la misma probabilidad de ocurrir). El mismo requiere para efectuar una corrida, de un conjunto de localidades o puntos donde se sabe que la especie está presente, y de un conjunto de variables ambientales (predictoras) que pueden influir o limitar la distribución de la especie.

El algoritmo entonces, busca la distribución más cercana a la homogeneidad (uniforme) pero restringiéndose según la información biológica disponible y las condiciones ambientales del área de estudio, y así calcula la distribución geográfica más probable para una especie a partir de información incompleta (Phillips *et al.*, 2006).

La información incompleta corresponde a los valores de variables ambientales tomados en cada uno de los puntos donde sabemos que se desarrolla la especie con la que trabajamos. En la terminología de Maxent, este conjunto de valores son los “*features*” o “*facts*”: lo que conocemos de la especie y que será lo que el algoritmo utilice como limitaciones a la hora de generar el modelo. O sea, para los demás puntos (sin registros de presencia) el valor esperado de cada variable

debería coincidir con el promedio que se obtiene de los puntos de muestra para esa variable.

Entonces, el modelo alcanza la máxima entropía cuando sigue la restricción dicha anteriormente, o sea que está de acuerdo con todo aquello que es conocido pero evita cuidadosamente asumir cualquier aspecto desconocido.

El software también permite seleccionar diferentes opciones en cada corrida, y da la posibilidad de separar los datos aleatoriamente en datos de prueba y de entrenamiento. Los datos de prueba generalmente corresponden al 25 o 30%, y se utilizan para validar el modelo. A su vez, al separar los datos, el programa genera como resultado la denominada Curva ROC (Curva Operada por el Receptor), en donde se compara la proporción de puntos de presencia que han sido correctamente clasificados (sensibilidad) con la proporción de puntos de ausencia clasificados como tales (especificidad). Está representada por tres líneas de diferentes colores. (Figura 1)

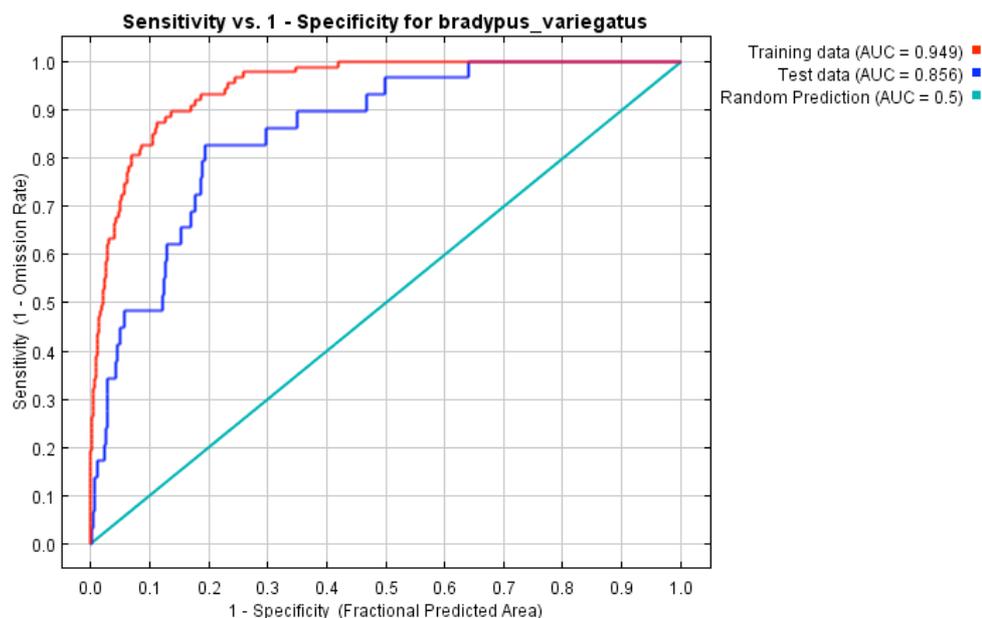


Fig. 1: Modelo de Curva ROC del algoritmo Maxent (Phillips *et al.*, 2006).

La línea roja, representa los datos de entrenamiento, la línea azul, los datos de prueba, y la línea turquesa representa lo que se espera si la predicción del modelo no es mejor que el azar. La línea roja muestra el “ajuste” del modelo a los datos de entrenamiento y es la auténtica prueba de la capacidad que tienen los modelos de predecir (Phillips *et al.*, 2006).

Al no contar con datos de ausencia, lo que hace el algoritmo es crear “pseudoausencias”, o sea selecciona al azar una cantidad determinada de píxeles del entorno (background pixels) para poder llevar a cabo la prueba.

Para evaluar la capacidad predictiva del modelo, el software utiliza el estadístico AUC (Área bajo la Curva) estimado a partir de la curva ROC (Curva operada por el Receptor) (Yost *et al.*, 2008). Este estadístico nos permite evaluar los casos correctamente clasificados para todos los puntos de corte posibles (umbrales de probabilidad de presencia). Para cada punto de corte el programa elabora una tabla umbral o matriz de confusión con todos los valores de sensibilidad (casos positivos) y especificidad (casos negativos).

<b>S I M U L A D O</b>	<b>OBSERVADO</b>		
		PRESENCIA	AUSENCIA
	PRESENCIA	Verdadero positivo (a)	Falso positivo (error de comisión) (c)
	AUSENCIA	Falso negativo (error de omisión) (b)	Verdadero negativo (d)

La sensibilidad y especificidad se calculan con las siguientes expresiones:

$$\text{Sensibilidad: } \frac{\text{número de presencias correctamente clasificadas}}{\text{Número total de presencias predichas}} = \frac{a}{(a+c)}$$

$$\text{Especificidad: } \frac{\text{número de ausencias correctamente clasificadas}}{\text{Número total de ausencias predichas}} = \frac{d}{(b+d)}$$

La *sensibilidad* es la capacidad para poder detectar correctamente los casos positivos y la *especificidad* la capacidad de detectar correctamente los casos negativos. El valor de AUC está entre 0,5 y 1 (Fielding & Bell, 1997). Un valor de 0,5 equivale a una clasificación al azar, mientras que un valor de 1 indica un ajuste perfecto, es decir, que todos los casos han sido correctamente clasificados. En un proceso de clasificación se producen dos tipos de errores: de Tipo I (falsos positivos o error de comisión), en nuestro caso cuando se predice un espacio que en realidad la especie no ocupa; y de Tipo II (falsos negativos o error de omisión), que es el que cometemos cuando se predice como ausencia un lugar que la especie sí ocupa.

En la curva ROC el eje de abscisas representa la tasa de presencias incorrectamente clasificadas (1-especificidad), y el de ordenadas la tasa de presencias correctamente clasificadas, o sensibilidad.

El resultado entonces, es un mapa en el que cada píxel posee un valor de probabilidad de presencia de la especie que oscila entre 0 y 1.

Otra característica del programa, es que permite realizar dos estimaciones de la importancia de cada variable en la distribución de la especie, una es mediante un cálculo del porcentaje de contribución de cada variable al modelo, y la otra mediante el procedimiento *Jackknife* (Guisan & Zimmermann, 2000) que permite evaluar el aporte de cada variable a la ganancia total del modelo. En este último caso, el software realiza dos tipos de procedimientos. En el primero, se generan

modelos sucesivos en los que se va extrayendo una variable por vez, para ver como disminuye la ganancia total de modelo al sustraer una variable determinada. En el segundo, se generan modelos con sólo una variable por vez, para ver cuánta información posee la misma y comparar la ganancia con el modelo completo.

### **3. 3. Metodología**

La metodología utilizada para la aplicación de los modelos predictivos, se basó en la descrita por Hortal y Lobo (2002), la cual consiste en tres fases secuenciales principales:

- 1) Recopilación y análisis de la información: en la que se compila y almacena toda la información disponible tanto de la especie a modelizar, como de las variables predictoras (variables ambientales).
- 2) Establecimiento del modelo: en la que se ajustan los datos para calibrar el modelo.
- 3) Evaluación del modelo: en la que se determina la fiabilidad de los resultados del modelo.

#### **3. 3. 1 Recopilación y análisis de la información**

##### Búsqueda de información de la especie a modelizar (*Prosopis flexuosa*)

En el caso de nuestro trabajo, no se utilizaron datos de presencia de la especie, como se hace comúnmente cuando se aplican estos algoritmos, sino que los datos recolectados fueron puntos de presencia de **bosques** de *Prosopis flexuosa*. Estos se obtuvieron a partir de estudios realizados (Villagra *et al.*, inédito; Cesca *et al.*, 2004 y Álvarez, 2006) en el departamento de Dendrocronología e Historia Ambiental del IANIGLA. Los mismos fueron tomados con GPS en diferentes valles, bolsones y llanuras del Monte. Se consideró bosque a aquellas unidades de

vegetación donde la densidad de individuos de porte arbóreo de *Prosopis flexuosa* fue superior a 20 individuos por hectárea y su cobertura superior a un 15%. Cabe destacar que no se tuvieron en cuenta zonas con presencia de *Prosopis flexuosa* de tipo arbustivo, o aquellas en las que los individuos de porte arbóreo se encontraron en forma de individuos aislados (Villagra, comunicación personal).

### Búsqueda, elaboración y almacenamiento de la información ambiental

#### *Datos Climáticos*

Los datos climáticos se adquirieron del sitio [www.worldclim.org](http://www.worldclim.org), debido a que tienen una muy buena resolución (30 segundos, lo que equivale aproximadamente a 1 kilómetro cuadrado), y a la posibilidad de seleccionarlos exclusivamente para el área de interés. Estos se encuentran en el sistema de coordenadas geodésicas (WGS84) y corresponden a los periodos de 1950 a 2000.

Se obtuvieron datos de Precipitación (expresados en milímetros), Temperatura máxima, Temperatura media y Temperatura mínima (expresados en °C \* 10) para los doce meses del año. También las variables Bioclimáticas, que han sido generadas a partir del modelo digital de elevaciones (MDE) de 90m de resolución espacial, derivado del sitio SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), y a partir de los valores mensuales de temperatura y precipitación anteriores. Estas variables bioclimáticas son las comúnmente utilizadas en el modelado del nicho ecológico y han sido descritas con mayor detalle en Hijmans *et al.* (2005). A continuación se detalla el significado para cada una de las 19 variables bioclimáticas extraídas del sitio y utilizadas en el modelo:

BIO1 = Temperatura media anual.

BIO2 = Oscilación diurna de la temperatura (promedio mensual de (tmax - tmin))

BIO3 = Isotermalidad (BIO2/BIO7) (\* 100)

- BIO4 = Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar \*100)
- BIO5 = Temperatura máxima del mes más cálido.
- BIO6 = Temperatura mínima del mes más frío.
- BIO7 = Oscilación anual de la temperatura (BIO5-BIO6)
- BIO8 = Temperatura media del trimestre más húmedo.
- BIO9 = Temperatura media del trimestre más seco.
- BIO10 = Temperatura media del trimestre más cálido.
- BIO11 = Temperatura media del trimestre más frío.
- BIO12 = Precipitación anual (mm).
- BIO13 = Precipitación del mes más húmedo (mm).
- BIO14 = Precipitación del mes más seco (mm).
- BIO15 = Estacionalidad de la precipitación (Coeficiente de Variación, en %)
- BIO16 = Precipitación del trimestre más húmedo (mm).
- BIO17 = Precipitación del trimestre más seco (mm).
- BIO18 = Precipitación del trimestre más cálido (mm).
- BIO19 = Precipitación del trimestre más frío (mm).

*Altitud*

Los datos de altura sobre el nivel del mar, se obtuvieron de [www.worldclim.org](http://www.worldclim.org), que a su vez utiliza para adquirir los mismos el sitio [www.srtm.csi.cgiar.org](http://www.srtm.csi.cgiar.org), de modelos digitales de elevación. Tienen la misma resolución que las variables climáticas y están expresados en metros sobre el nivel del mar (msnm).

*Pendiente y Orientación*

Estas variables se generaron a partir de la variable Altura de Worldclim, a través del software Arc Gis 9.2 y la extensión Surface Analyst. Fueron transformadas a raster y sus valores respectivos quedaron expresados en grados:

<b>Clase</b>	<b>Valores (º)</b>	<b>Orientación</b>
1	0 – 22,5	Norte
2	22,5 – 67,5	Nor-este
3	67,5 – 112,5	Este
4	112,5 – 157,5	Sur-este
5	157,5 – 202,5	Sur

6	202,5 – 247,5	Sur-oeste
7	247,5 – 292,5	Oeste
8	292,5 – 337,5	Noroeste
9	337,5 – 360	Norte

<b>Pendiente</b>		
<b>Clase</b>	<b>Valores (°)</b>	<b>Valores (%)</b>
1	0 – 1,23	0 – 2,14
2	1,23 – 3,54	2,14 – 6,18
3	3,54 – 6,01	6,18 – 10,52
4	6,01 – 8,63	10,52 – 15,17
5	8,63 – 11,40	15,17 – 20,16
6	11,40 – 14,33	20,16 – 25,54
7	14,33 – 17,72	25,54 – 31,95
8	17,72 – 22,34	31,95 – 41,09
9	22,34 – 39,29	41,09 – 81,82

### *Suelos*

Los tipos de suelos para el área de estudio se obtuvieron del Atlas Digital de Suelos de la República Argentina, realizado por el INTA-AEROTERRA (1995). Los mismos contienen información de Órdenes de suelos, Subórdenes, Grupos y Subgrupos, textura, salinidad, como así también de características geomorfológicas, observaciones a campo, etc.

Se utilizó finalmente para correr el modelo, la variable correspondiente a Subórdenes de suelos. Como el mapa de suelos del INTA contiene mucha

información, con Arc Gis 9.2 y la extensión Spatial Analyst se creó un raster que contiene sólo los subórdenes.

El raster clasifica la información en distintas categorías, que fueron las siguientes:

<b>Clase</b>	<b>Subórden</b>	<b>Orden</b>
<b>1</b>	Sin datos	Sin datos
<b>2</b>	Argides	Aridisoles
<b>3</b>	Ortides	Aridisoles
<b>4</b>	Acueptes	Inceptisoles
<b>5</b>	Ustalfes	Alfisoles
<b>6</b>	Ortentes	Entisoles
<b>7</b>	Ustoles	Molisoles
<b>8</b>	Psamentes	Entisoles
<b>9</b>	Fluventes	Entisoles
<b>10</b>	Acuafes	Alfisoles
<b>11</b>	Umbreptes	Inceptisoles
<b>12</b>	Argides	Aridisoles
<b>13</b>	Ocreptes	Inceptisoles
<b>14</b>	Udoles	Molisoles
<b>16</b>	Fluventes	Entisoles
<b>17</b>	Acuentes	Entisoles

### *Distancia a Ríos*

Se utilizó el shape de Ríos de Argentina, de Recursos Hídricos de la Nación, a partir del cual se exportó un nuevo shape con sólo los ríos principales (ver Anexos). Luego se lo transformó a formato raster y a partir de este con el Software Arc Gis

9.2 y su extensión Spatial Analyst, se generó un nuevo raster en el que consta, para cada pixel, la distancia en metros al río más cercano.

### *Freática*

Los datos de freática se obtuvieron de los siguientes trabajos: Susic (1971); Rodríguez (1999); Asociación Argentina de Amigos de la Universidad Ben Gurion (2006) y Victoria *et al.* (1995). Estas fuentes fueron consultadas en la Biblioteca del Centro Regional de Agua Subterránea (CRAS) de San Juan.

De los pocos datos existentes en la provincia de Mendoza, la mayoría abarcan la zona de los oasis irrigados. Por lo tanto en el CRAS (San Juan) se seleccionaron trabajos en los que se encontraron mapas y tablas de datos respecto a profundidad de freática. Los datos corresponden a la zona de Pipanaco y Campo del Arenal en Catamarca, la zona de Villa Unión y Chilecito en La Rioja, y la zona de valles, bolsones y llanuras de San Juan y Mendoza. En el caso de los dos últimos, profesionales del CRAS nos facilitaron unos mapas hidrogeológicos digitalizados.

Como la información obtenida para las provincias de Catamarca y La Rioja no estaba disponible en formato digital, la versión en papel (ver Anexos) fue digitalizada mediante un escáner y georreferenciada, a través del software Arc View 3.2 y su extensión Image Analysis.

Luego de georreferenciados los mapas, se crearon nuevos shapes donde se digitalizaron los puntos correspondientes a cada uno de los pozos y sus valores de freática para ambas provincias y se unieron a los ya facilitados de Mendoza y San Juan. Con el shape de puntos completo, se creó uno de isóneas de profundidad de freática, con el software Arc Gis 9.2 y luego se lo transformó a raster, el cual generó las siguientes nueve clases:

<b>Clase</b>	<b>Profundidad (m)</b>
<b>0 y 1</b>	No data
<b>2</b>	0 – 2
<b>3</b>	2 – 5
<b>4</b>	5 – 10
<b>5</b>	10 – 20
<b>6</b>	20 – 40
<b>7</b>	40 – 80
<b>8</b>	80 – 160

### **3. 3. 2. Establecimiento del Modelo**

Para efectuar una corrida en MaxEnt, las variables ambientales deben estar en formato ASCII Grid de ESRI, y los datos de presencia de la especie deben estar en el formato CSV (del inglés Comma Separated Values). El fichero CSV, es un tipo de documento sencillo para representar datos en forma de tablas, en las que las columnas se separan por comas y las filas por saltos de línea. Se usa habitualmente para el intercambio de datos entre aplicaciones diferentes y puede ser utilizado también en Microsoft Excel. Así, los puntos de presencia se exportaron a este formato.

Otro factor importante fue que todos los rasters debían tener iguales coordenadas, abarcar la misma área y a su vez, coincidir con la ocupada por los puntos de presencia. Por lo que, en base a éstos se creó un área con la herramienta Edit y Create New Area Feature del Global Mapper 9, a partir de la cual se fueron exportando cada uno de los rasters de las diferentes variables, siempre en el sistema de proyección Gauss Kruger (zona 2 - WGS84) de Argentina.

En caso de las variables predictoras, otra característica es que todas deben tener el valor -9999 como No Data, por lo que se tuvo que cambiar ese valor en el archivo de texto, mediante el Software Manifold System 8 y el editor de textos Notepad.

Se realizaron aproximadamente veinte primeras corridas del modelo con todas las variables antes descritas. A partir del resultado promedio de estas corridas iniciales, del porcentaje de contribución asignado a cada variable y de la prueba *Jackknife*, se descartaron aquellas variables bioclimáticas que no aportaban información al modelo. Estas fueron: Bio1, Bio3, Bio13, Bio14, Bio16, Bio17.

Luego, con las siguientes variables: altura, freática, distancia al río, suelos (subórdenes), orientación, pendiente y las bioclimáticas (exceptuando las descartadas), se efectuaron 100 corridas definitivas para obtener un promedio de la probabilidad de ocurrencia de la especie para cada píxel. En cada una de las corridas se le indicó al programa que seleccionara aleatoriamente un 70% de los datos para entrenamiento y el 30% restante para probarlos, lo que genera que cada píxel presente una variabilidad en la probabilidad de ocurrencia de la especie, por lo cual es necesario obtener un promedio de la misma, al igual que del AUC de cada corrida.

### **3. 3. 3. Evaluación del modelo**

Para evaluar el modelo, se utilizó el valor promedio del Área bajo la Curva ROC, la cual como se explicó anteriormente, representa la proporción de predicciones correctamente clasificadas para diferentes umbrales de probabilidad. Para Elith *et. al.* (2006), los modelos con valores de AUC por encima de 0,75 son aplicaciones utilizables y precisas.

### 3. 4. Comparación entre distribución potencial y actual.

A partir de los resultados del presente trabajo se procedió a una comparación de tipo visual y cualitativa con los bosques actuales de acuerdo a los trabajos de Villagra y Delgado (inédito), González Loyarte (2000), Cesca *et al.* (2004), Álvarez (2008) y Rojas (inédito). Estos trabajos se concretaron a partir del procesamiento de imágenes satelitales Landsat 7TM+<sup>1</sup> y se validaron con previos muestreos en parcelas (Cony y Villagra, inédito; Álvarez *et al.*, 2006 y Cesca *et al.*, 2004) y con salidas a campo.

También se realizaron comparaciones preliminares con distintos trabajos históricos (Prieto y Abraham, 1998; Abraham y Prieto, 1999; Prieto *et al.*, 2003; Rojas, 2008 y Rojas, inédito) en los cuales se determinan distribuciones históricas de bosques basados en el análisis de fuentes históricas entre las que sobresalen: estudios de naturalistas, relatos de viajeros, documentos oficiales, como las cartas de Instituto Geográfico Militar (IGM), y estadísticas del ferrocarril.

Es a partir de esta primera aproximación comparativa que se desprenden algunas hipótesis y predicciones sobre cambios en distintas distribuciones que deberán ser puestas a prueba de manera más exhaustiva en posteriores estudios a escalas, seguramente, de mayor detalle.

---

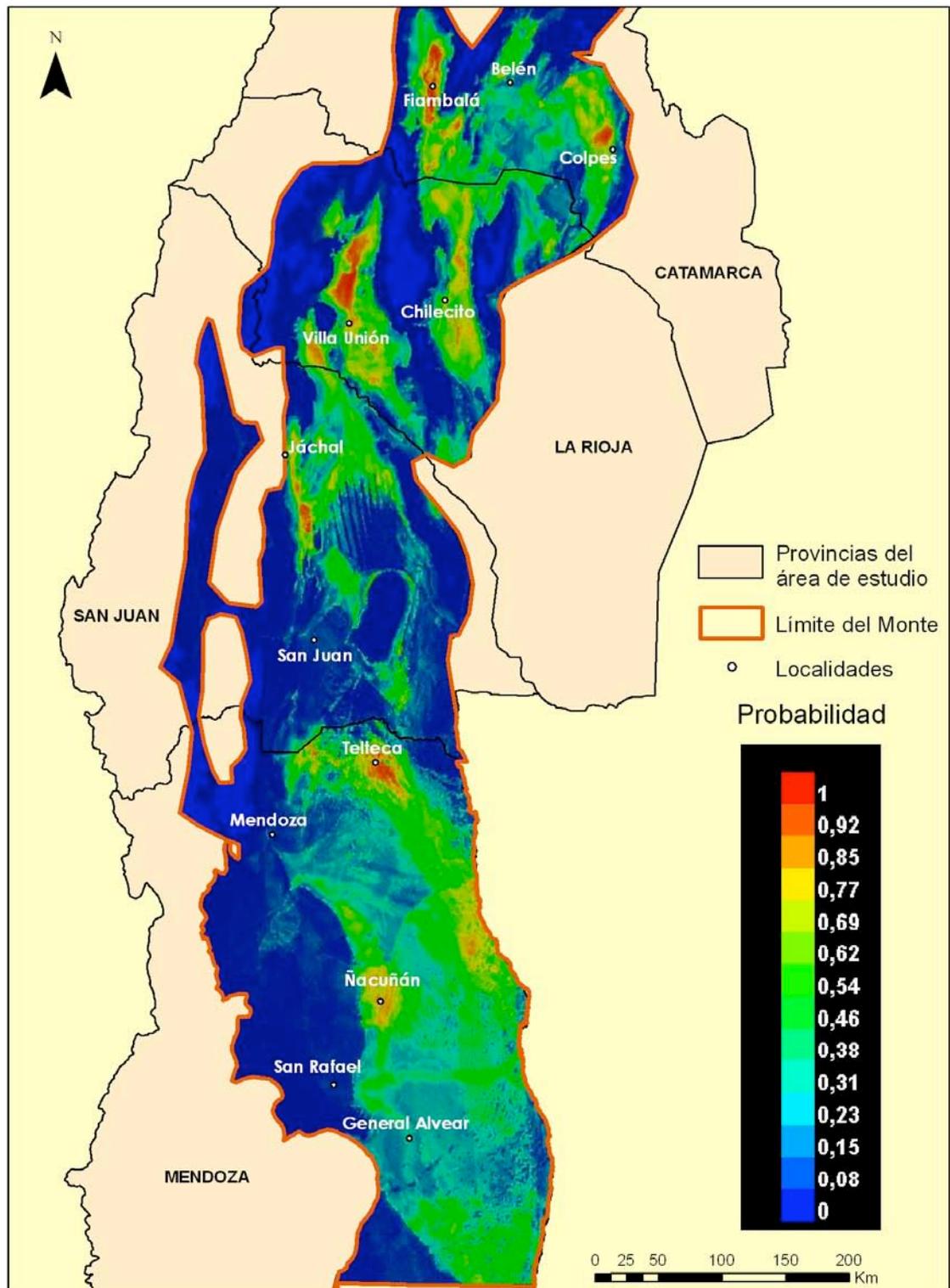
<sup>1</sup> Clasificación supervisada con el método de máxima verosimilitud sobre índices de vegetación.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4. 1. Mapa de distribución potencial

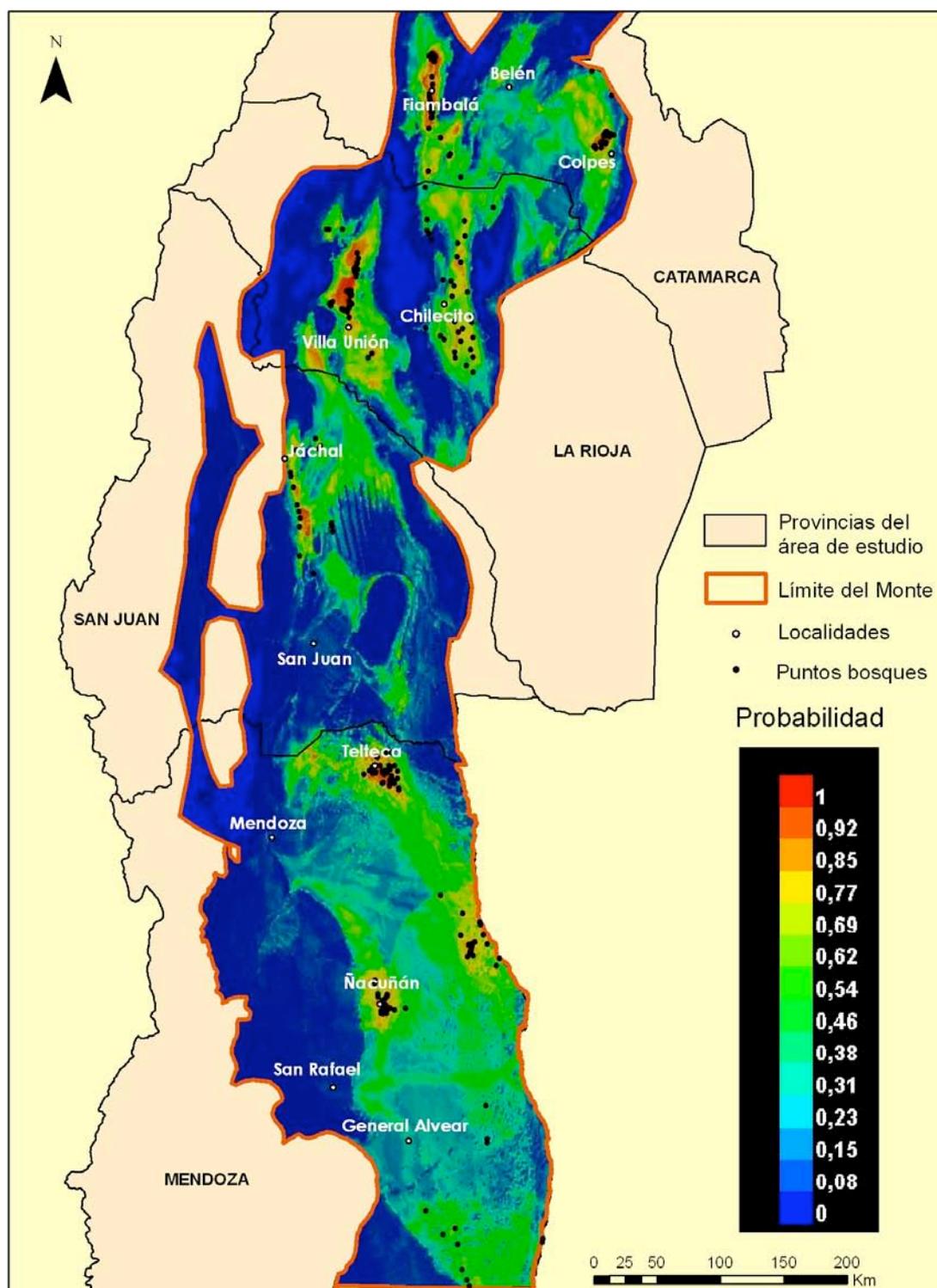
El mapa promedio resultante (Mapa 4) de las cien corridas, nos muestra como los sitios de mayor probabilidad o idoneidad de hábitat para los bosques de *Prosopis flexuosa* coinciden, como era de esperarse, con los puntos donde los mismos ya han sido muestreados (Mapa 5). Sin embargo existen zonas donde Maxent predice la presencia de bosques y éstos no han sido registrados anteriormente.

**Mapa 4: Distribución potencial de bosques de *Prosopis flexuosa* en el Monte, desde Catamarca hasta Mendoza**



Fuente: Mariana Perosa 2009

**Mapa 5: Distribución potencial y puntos de presencia de bosques de *Prosopis flexuosa* en el Monte, desde Catamarca hasta Mendoza**



Fuente: Mariana Perosa 2009

## 4. 2. Evaluación del modelo

El promedio de los valores del área bajo la curva (AUC), para los datos de prueba, fue de 0,964, con una desviación estándar de 0,010, lo que nos indica una predicción mucho mejor que el azar (AUC=0.5) y una clasificación bastante precisa de los datos. (Fig. 2)

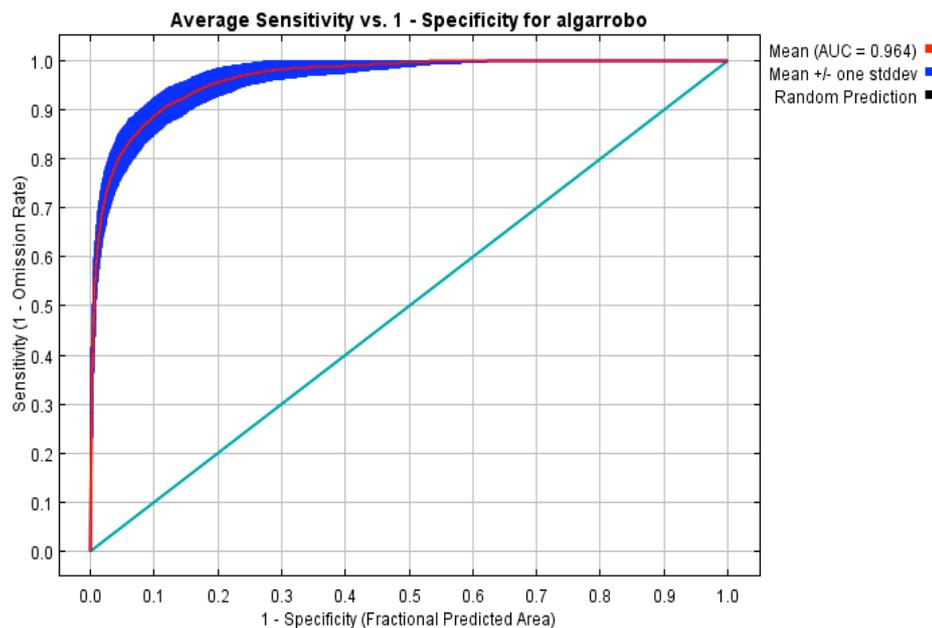


Fig. 2: Curva operada por el receptor (ROC) promedio para los datos de prueba.

## 4. 3. Modelo y aporte de variables

En cuanto al porcentaje de contribución medio de cada variable al modelo, los más altos fueron para las variables "Bio11" (temperatura media del trimestre más frío), "Bio 2" (amplitud térmica diaria), "Freática" y "Subórdenes de suelos", con valores de 27,5%, 23,2%, 8,4% y 6,7% respectivamente. Las variables con menos porcentajes de contribución (por debajo de 1%), fueron "Bio 15" (Precipitación estacional), "altura" y "Bio 10" (Temperatura media del trimestre más cálido), con valores de 0,5%, 0,7% y 0,7% respectivamente. (Tabla 1)

Tabla 1: Porcentaje de contribución de cada variable al modelo.

<b>Variable</b>	<b>Contribución (%)</b>
bio11	27.5
bio2	23.2
freática	8.4
subórdenes	6.7
bio12	5.3
bio19	4.4
bio8	3.8
bio4	3.5
pendiente	3.4
bio5	2.6
bio9	1.8
bio6	1.7
bio18	1.7
orientación	1.6
bio7	1.4
distancia al río	1.1
bio10	0.7
altura	0.7
bio15	0.5

En los resultados de la prueba *Jackknife*, las variables Bio 11 seguida de Bio 6 (temperatura mínima del mes más frío), fueron las más importantes en términos de la ganancia producida en los modelos con sólo una variable. La variable Subórdenes de suelos, es la que más decrece la ganancia total del modelo cuando es omitida, y por tanto se considera que es la que más información aporta al modelo que no está contenida en las demás variables. A esta le sigue la variable freática, que a su vez aporta más que subórdenes cuando el modelo se construye con ella sola. En términos generales se puede observar que las variables no climáticas (subórdenes de suelos, pendiente, orientación, y freática) son las que

más decrecen la ganancia del modelo completo cuando son extraídas del mismo. Una excepción es la variable distancia al río, que según *Jackknife* no es una variable importante, ya que por sí sola tiene una ganancia muy baja y cuando es omitida casi no afecta al modelo completo. (Fig. 3)

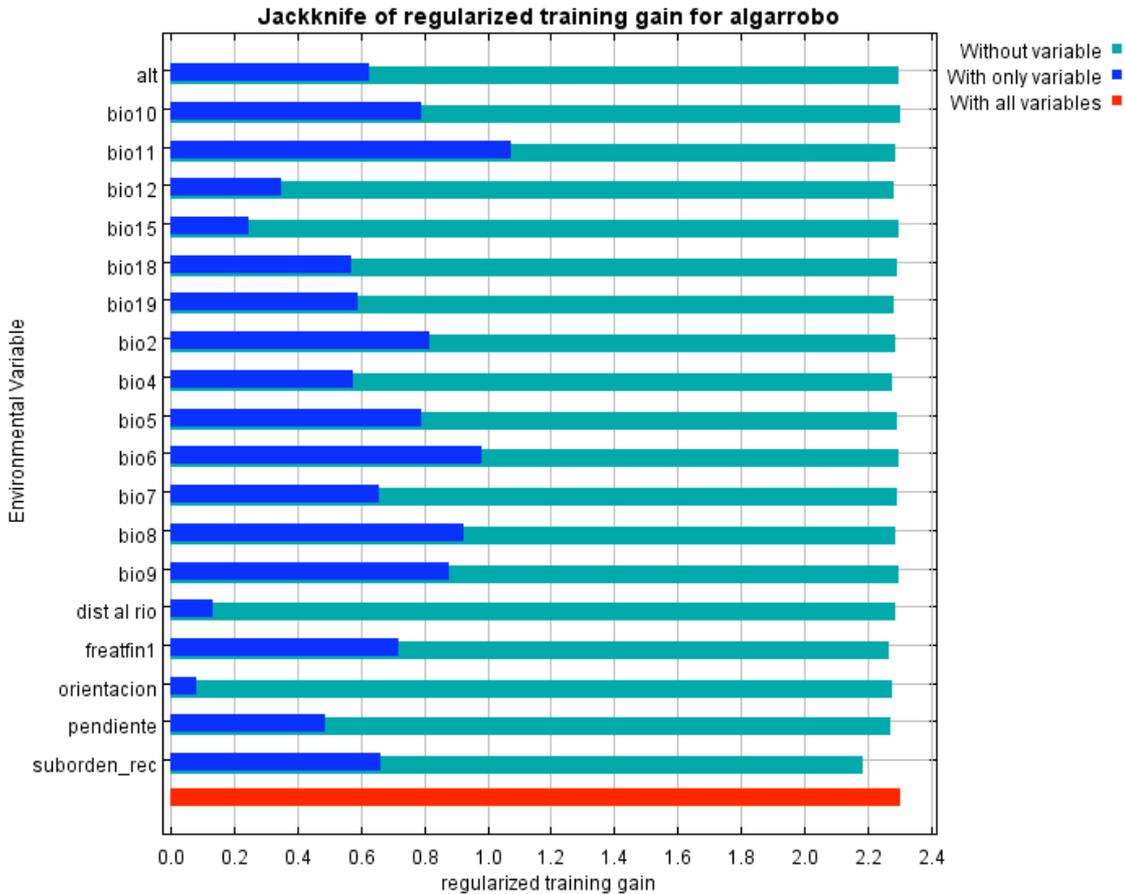


Fig. 3: Ganancia del modelo para cada variable predictora por sí sola (barras azules). Disminución en la ganancia del modelo completo cuando la variable es omitida (barras verdes). Ganancia total del modelo, con todas las variables (barra roja).

En cuanto al AUC, para todos los modelos con sólo una variable los valores de la misma fueron superiores a 0,5, lo que nos indica que Maxent es capaz de construir un modelo mejor que el azar usando tan sólo una variable. (Fig. 4)

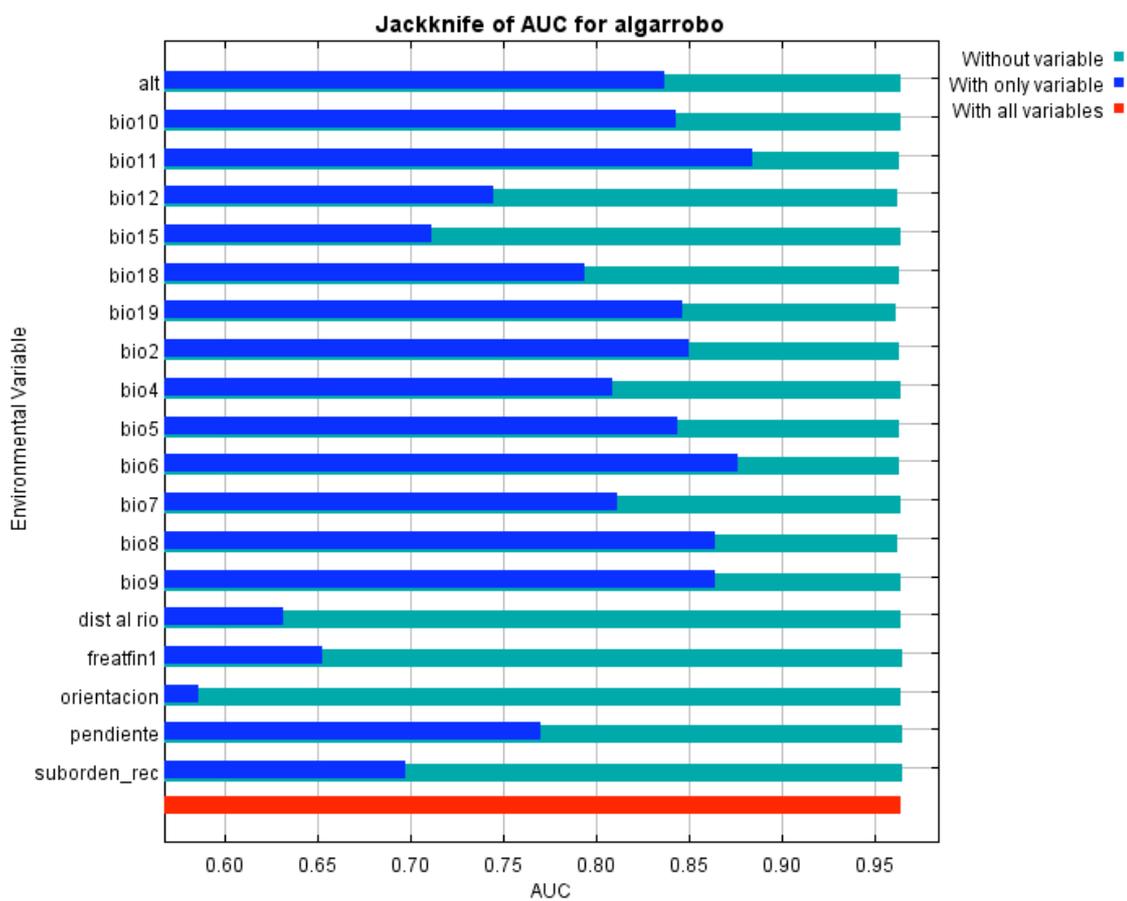


Fig. 4: Área bajo la Curva para los datos de prueba: para cada variable predictora por sí sola (barras azules). Disminución en el área bajo la curva del modelo completo cuando la variable es omitida (barras verdes). AUC total del modelo para los datos de prueba, con todas las variables (barra roja).

## **SUBCAPÍTULO: COMPARACION BOSQUES ACTUALES Y POTENCIALES**

### ***Distribución de los Bosques Actuales en el Monte***

Los bosques de *Prosopis flexuosa*, se extienden desde los Valles Calchaquíes en Salta, hasta el Departamento de Alvear en la provincia de Mendoza, siempre desarrollándose en los márgenes de ríos o en zonas con la napa freática poco profunda.

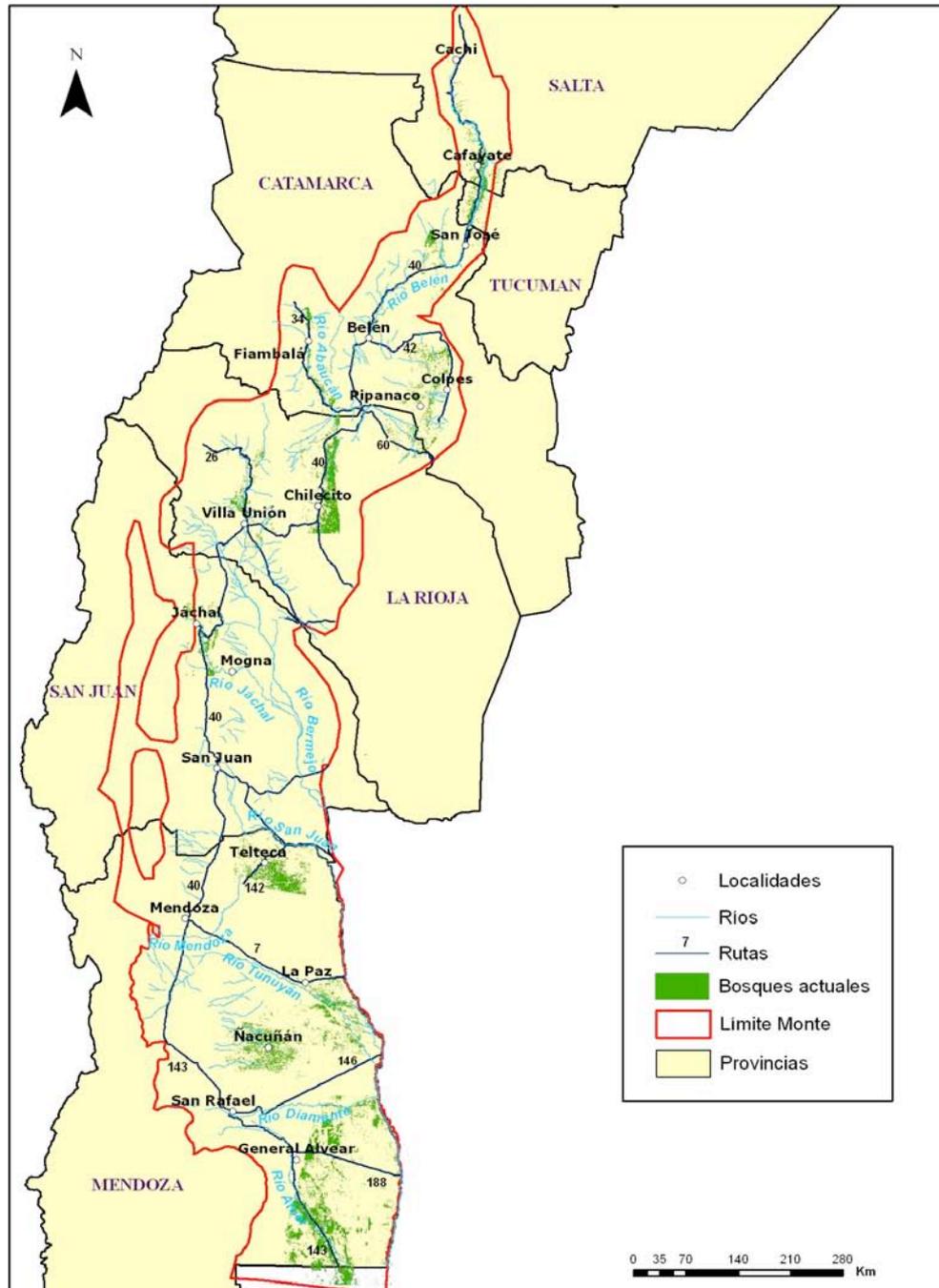
Generalmente se ubican en los bolsones o llanuras del Monte, y es por eso que la comparación con los bosques potenciales se hará en cada bolsón o valle del mismo.

En Mendoza, se encuentran sobre los llanos al pie de la cordillera de los Andes. Estas travesías estas divididas por los ríos Tunuyán y Diamante, formando tres llanuras distintas: al norte, la Travesía de Guanacache, en el centro la Travesía del Tunuyán y al sur, la Travesía de la Varita (Roig et al, 1992).

Los bosques del Monte, han sido estudiados y delimitados en distintos trabajos como los de Villagra y Delgado (inédito), en los cuales se hizo una clasificación supervisada de imágenes satelitales y se obtuvieron imágenes de los bosques para los valles y bolsones del Monte hasta San Juan; y de González Loyarte *et. al.* (1990, 2000), Cesca *et al.* (2004), Álvarez (2008) y Rojas (inédito), en los que se realizó el mismo tipo de clasificación pero para los bosques de la provincia de Mendoza. (Mapa 6)

A partir de estos trabajos, las cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar y shapes de localidades, rutas y ríos de Recursos Hídricos de la Nación, se realizó una descripción general de la distribución actual de los mismos, para luego comparar con el modelo de distribución potencial obtenido con Maxent.

Mapa 6: Distribución actual de los bosques de *Prosopis flexuosa* en el Monte



Fuente: Mariana Perosa (2009), sobre la base de Villagra y Delgado (inédito), González Loyarte (2000), Cesca (2004) y Rojas (inédito).

Según su ubicación por provincias de Norte a Sur, a continuación se definen y describen los bosques actuales:

**Salta y Tucumán:** los bosques se encuentran en la zona de los Valles Calchaquíes. Estos se extienden desde los 25°06'00"S, a unos 3km al norte de Cachi (Salta), hasta los 26°48'36"S, a 2km al norte de la ciudad de San José, en Catamarca. Y desde los 65°42'00"O, 20km al oeste de San Pedro de Colalao (Tucumán), hasta los 66°19'48"O, 17km al suroeste de Cachi, en Salta. Las zonas más densas se extienden desde unos 5km al norte de la ciudad de Animaná, en Salta, hasta la ciudad de Famatanca, ubicada 7km al sur de Santa María, entre la Sierra de Quilmes o del Cajón y las Cumbres Calchaquíes. Se desarrollan sobre los márgenes de los ríos Calchaquí y Santa María, y ocupan aproximadamente unos 300km<sup>2</sup>.

Los demás bosques ocupan áreas más pequeñas, encontrándose una medianamente densa a unos 15km al sureste de Cafayate, sobre el Campo la Hoyada y en los alrededores de la Quebrada de Cuchiyaco, siguiendo diversos arroyos que allí se desarrollan.

Bosquecillos menos densos se extienden hacia el noroeste de la ciudad de San Carlos (20km al norte de Cafayate), sobre los márgenes de ríos como el Calchaquí y otros arroyos, hasta la ciudad de Cachi.

En total el bolsón de los Valles Calchaquíes cubre una superficie de 606km<sup>2</sup>, y una distancia de norte a sur, de unos 185km. El mismo se continúa sobre la provincia de Catamarca, en la zona de Santa María y Belén, que se describe continuación.

**Catamarca:** se encuentran bosques ubicados en los bolsones de Belén-Santa María, Fiambalá y Pipanaco.

- *Belén-Santa María:* estos bosques pertenecen al bolsón de los Valles Calchaquíes y son bastante dispersos. Los más densos e importantes

cubren una superficie de unos 222km<sup>2</sup>, y los encontramos entre las sierras Las Cuevas-Hombre Muerto y la sierra de Quilmes, entre los 26°39'37" S y los 26°49'57" S. A estos le siguen dos bosques más al sur, uno a 5km y el otro a unos 15km. Este último se encuentra llegando a Campo Arenal, cubriendo el bañado llamado Pozo del Cuero, entre los puestos La Pampa, Los Pozuelos, Casa del Campo, Corral Viejo y Cáceres, que rodean la Ruta Nacional N° 40 y se ubican a unos 35km al suroeste de la ciudad de Santa María y a unos 40km al noreste de Hualfín. A unos 45km hacia el suroeste de Santa María encontramos bosques dispersos al pie de los Nevados del Aconquija, y siguiendo los diferentes ríos y arroyos allí ubicados. Otros bosquecillos muy pequeños se ubican a unos 10km al norte de la ciudad de Belén, también siguiendo el curso del río, que lleva el mismo nombre.

- *Bolsón de Pipanaco*: los bosques se extienden desde los 27°39'36"S, aproximadamente 10km al sureste de la ciudad de Andalgalá, hasta los 28°43'12"S, a uno 8km al suroeste de la ciudad de Villa Mazán. Y desde los 66°10'48" hasta los 66°51'36" de longitud oeste. Al sur de Mollecito, y a unos 6km hacia el oeste de la ciudad de Colpes, se observan comunidades de bosque más denso, que se extienden entre el piedemonte de la Sierra del Manchao y el Salar de Pipanaco, y que se continúan hasta unos 10km al suroeste de Pomán. Otra zona densa importante, se encuentra a unos 10km al oeste de Mollecitos, y sobre el borde oeste del Salar de Pipanaco, alrededor del puesto la Garrocha y entorno al paraje denominado el Varilludo, ocupando un área de aproximadamente 55km<sup>2</sup>. También hacia el oeste del Salar, y antes de llegar al puesto San Gerónimo, pero esta vez ubicado a la misma latitud de Saujil, encontramos otro bosque importante, pero de menor superficie (28km<sup>2</sup>), que se conecta con la anteriormente descrita mediante un corredor boscoso menos denso, que costea todo el

borde oeste del Salar. Hacia el noreste de Aimogasta existe otro bosque semidenso que se extiende hasta el borde suroeste del Salar. En los alrededores de Santa Teresita y Villa Mazán encontramos otros menos extensos pero también importantes. Existen dos áreas más que presentan una importante densidad boscosa, aunque son poco extensas, que se encuentran a unos 5km al oeste de Pomán, antes de la ruta 40, y a unos 15km al suroeste de esta misma ciudad, entre la ruta y el ferrocarril General Belgrano. En total, incluyendo los menos densos y más pequeños, los bosques de este bolsón ocuparían una superficie de alrededor de 620km<sup>2</sup>.

- *Bolsón de Fiambalá*: los bosques se extienden de norte a sur, una distancia de 84km, desde los 27°22'48"S, 10km hacia el sureste de la ciudad de Palo Blanco, hasta los 28°09'00"S, unos 12km al sur de Tinogasta, y de este a oeste, desde los 67°22'48"O hasta los 67°41'24"O. Podemos clasificarlos en tres zonas mas importantes, como Fiambalá norte, Fiambalá sur y Fiambalá-Chilecito, ya que esta última se conecta con los bosques de ese bolsón. La zona boscosa del norte se extiende desde 10km al sureste de Palo Blanco, hasta unos 6km al sur de Medanitos, y cubre una superficie de aproximadamente 63km<sup>2</sup>, dejando un sector más descubierto que coincide con la ciudad antes dicha. Estos bosques también se desarrollan sobre los márgenes de un río, el Fiambalá o Saujil, en general hacia el oeste del mismo, salvo una porción más pequeña, que se encuentra hacia el noroeste de la Villa de Saujil, y al oeste de la Ruta Provincial N° 34. A unos 8km al sur de Saujil, y sobre Fiambalá, comienza la zona sur, un poco fragmentada, pero que se desarrolla con mayor densidad unos 5km hacia el sur, al salir de la ciudad. La misma sigue el curso del río Abaucán, hacia el este de la Ruta Nacional N° 60 y se extiende hasta el pueblo El Puesto, ubicado a unos 12 km al noroeste de la ciudad de Tinogasta. Estos bosques comprenden un

área de aproximadamente 55km<sup>2</sup>. Por último, encontramos los bosques de Chilecito-Fiambalá, que comienzan en el pueblo El Puesto, y se extienden hasta unos 12km al sureste de Tinogasta (llegando a Copacabana), siguiendo los márgenes del río Abaucán, que luego se transforma en Salado o Colorado. La parte más densa se encuentra al sur de la misma, coincidiendo con el sector más importante del río y un área de tipo aluvial, donde se conecta con los bosques de Chilecito. Existen unos bosquecillos más pequeños a unos 14km al noreste de Tinogasta, sobre el pie sureste de la Sierra de Fiambalá, a orillas del río La Lajas. En total esta zona cubre una superficie aproximada de 66km<sup>2</sup>.

**La Rioja:** se encuentran bosques en los bolsones de Chilecito y Villa Unión.

- *Bolsón de Chilecito:* los bosques se extienden longitudinalmente, desde los 28°06'00"S en el departamento de Tinogasta (Catamarca), hasta los 29°24'36" S en el departamento de Chilecito (La Rioja), abarcando también el departamento de Famatina y parte del departamento de San Blas de los Sauces (La Rioja); con una distancia de aproximadamente 146km en sentido norte-sur; y desde los 67°41'24" hasta los 67°17'24" de longitud oeste, con una distancia de aproximadamente 40km. La mayor parte de los mismos, y los más densos, se desarrollan hasta el pie de la Sierra de Velasco, unos 22km hacia el este de la Ruta Nacional N° 40, destacándose sectores descubiertos sobre las ciudades de Chilecito, Nonogasta y Malligasta. La parte más cubierta es el área que rodea al Bajo de Santa Elena, depresión longitudinal entre los nevados de Famatina- Sierra de Sañogasta y Sierra de Velasco. Hacia el oeste, solo se distinguen algunos bosquecillos, distribuidos de norte a sur y generalmente costeados los diferentes ríos o arroyos, como los que se encuentran en la ciudad de

Famatina y Sañogasta. En total, el bosque es denso, y teniendo en cuenta los menos extensos, ocupa una superficie de aproximadamente 1300km<sup>2</sup>.

- *Bolsón de Villa Unión*: los bosques se extienden desde los 28°20'32"S, 4km al norte del puesto Casa Pintada, ubicado en Valle Hermoso, hasta los 29°34'18"S en los alrededores de la ciudad de Pagancillo, y desde los 67°55'20"O, 28km al este de Villa Unión, hasta los 68°28'12"O, 20km al noroeste de la ciudad de Vinchina. El bosque más denso e importante, cubre una superficie de aproximadamente 150km<sup>2</sup> y se encuentra en la parte centro de este Bolsón, en el denominado Valle de Vinchina. Esta área boscosa se encuentra dividida en dos unidades por el Río Bermejo, una hacia el oeste y otra hacia el este del mismo y sobre la Ruta Nacional N° 40. Se extiende desde la ciudad de Villa Castelli hasta Villa Unión. Hacia el Norte de esta comunidad, encontramos bosquecillos más dispersos, de menor superficie, pero bastante densos, que siguen el curso del Río Grande de Valle Hermoso, hacia el este de la Ruta Provincial N°21, hasta la ciudad de Vinchina, y luego se distinguen sobre los márgenes del Río Bermejo, hasta unos 6km al este de Villa Castelli. A unos 20km al noroeste de Vinchina, y en la parte central del Bolsón de Jagüé, encontramos una pequeña zona boscosa que se ubica a 7km al oeste del pueblo de Jagüé. Por último, bosques más pequeños y menos densos se encuentran hacia el este y hacia el sur de Villa Unión. A unos 19km al este de esta ciudad, se ubican tres bosquecillos entre los ríos Agua Fría, Cosme y del Puerto, hacia el norte de la Ruta Nacional N°40. Las dos áreas boscosas más importantes ubicadas al sur de Villa Unión, se encuentran a unos 15km de la ciudad, hacia el norte de Pagancillo, una sobre la loma Agua del Paso, y en la unión de los ríos Cosme y Agua Fría, y la otra más hacia el oeste, sobre los puestos El Bañado y El Puquial. Los demás bosquecillos al sur de Villa

Unión, son muy pequeños, y se encuentran al oeste de la Ruta Provincial N°26 en los alrededores del Río Bermejo, sobre el Valle de Villa Unión. En total este bolsón abarca un área de aproximadamente 300km<sup>2</sup>.

**San Juan:** se encuentran bosques en el bolsón de Jáchal y en menor medida en el de Mogna.

- *Jáchal:* este bolsón se extiende desde los 30°02'11"S, 2km al oeste de la Ruta Provincial N° 456 y a unos 9km de la localidad de Villa Mercedes, hasta los 30°42'12"S, 12km al oeste de esa misma ruta; y desde los 68°30'34"O, 25km al sureste de Niquivil, hasta los 68°50'59"O, unos 11km al norte de San José de Jáchal. Existe una gran zona boscosa en el centro de este bolsón, en los alrededores de la localidad de Niquivil y hacia el este de la Ruta Nac. N° 40, que se distribuye sobre los márgenes del río Jáchal, y se continúa hacia el noreste, hasta el pie de la Sierra de Las Salinas, siguiendo diferentes arroyos y ríos, como el Áspero (paralelo a la Ruta Nacional N° 40-150). La misma, ocupa un área de aproximadamente 170km<sup>2</sup>. Otra zona bastante densa, pero de menor superficie (60km<sup>2</sup>), se encuentra a 11km hacia el noroeste de la ciudad de Jáchal y a 5km al oeste de Villa Mercedes, a orillas de los ríos Pajarito, Ancancho y Quemado, hacia el este de la Sierra de la Tutora. También al norte, encontramos pequeños bosquecillos más dispersos, hacia el este de Villa Mercedes, que se desarrollan debido a la existencia del río Huaco, el cual coincide con la Ruta Provincial N° 491 sobre el área de los parajes La Ciénaga y El Túnel. El siguiente bosque en cuanto a superficie, se encuentra a 20km al sur de la localidad de Niquivil y hacia el este de la Ruta Nac. N°40, sobre los bañados del río Jáchal y hacia el sur de los parajes Tucunuco y Agua de La Zorra. Por último, encontramos unos bosquecillos que se extienden de norte a sur,

sobre el pie de la Sierra La Trampa, desde la Pampa de Umango hasta el cerro Médano Rico, 30km al oeste del pueblo de Mogna y a la misma latitud. En total, este bolsón ocupa una superficie de aproximadamente 330km<sup>2</sup>.

- *Mogna*: estos pequeños bosquecillos se extienden como una franja muy angosta desde los 30°35'48"S, a unos 11km al norte de la ciudad de Mogna, hasta los 30°45'35"S, a unos 7km al sur de la misma ciudad. Longitudinalmente se desarrollan desde los 68°18'53"O, a unos 6km al noreste de la localidad mencionada, hasta los 68°24'18"O, 4km al oeste de la misma. Su superficie total es de aproximadamente unos 7km<sup>2</sup>.

**Mendoza:** Encontramos bosques en los llanos de Lavalle, en la zona de Ñacuñán, (Santa Rosa), en La Paz y en el suroeste de Alvear.

- *Lavalle*: los bosques se encuentran sobre la Travesía de Guanacache, la mayor parte hacia el este de la Ruta Nacional N°142 y a unos 40km hacia el noreste del centro Lavallino (Villa Tulumaya). Se trata de un bosque bastante denso y extenso en el centro y sur, con algunos bosquecillos más dispersos y pequeños hacia norte, y hacia el oeste de la Ruta 142. La mayor zona boscosa (700km<sup>2</sup>), se encuentra en un área de médanos, como los Altos Limpios, paleocauces y colectores temporarios de la cuenca del río Mendoza. Se extiende desde los 32°14'37"S, en la Pampa del Salado, hasta los 32°39'41"S, en Alto del Cuero, 6km al sur del Puesto El Guanaco; y desde los 67°31'57"O, 2km al oeste de la localidad de Lagunita, hasta los 68°14'29"O, 8km al oeste de la Ruta Nac. N°142. A partir de aquí el bosque se empieza a distribuir alrededor del río Mendoza hacia el este. Los bosquecillos más dispersos se encuentran siguiendo el curso de ese río, desde la zona de Asunción, hacia el norte del departamento (donde el cauce genera diferentes bañados, islas y zonas inundables), llegando hasta Las

Lagunas del Rosario, al límite con San Juan, donde se juntan el río con este mismo nombre y el río Mendoza. Ambos ríos también alimentan el sistema de Lagunas de Guanacache, y por lo tanto en esta zona también encontramos pequeños bosques de algarrobo, que llegan hasta alrededores del puesto La Acequia, donde nace el río Desaguadero, a unos 25km de la localidad de El Encón. En total, el área ocupada por los bosques Lavallinos es de aproximadamente 930km<sup>2</sup>.

- *La Paz*: los bosques se encuentran sobre la Travesía del Tunuyán, y la mayor parte se distribuyen sobre los márgenes del río Tunuyán o Tunuyán Nuevo y el Tunuyán Viejo (paleocauce). Se extienden desde los 33°24'15"S, 5km al norte de la Villa de La Paz, hasta los 34°06'28"S, en la estancia Puntas de Agua, al sureste del departamento, 2km al norte de la Ruta Nacional N° 146; y desde los 66°51'40"O, 25km al sur de la Villa, hasta los 67°35'48"O, al límite con San Luis. Las áreas boscosas más densas se encuentran a 15km al sureste de la Villa cabecera, costeando el río Tunuyán, por lo que se consideran bosques en galería. Ocupan unos 420km<sup>2</sup>, continuándose como bosquecillos más dispersos hacia el sur del departamento, hasta los puestos La Cañada y El Algarrobo, unos 6km al norte del límite con San Rafael, y hacia el sureste, hasta la estancia antes mencionada, Puntas de Agua. Al este, en el límite con la provincia de San Luis, se desarrollan bosquecillos siguiendo el curso del río Desaguadero o Salado, desde los 33°30'8"S hasta los 33°51'10"S, donde se juntan este río y el Tunuyán. También existe una pequeña zona boscosa a unos 22km al este de la Villa La Paz y al sur de la Ruta Nacional N°7. En total, estos bosques de La paz, ocupan una superficie aproximada de 740km<sup>2</sup>.
- *Ñacuñán*: se extienden desde los 33°48'27"S, 36km al noroeste de la localidad de Ñacuñán, hasta los 34°16'07"S, 25km al sur del mismo pueblo

(en el departamento de San Rafael), siguiendo la Ruta Provincial N°153 ; y desde los 67°31'09"O, 37km al este de dicha ruta, sobre Balde El Retiro, hasta los 68°25'15"O, en el límite con San Carlos. Se trata de una gran zona boscosa, bastante densa, que ocupa una superficie de aproximadamente 908km<sup>2</sup>, y es atravesada justo en el centro, por la Ruta N° 153. Hacia el este de esta ruta, el bosque se empieza a dispersar a unos 30km, y hacia el oeste, a unos 25km, donde se observa que se continúa sobre el curso de los diferentes ríos y arroyos allí presentes. Es importante destacar que ésta es una zona de bolsones, huayquerías, médanos, ríos y arroyos temporarios.

- *Alvear-San Rafael:* los bosques encuentran sobre la Travesía de la Varita y se extienden desde los 34°27'10" S en el distrito de Monte Comán (San Rafael), 10km al norte del límite con Alvear, hasta los 36°09'30" S en la Provincia de La Pampa, 18km al sur del departamento mendocino. Longitudinalmente, se desarrollan desde los 66°38'47" O, al noreste del departamento, hasta los 67°45'33" O, nuevamente en San Rafael, pero esta vez sobre el distrito de Punta de Agua, 32km al oeste de límite con Alvear, y 35km al este de la Ruta Nacional N°143. Las áreas de mayor densidad boscosa se encuentran al suroeste de Alvear, desde el Zanjón La Marzolina, y continuándose hacia el este, hasta Punta de Agua. Y de norte a sur, desde unos 30km al sur de la ciudad de Alvear, rodeando y siguiendo el curso del Río Atuel y sus bañados (en los alrededores de la ruta antes mencionada) hasta el límite con La Pampa. Estos bosques ocupan un área de unos 2250km<sup>2</sup>. A 5km al este de la localidad de Carmensa, se desarrollan unos bosquecillos pequeños, que se llegan hasta unos 50km al este de esa localidad, y también se extienden hacia el sur de la misma, donde se conectan con la zona antes descripta. Desde la localidad de Bowen, 2km al sur de la Ruta Nac. N° 143 y 15km al este de la ciudad cabecera,

encontramos bosques extensos más abiertos (850km<sup>2</sup>), en áreas de paleocauces y cauces abandonados, que se extienden hasta el límite con San Rafael (al norte del departamento), sobre el río Diamante, al cual le siguen el curso hacia el este, hasta el límite con La Provincia de San Luis. También sobre este límite, se desarrollan pequeños bosquecillos dispersos, que siguen el curso del Río Desaguadero hasta el sur del departamento. En total estos bosques alvearenses abarcan una superficie de aproximadamente 3160km<sup>2</sup>.

### **Descripción de los Bosques Potenciales**

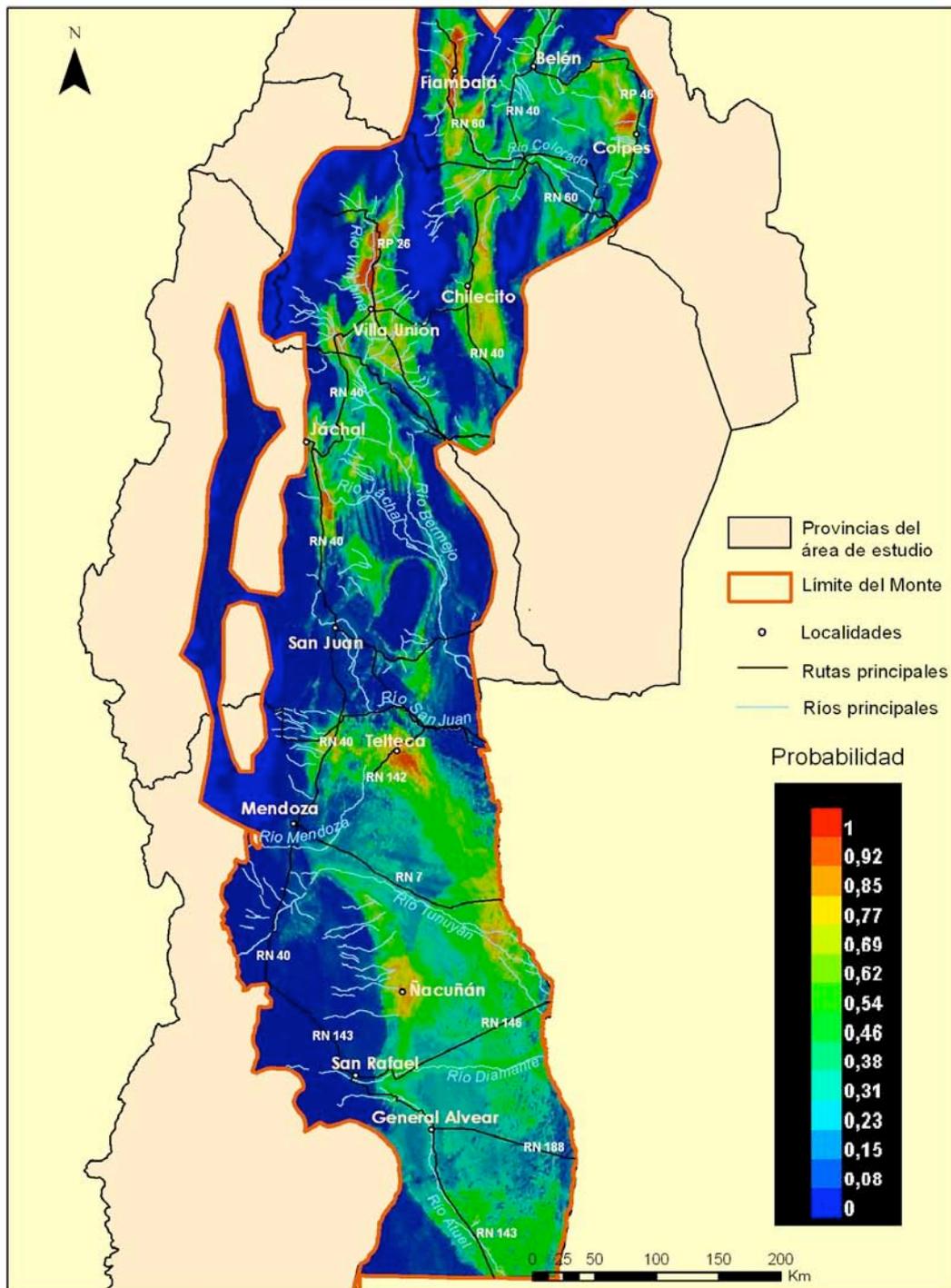
El área potencial (Mapa 7) de bosques de *Prosopis flexuosa*, se extiende dentro de la Provincia Biogeográfica del Monte, desde los 27°9'11.37"S, 20km al norte de la ciudad de Palo Blanco, en Catamarca; hasta los 35°59'56"S, al sur del departamento de Gral. Alvear (Mendoza), en el límite con la provincia de La Pampa. Longitudinalmente, se extienden en promedio unos 150km, desde los 66°9'46.36"O, 10km al norte del pueblo de Colpes, en Catamarca, hasta los 68°46'44.06"O, en la ciudad de San José de Jáchal (San Juan).

En relación a las variables ambientales utilizadas en el modelo, el bosque potencial se desarrolla entre los 300 y 2000 metros sobre el nivel del mar, en regiones con temperaturas medias que oscilan entre los 20°C y 28°C en los meses más cálidos, y entre los 8°C y los 14°C en los meses más fríos. La mayor parte del mismo se encuentra en zonas con una amplitud térmica diaria bastante amplia, entre los 15°C y 17°C, y con precipitaciones entre los 20 y 500mm anuales. A estos valores de las variables se los puede considerar dentro del rango de valores ya determinados para el Monte por Cabrera (1976), Morello (1958) y López de Casenave (2001).

En general, en el mapa se puede observar que toda el área potencial sigue la distribución de los diferentes valles, bolsones y llanuras del Monte, donde se encuentran los bosques actuales descritos anteriormente, pero con mayor extensión y superficie. Es en estas extensiones donde se destacan zonas probables para los algarrobales, en las cuales los mismos no han sido observados.

En cuanto a la idoneidad de estos sitios, las mayores probabilidades (sitios en los tonos del rojo) se encuentran en las zonas de los puntos de presencia de bosques, utilizados en Maxent, y también coinciden en gran parte con las áreas de mayor densidad de las imágenes de los bosques actuales.

**Mapa 7: Ubicación de los bosques potenciales de *Prosopis flexuosa* respecto a los ríos y rutas principales en el área de estudio.**



Fuente: Mariana Perosa 2009

Teniendo en cuenta las provincias en estudio, podemos destacar que en Catamarca, los sitios más idóneos se encuentran en los Bolsones de Fiambalá y Pipanaco, pero también se observan dos zonas pequeñas con alta probabilidad, al

este y sur de la ciudad de Tinogasta. Con probabilidades intermedias, encontramos un área hacia el norte de la ciudad de Belén, hasta el pie de la Sierra de Hualfín, y entre las Sierras de Fiambalá (al oeste) y de Belén (al este); y otro pequeño sector 30km al este de la misma ciudad, sobre la Cuesta de Belén, entre los ríos de la Cuesta y Grande.

En la Provincia de La Rioja, la zona de mayor probabilidad se encuentra sobre el valle de Vinchina y el bolsón de Villa Unión. Otro sector que se destaca por sus altas probabilidades se desarrolla a unos 40km al suroeste de la ciudad de Villa Unión, sobre el valle de Guandacol y la ciudad que lleva el mismo nombre. Hacia el este de las Sierras de Famatina, el sector más idóneo se encuentra sobre el Valle de Antinaco, unos 30km al norte de la ciudad de Chilecito, y otros sitios más pequeños y también con buenas probabilidades, sobre el Bolsón de Chilecito, y los bajos de Santa Elena. En cuanto a las probabilidades intermedias, se destacan dos sitios al este de la Sierra de Velasco, sobre el Bolsón de Arauco y el Valle de Mazán, el cual se conecta hacia el norte con el Bolsón de Pipanaco.

En San Juan, las probabilidades más altas se encuentran sobre el Valle de Jáchal, ubicado al centro-norte de la provincia, entre las precordillera y las Sierras de Las Salinas y del Morado. Otros sitios con buenas probabilidades se distinguen en las zonas de Villa Mercedes, 15km al norte de San José de Jáchal, y de Huaco, 25km al este de la misma ciudad. En cuanto a las probabilidades intermedias, se destaca una amplia zona sobre el Valle del Río Bermejo, entre las Sierras de Las Salinas y del Valle Fértil, y una más pequeña hacia el este de esta misma sierra, sobre el pueblo de Usno, y en los alrededores del Río Los Talas. También, hacia el sur de la provincia, se observan sitios medianamente probables para el desarrollo de los algarrobales. Unos se ubican entre las Sierras del Morado y Villicun, y la Sierra de Pie de Palo, alrededor de la cual también se distribuyen; y otro al sureste de esta

última sierra, hacia el sur de la Ruta Nacional N°141, sobre la zona denominada Médanos Grandes.

Por último, en Mendoza encontramos varias zonas con probabilidades altas, unas se ubican al norte de la provincia, sobre la Travesía de Guanacache (Lavalle), hacia el sureste de la Ruta Nacional N°142; y otros sitios más pequeños más hacia el este, hasta el departamento de Las Heras, y en los alrededores del Arroyo Tulumaya y el Río Mendoza. En la parte central, se destacan probabilidades altas en el área de Ñacuñán en Santa Rosa, y de la Travesía del Tunuyán, en La Paz. En cuanto a probabilidades intermedias se distingue una zona a unos 40km al sur de la Ruta Nacional N°188, en el departamento de General Alvear, que se extiende hacia el este hasta el límite con la provincia de San Luis, y hacia oeste hasta los bañados del Río Atuel. Otros sitios medianamente probables, se encuentran a orillas el Río Diamante, en los alrededores del pueblo de Goudge, en San Rafael, y más hacia el este en el límite entre los departamentos de Alvear, La Paz, y la Provincia de San Luis.

Por último, cabe destacar también, que las zonas más idóneas en las diferentes provincias, se extienden a sus alrededores con menores probabilidades pero dentro de los valores intermedios. Por ejemplo, en el caso de Mendoza, el área de Telteca, se continúa hacia el sureste hasta conectarse con los bosques potenciales de La Paz; y para Ñacuñán, estas probabilidades se extienden desde el departamento de Rivadavia hasta conectarse con las que se encuentran en los alrededores de Goudge.

## **Comparación Bosques Actuales y Potenciales**

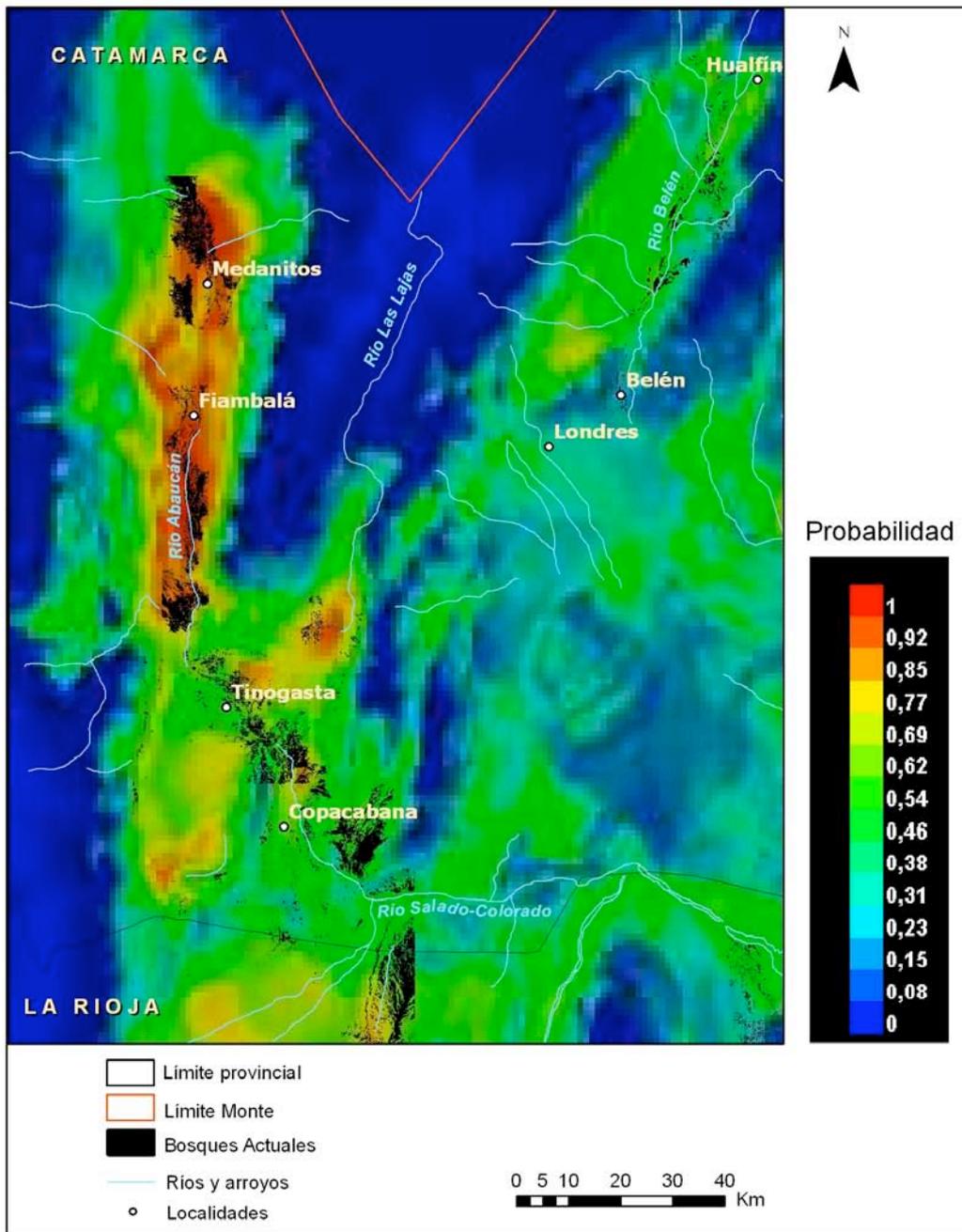
Comparando el mapa de distribución potencial obtenido (mapa 4), con las imágenes de los bosques actuales (mapa 6), podemos observar que en general, la mayor parte de estos últimos, se encuentran dentro del área potencial estimada, pero también hay sitios representados por las imágenes satelitales que no son considerados idóneos, o cuyas probabilidades no alcanzan niveles importantes. Como se dijo, existen en su mayoría, zonas potenciales no coincidentes con las imágenes de los bosques actuales, pero que han sido delimitadas en antiguas cartas topográficas como unidades boscosas. Cabe notar además, que en todos los casos se hallan zonas fragmentadas de los bosques actuales, en comparación con los potenciales, que concuerdan con el avance y desarrollo de las ciudades y pueblos más importantes de los diferentes bolsones.

A continuación, se intenta demostrar para cada bolsón o valle lo antes expuesto, pero se debe considerar que los bosques actuales se han determinado a partir de un cierto número de imágenes por lo que se observan cortes abruptos que en la realidad no existen, sino que éstos se continúan de manera más difusa, como bosques ralos.

Teniendo en cuenta las provincias del área de estudio, en Catamarca, al comparar ambos bosques, se observa que en el caso del bolsón de Fiambalá (mapa 8), el bosque actual se encuentra dentro de las zonas de mayor idoneidad, y es uno de los que mejor coincide, junto con Villa Unión (mapa 10), pero ocupa un área mucho más pequeña, lo que nos permite inferir que el bosque ha sufrido un retroceso debido a diversos factores. Esto podría explicarse a partir de investigaciones históricas, realizadas por Facundo Rojas (2008, inédito), en las cuales se relaciona la llegada del ferrocarril y el modelo productivo de la época con el desmonte de los

principales bosques, en los bolsones riojanos y catamarqueños. En este trabajo, en base a las estadísticas del Ferrocarril Argentino del Norte de la carga forestal transportada entre los años 1900 y 1942, y a los valores de biomasa forestal de Pipanaco, Rojas estima que la superficie total desmontada en el bolsón de Fiambalá-Tinogasta, fue de unas 697,19 has., y las zonas con mayor extracción de leña fueron Tinogasta, Copacabana y Salado, donde existían las estaciones de este medio de transporte, debido principalmente al consumo de leña y carbón para combustible del mismo y a la utilización de este recurso para la vitivinicultura. En la parte sur de este bolsón, vemos que justamente en los alrededores de estas antiguas estaciones, no se encuentran bosques actualmente a pesar de que potencialmente pueden estar y que según los hechos antes descriptos deberían haber existido. Otra prueba de esto son las cartas del Instituto Geográfico Militar (IGM) levantadas entre 1922 y 1937, las cuales marcan la existencia de bosques en esas zonas, aunque cabe aclarar que no se refieren a ninguna especie en particular.

Mapa 8: Comparación de los bosques potenciales y actuales de *Prosopis flexuosa* en Fiambalá y Belén (Catamarca)



Fuente: Mariana Perosa (2009), Pablo Villagra y Silvia Delgado (inédito)

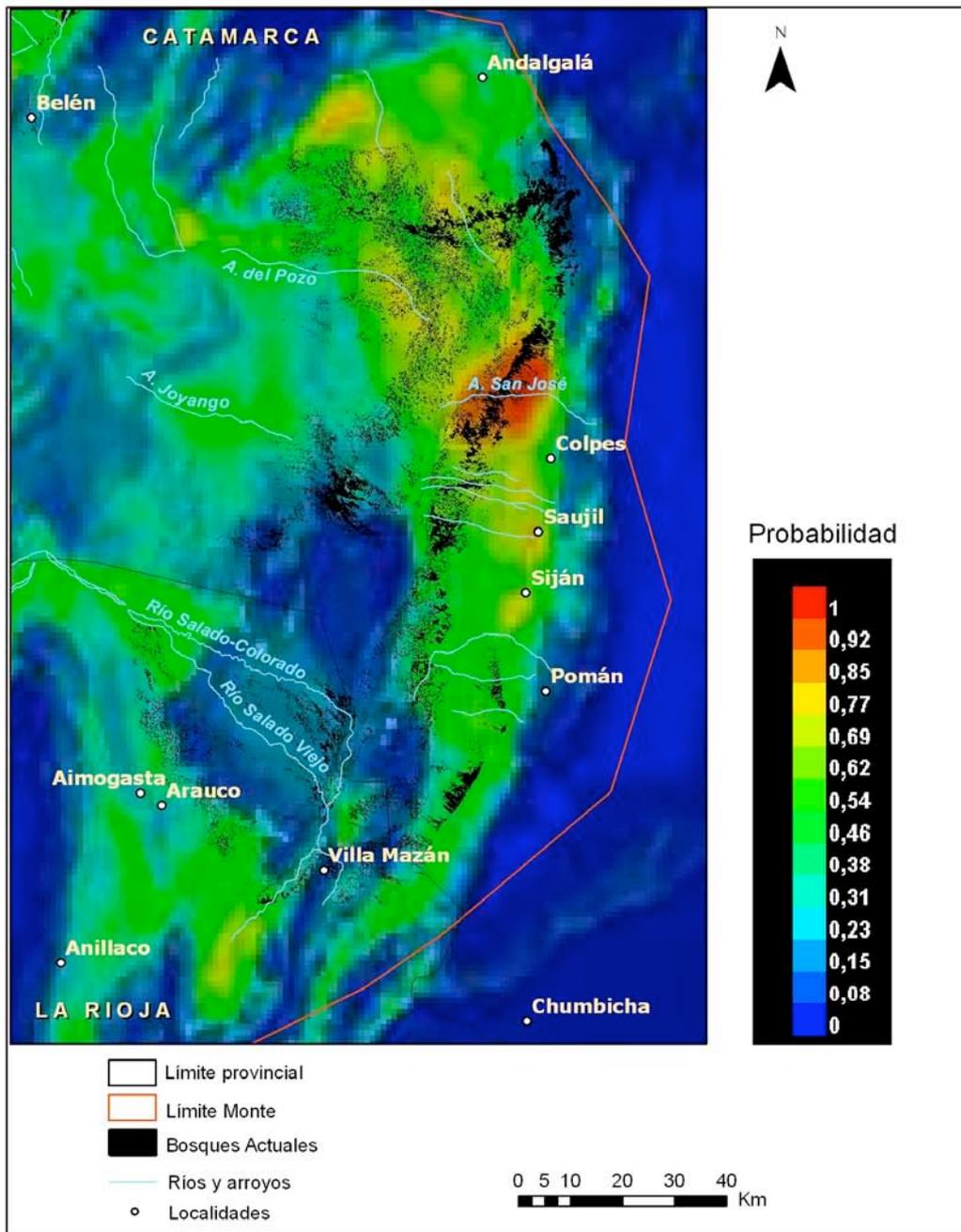
Una región con probabilidades intermedias, en la cual hoy en día no se observa mucho bosque, es la zona entre el pueblo de Hualfín y la ciudad de Belén (mapa 8). Pero comparando con imágenes de Google Earth (2009), se ven sobre todo hacia

el oeste de la Ruta Nacional N°40, al pie de la Sierra de Fiambalá, unidades de vegetación que nos indicarían la presencia de los mismos. Lo mismo ocurre con las cartas del IGM, en las cuales se destacan algunos bosquecillos en los alrededores de Belén.

En el caso de Pipanaco (mapa 9), vemos que la parte norte de este bolsón actualmente presenta bosques, sin embargo a unos 12km al suroeste de Andalgalá, los modelos marcan probabilidades de que ocurran bosques pero que en el presente no se observan. Lo mismo ocurre hacia el este, en el centro del bolsón. Rojas (2008), remarca que las estaciones con mayores extracciones en este bolsón fueron la de los pueblos de Colpes y Mollecitos seguidas por Andalgalá y Saujil, justamente los sitios donde hoy no hallamos bosques actuales, y que en nuestro mapa son zonas de existencia bastante probable.

Comparando la parte centro-sur de Pipanaco, encontramos zonas con bosques hacia el oeste del Salar, que según nuestro estudio no es probable la presencia de bosques de *Prosopis flexuosa*, lo cual podemos atribuir a la escasez e inexactitud de algunos datos como es el caso de los referidos a freática y suelos en este sector. A su vez, los sectores de este valle que continúan sobre la provincia riojana, entre la Villa Mazán y el pueblo de Aimogasta, presentan importantes valores potenciales, justamente donde Rojas (2008) explica que existieron bosques, pero seguramente por la cercanía a las estaciones del ferrocarril fueron desmontados para sus diversos usos.

**Mapa 9: Comparación de los bosques potenciales y actuales de *Prosopis flexuosa* en el Bolsón de Pipanaco (Catamarca)**



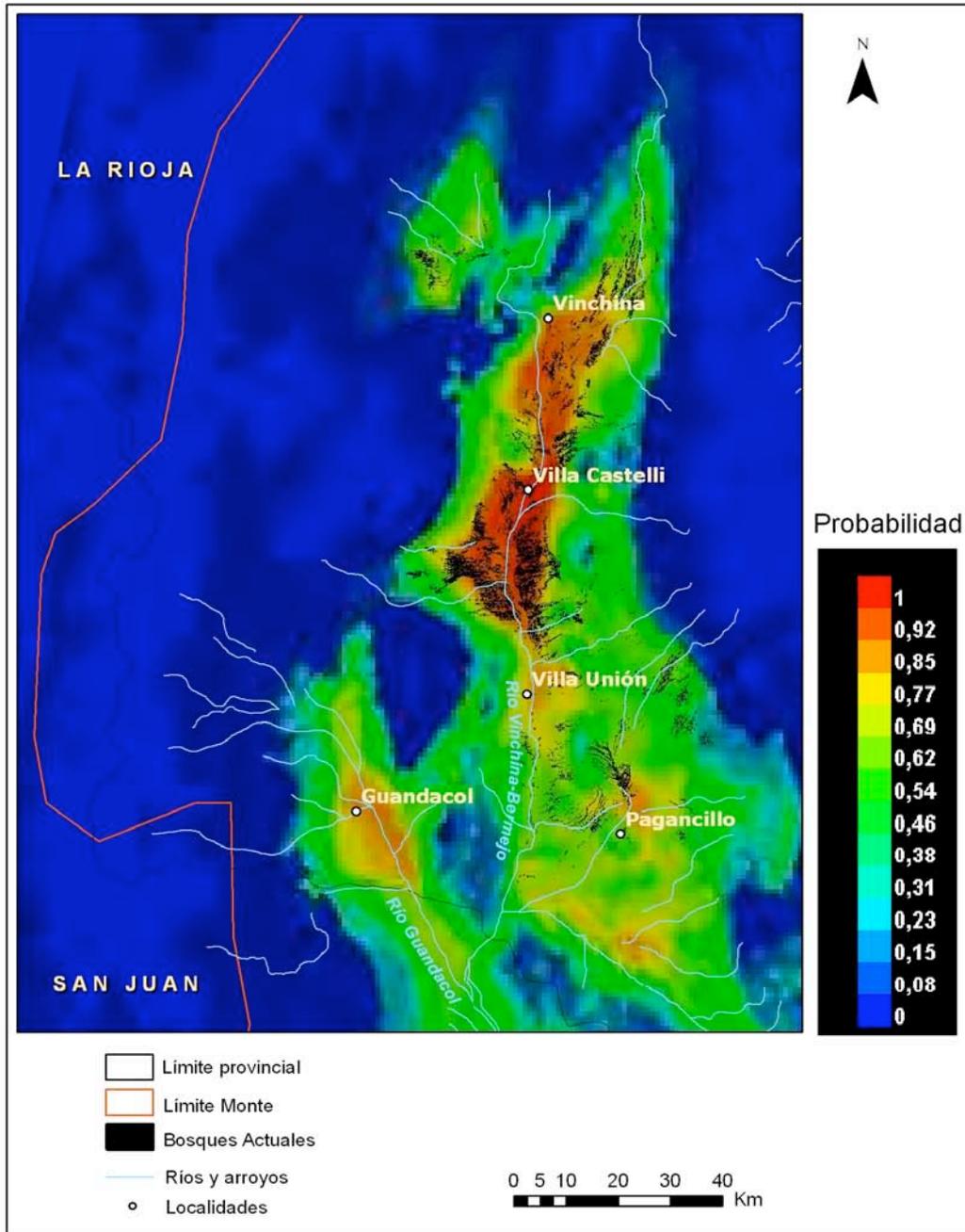
Fuente: Mariana Perosa (2009), Pablo Villagra y Silvia Delgado (inédito)

En La Rioja, los dos grandes bolsones con presencia de bosques en la actualidad, Chilecito y Villa Unión, se encuentran dentro del área potencial predicha por el modelo, pero nuevamente ésta supera a ambos en extensión, sobre todo hacia el

sur de los mismos, y en el caso del primero en la parte norte, donde se conectaría con el valle de Tinogasta-Fiambalá. En la zona de Villa Unión (mapa 10), podemos ver que en los sitios de mayor probabilidad persiste una importante masa boscosa, lo que puede explicarse también a través del informe del Ing. Pedro Bazán (1917), que se refiere a la explotación irracional en los extensos bosques en La Rioja, y dice que una de las “selvas” de algarrobos de esta provincia, la del valle de Vinchina, no fue arrasada en ese tiempo por los procesos de desmonte debido a la distancia a la que se encontraba, ya que en esta zona el ferrocarril no tenía acceso. Hacia el sur y suroeste, se observan zonas altamente probables en donde las imágenes actuales no muestran bosques. En las zonas de Guandacol y Pagancillo, si uno compara con las cartas del Instituto Geográfico Militar, se observan algunos bosques, por lo que debieron existir factores antrópicos o naturales que provocaron la ausencia actual forestal.

En el bolsón de Chilecito (mapa 11), como se dijo anteriormente, existen dos zonas que se destacan por sus diferencias entre lo potencial y lo observado realmente. La zona norte, entre el pueblo de Pituil y el límite con Catamarca, que serían sitios con probabilidades de medias a altas, no presenta actualmente bosques, pero según las cartas del IGM, se pueden observar unidades de vegetación (posibles bosques) que nos darían el indicio de que existieron procesos de deforestación posteriores.

**Mapa 10: Comparación de los bosques potenciales y actuales de *Prosopis flexuosa*, en el Bolsón de Villa Unión ( La Rioja )**



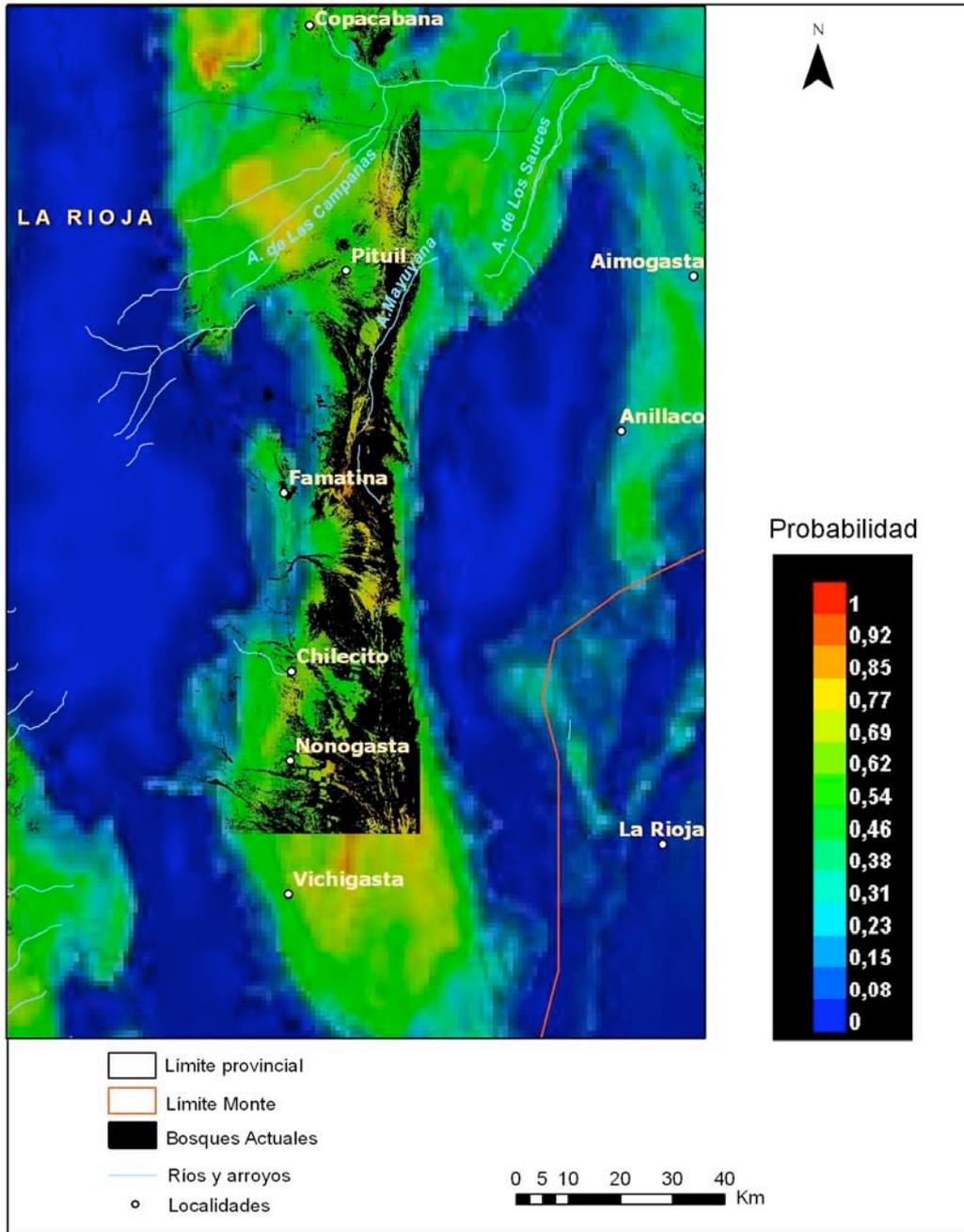
Fuente: Mariana Perosa (2009), Pablo Villagra y Silvia Delgado (inédito)

En la parte sur, en los alrededores del Campo Vichigasta, se ve que es una zona bastante idónea, pero como vemos la imagen actual de los bosques se corta de manera abrupta por debajo de Nonogasta y no nos indica existencia de los mismos.

En este caso, las cartas del IGM nos muestran como el bosque se continuaba hasta el Bajo de Carpintería (hacia el sur del bolsón), y a su vez, lo dicho por el Ing. Bazán en 1917, también nos confirma que en esta zona existía una “selva” que se extendía desde el mismo bajo hasta Santa Elena, al frente de Chilecito, y que sufrió una explotación por las mineras (como combustible). Por otra parte, Rojas (inédito) establece, según las estadísticas del Ferrocarril Argentino del Norte, que la estación de Vichigasta fue la que sufrió mayor extracción en el periodo de 1900 a 1942, en comparación a las demás estaciones del mismo bolsón. Sin embargo, a pesar de estos datos históricos, no se puede inferir algún grado de desmonte debido a que se desconoce la situación actual de los bosques para esta zona.

En general, Chilecito ha sido un bolsón bastante afectado, y esto no los demuestra las importantes diferencias entre lo real y lo potencial, sumado a imágenes antiguas y a hechos históricos. El bosque se encuentra muy fragmentado, por el avance de la población y a su vez porque fue muy afectado en el periodo estudiado por Rojas (1900-1942), en donde se estima que se desmontaron en los alrededores de las estaciones del ferrocarril (Vichigasta, Chilecito, Cabrecarril, Patquía, Nonogasta, etc.) unas 3418,8has. de bosques para diversos aprovechamientos (leña, carbón, postes, combustibles, mineras). En la parte central del valle, en los alrededores de Famatina, la poca presencia de bosques en la actualidad puede estar relacionada con la demanda de leña para combustible de la antigua mina La Mejicana, que funcionó oficialmente desde 1906 hasta 1915, pero se venía explotando desde antes (Rojas 2008, inédito).

**Mapa 11: Comparación de los bosques potenciales y actuales de *Prosopis flexuosa*, en el Bolsón de Chilecito ( La Rioja )**



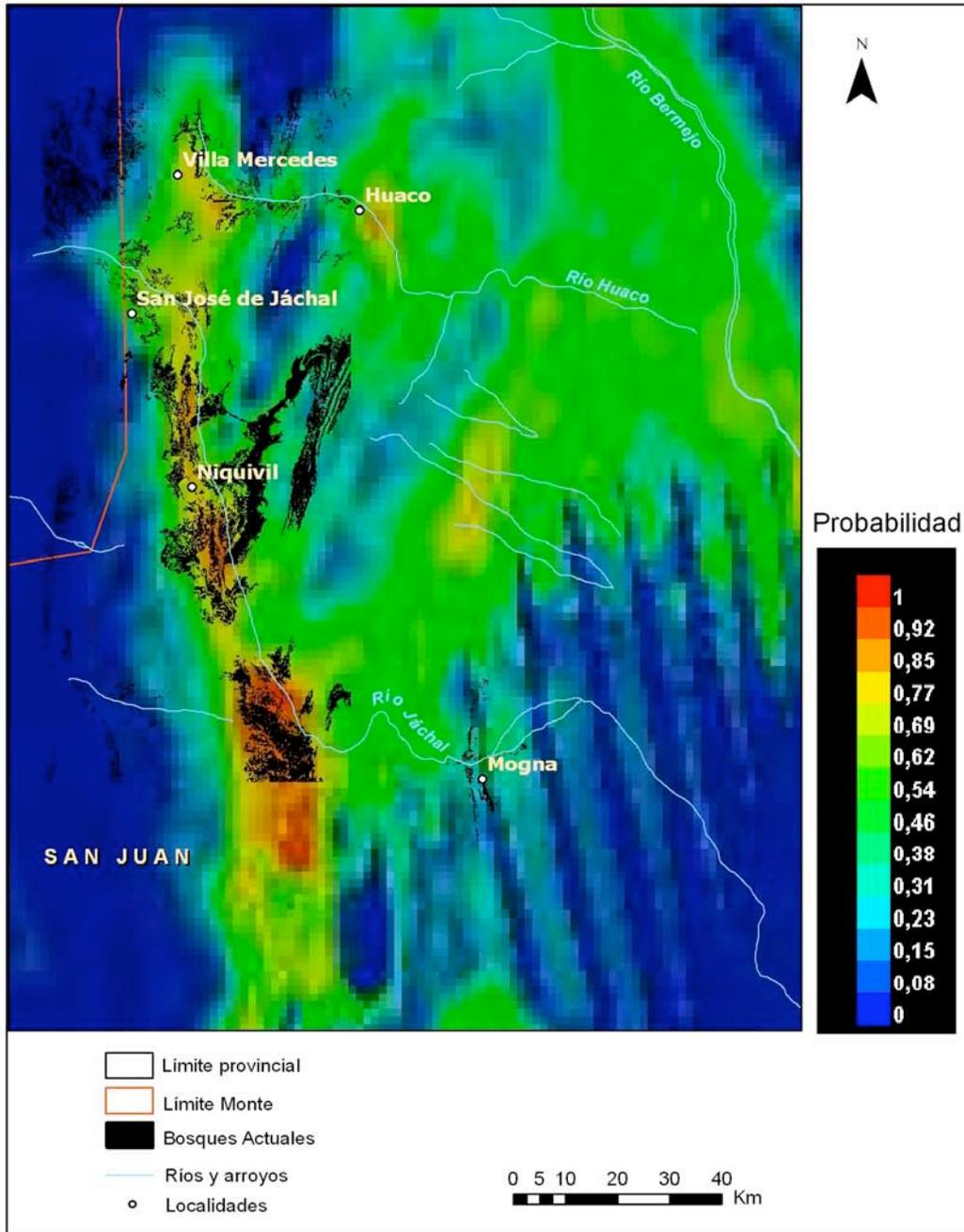
Fuente: Mariana Perosa (2009), Pablo Villagra y Silvia Delgado (inédito)

Según las estadísticas de la leña transportada por el ferrocarril en el periodo de 1900 a 1942, y la extracción de la misma en el bolsón de Chilecito, la Provincia de La Rioja fue la más afectada por el desmonte en relación a Catamarca, teniendo en

cuenta que las estaciones de Aimogasta y Mazán, que pertenecerían al bolsón de Pipanaco, se encuentran dentro de la provincia riojana (Rojas, inédito). Cabe agregar también, que en la actualidad en ambas provincias se le da un tipo particular de aprovechamiento al bosque. En Catamarca (Pipanaco, Fiambalá), la cantidad de madera producida por los algarrobos determina la potencialidad de los mismos para la industria del mueble, postes, carbón y leña. En La Rioja (Villa Unión, Villa Castelli), los pobladores realizan un manejo orientado a la producción de postes (extracción de postes a partir del diámetro requerido, entre 10 y 15cm de diámetro de rama y más de 2m de largo) (Villagra y Álvarez, datos no publicados). A esto se le debe sumar los efectos producidos por el sobrepastoreo y la agricultura, en las zonas bajo riego, que han producido grandes cambios en la vegetación nativa.

En San Juan, en el valle de Jáchal (mapa 12), se observa una coincidencia importante entre los bosques hoy presentes y las zonas más probables, pero nuevamente hay un corte abrupto en la imagen actual, sobre la Pampa de Tucunuco, a partir del cual no se observan bosques en la actualidad, pero que potencialmente se continuarían unos 40km hacia el sur, sobre los médanos de Tucunuco y en los alrededores de la Loma de Los Pozos. Al comparar esta región con las imágenes del Google Earth (2009), se pueden ver unidades de vegetación que podrían ser bosques de *Prosopis flexuosa*, y que justamente se desarrollan sobre los sitios antes dichos, cerca de la Ruta Nacional N°40. También hay que destacar, que las zonas más fragmentadas se corresponden con las ciudades de Villa Mercedes y Huaco. En el caso de la ciudad de Mogna, el modelo presenta bajas probabilidades, lo que concuerda con la imagen actual para este sitio, en el cual el área boscosa es de muy poca extensión.

**Mapa 12: Comparación de los bosques potenciales y actuales de *Prosopis flexuosa* en el Valle de Jáchal y Mogna (San Juan)**



Fuente: Mariana Perosa (2009), Pablo Villagra y Silvia Delgado (inédito)

En cuanto al estado actual de los forestales de Jáchal y Mogna, su fragmentación puede atribuirse en parte a los desmontes realizados durante el período de 1900 y

1942, en el que Rojas (2008, inédito) estima que la extracción total de leña para ambos sitios fue de 19.238 toneladas.

Una importante zona potencial en la provincia de San Juan, es la que se observa sobre el Valle del río Bermejo, y que sería una continuación hacia el sur del Bolsón de Villa Unión (La Rioja). Estos posibles bosques se pueden percibir, en menor extensión, y sobre todo sobre los márgenes del río Bermejo, en las cartas del Instituto Geográfico Militar.

En los alrededores de la sierra de Pie de Palo, hacia el oeste y sureste de la misma, se destacan dos zonas medianamente probables para el establecimiento de los bosques. Si entonces buscamos evidencias de los mismos, encontramos que hacia el norte de la ciudad de San Juan y oeste de la sierra, se desarrollan unos importantes arroyos que forman el Bañado de Crisolín, alrededor de los cuales en las imágenes de Google Earth se ven unidades de algún tipo de vegetación. En el caso de las cartas del IGM, estas no muestran presencia de bosques en esa zona, lo cual es posible también, ya que las probabilidades no son muy importantes.

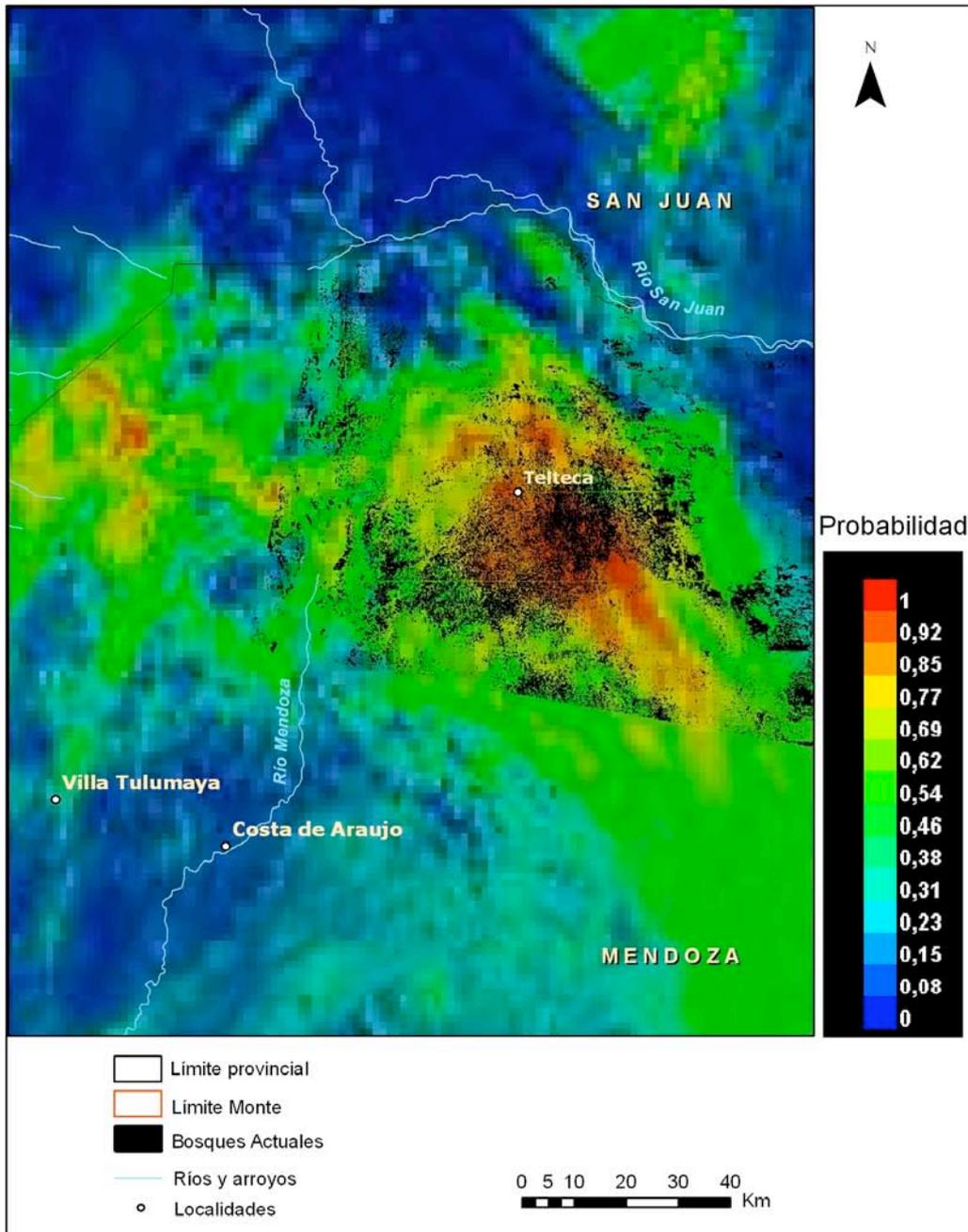
En cuanto al sector sureste de Pie de Palo, al sur de la localidad de Bermejo los bosques se desarrollarían sobre el área de Médanos Grandes, y esto es muy posible debido a que en cartas del IGM estos se ven registrados, y lo mismo ocurre con las imágenes de Google Earth que nos muestran que existe vegetación en zonas aledañas a estos médanos, sobre todo hacia el sureste de los mismos. Según Rojas, estos bosques fueron los más afectados en San Juan en la época del ferrocarril, y la extracción total de leña estimada fue de 258.978 toneladas.

Por último, en la provincia de Mendoza, tenemos cuatro sectores con muy buenas probabilidades que coinciden en parte con los bosques hoy presentes. Comenzando por el noreste, encontramos una importante coincidencia en el

departamento de Lavalle (mapa 13), teniendo en cuenta que los sectores más idóneos según nuestro mapa, se encuentran en una zona en donde se conoce que existen bosques, y que hoy está protegida en una pequeña porción (Reserva Telteca). En comparación a la imagen actual, podemos destacar que en ella se marcan zonas que no son consideradas potenciales, pero hay que tener en cuenta que estas representan dos tipos de bosques (denso y ralo), y que este caso haría referencia al tipo “ralo” (individuos aislados). Una región muy importante a resaltar es la que se encuentra entre el departamento de Lavalle y el de Las Heras, sobre la Ruta Nac. N°40. Ésta presenta altas probabilidades para la presencia de bosques, y según imágenes actuales, estos no se encuentran. Prieto *et al.* (2003), hacen referencia a los bosques de Guanacache, y dicen que se habrían iniciado a unos 20 o 25km al norte del área fundacional de Mendoza, aproximadamente la misma distancia a la misma ciudad, en donde se observa el comienzo de nuestra zona potencial, lo que indicaría que es una zona propicia para el desarrollo de los mismos. La misma autora, sostiene que en el periodo de ferrocarril (1900-1942), los bosques que proveían de leña las estaciones de Tropero Sosa, Capdeville, Jocolí, etc. (en Mendoza) y Ramblón y Retamito (en San Juan); eran comunidades que existieron en una franja que partía de los bordes norte de la antigua Cienaga (ubicada en lo actual Guaymallén y Maipú), y se continuaban en los márgenes del Arroyo Tulumaya, formando bosques en galerías.

Para el mismo periodo, Rojas estima que el total de leña extraída en esta región de Tulumaya-Guanacache fue de 138.532 toneladas. Y también aclara que el ferrocarril en el departamento de Lavalle se instaló a finales de 1930, y por tal razón la tala en esa zona fue mucho menor, a la de las anteriores.

**Mapa 13: Comparación de los bosques potenciales y actuales de *Prosopis flexuosa* en la zona de Telteca (Mendoza)**

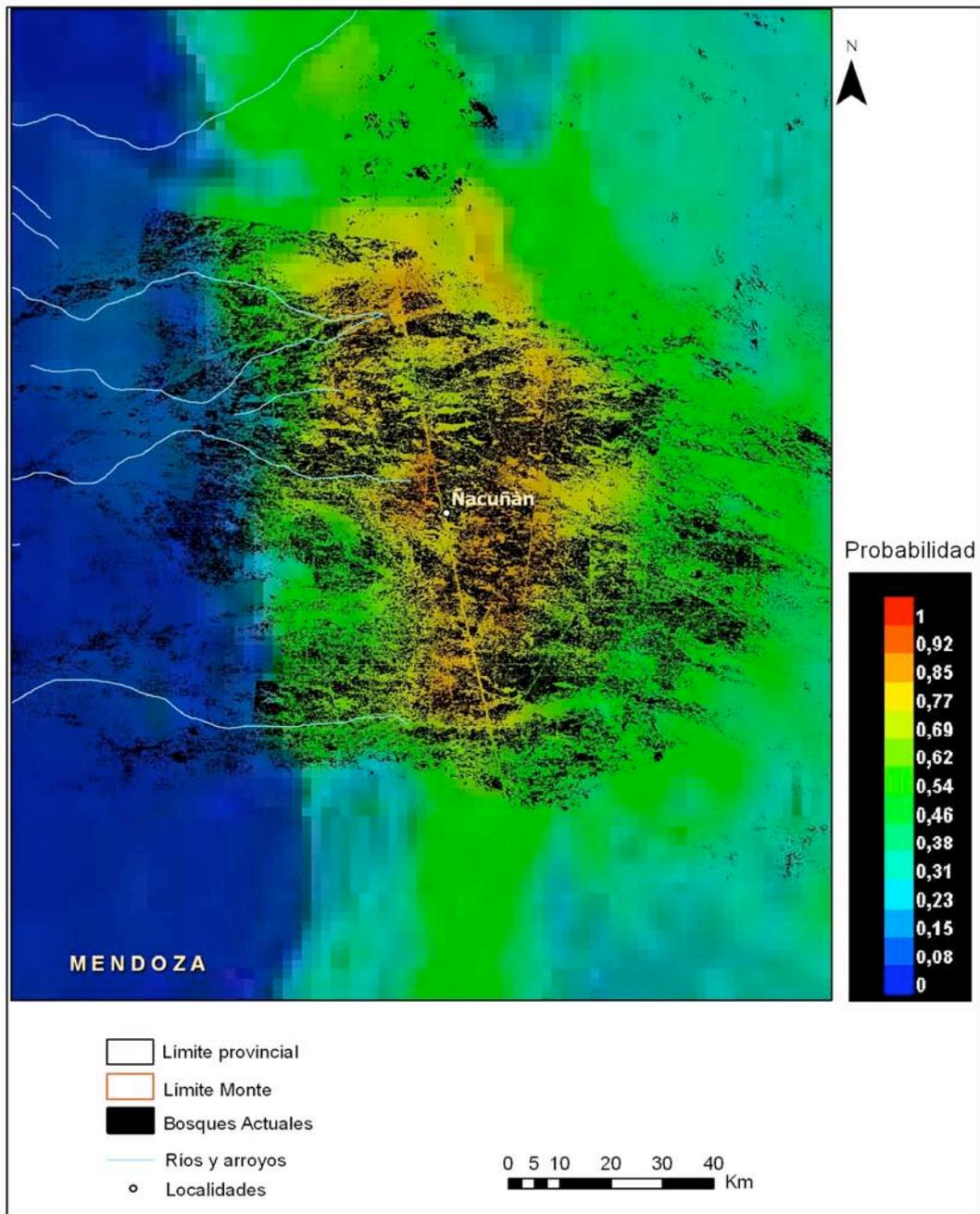


Fuente: Mariana Perosa (2009), Margarita González Loyarte (2000)

En la parte central del monte mendocino se presentan actualmente dos sitios boscosos, uno en el departamento de Santa Rosa (mapa 14) y otro en el de La Paz (mapa 15). El primero es más conocido, ya que parte del mismo está protegido

como Reserva de Biófera de Ñacuñán (1961). El caso del segundo es distinto, y es un sitio que está siendo recientemente estudiado. Como podemos ver en el mapa potencial, tenemos de nuevo una coincidencia importante de las zonas de mayor probabilidad con las imágenes satelitales, pero también sitios marcados por estas últimas que no están dentro de los idóneos, y que podría deberse a las mismas razones antes dichas.

**Mapa 14: Comparación de los bosques potenciales y actuales de *Prosopis flexuosa* en la zona de Nacuñán (Mendoza)**

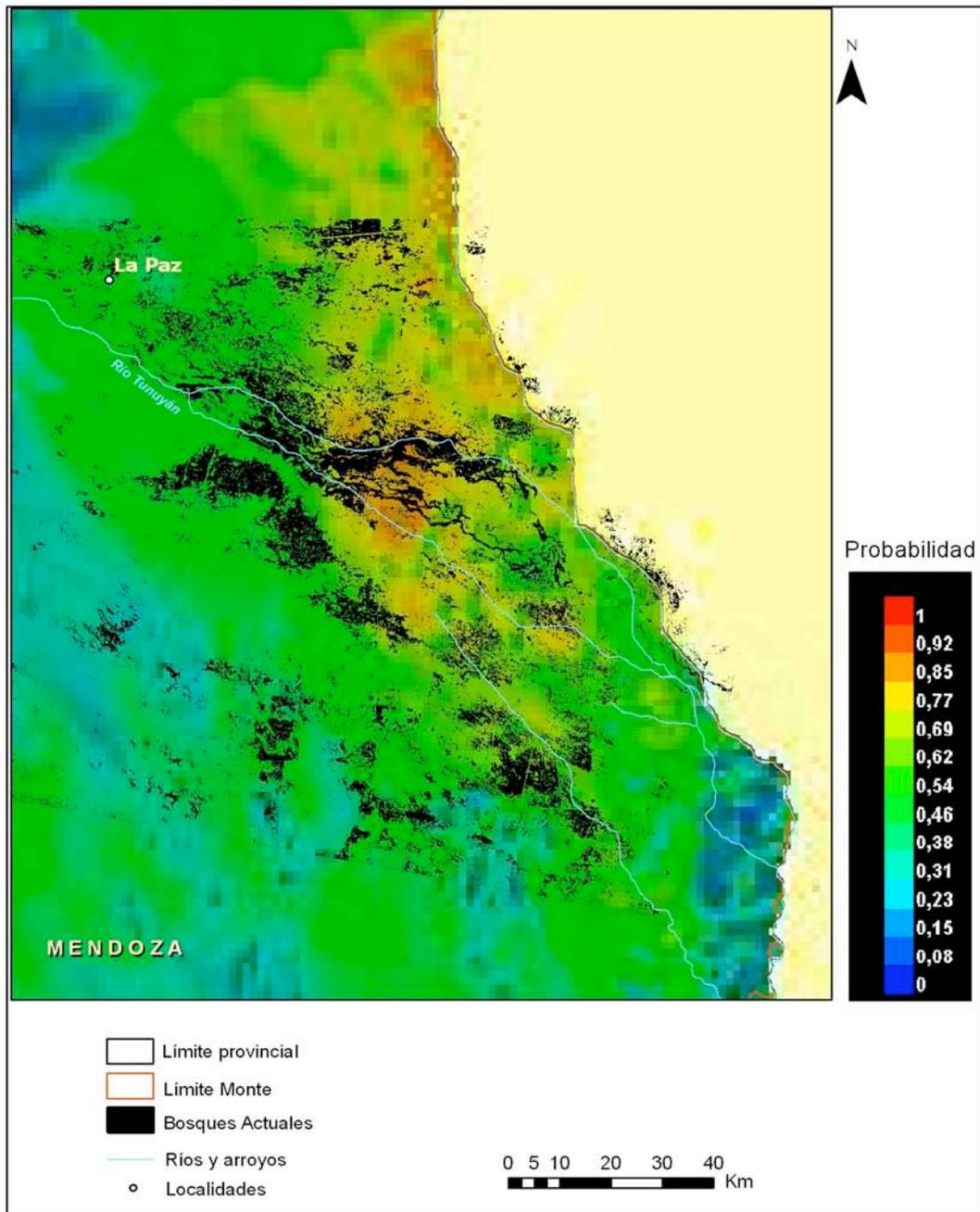


Fuente: Mariana Perosa (2009), Margarita González Loyarte (2000).

Es necesario destacar la franja con probabilidades intermedias que se extiende desde el área Telteca y se une a los bosques de la Paz. Ésta no está considerada como bosques actuales y deberían realizarse estudios al respecto, para saber si

existen realmente o para conocer el porqué de la ausencia de los mismos si no fuese así.

**Mapa 15: Comparación de los bosques potenciales y actuales de *Prosopis flexuosa* en la zona de La Paz (Mendoza)**



Fuente: Mariana Perosa (2009), Rojas (inédito)

Existen evidencias históricas de la antigua presencia de bosques en estas zonas, las cuales se citan en el trabajo de Abraham y Prieto (1999) y en el de Prieto *et al.* (2003). Así mismo, se conocen los excesivos desmontes que sufrieron estas zonas a fines del siglo XIX, con el establecimiento de la industria vitivinícola y por responder a la demanda del mercado interno, y que se vieron favorecidos por la instalación del ferrocarril en Santa Rosa y La Paz. Entre las estaciones de Desaguadero, La Paz, Las Catitas, La Dormida, Santa Rosa y Gobernador Cívico, que conformaban el ramal este, se extrajeron 358.211 toneladas de carbón, leña, y madera entre los años 1900 y 1935 (Abraham y Prieto, 1999). A este periodo de actividad forestal, cabe agregar el consiguiente avance de la actividad ganadera, que también pudo tener influencia en la disminución de la cobertura boscosa.

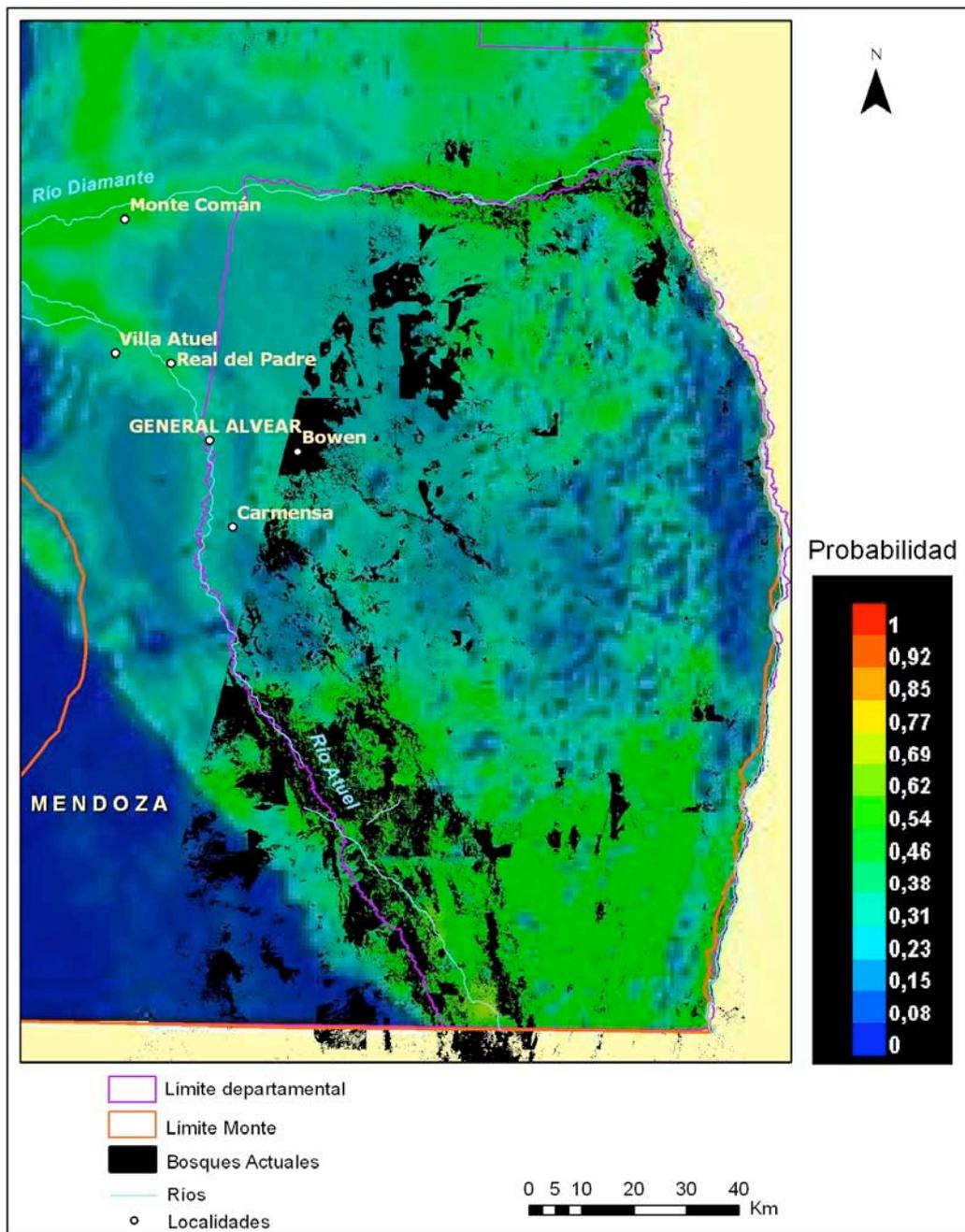
Continuando con el trabajo de Abraham y Prieto podemos hacer referencia al ramal sur, al cual pertenecían las estaciones de Pichi Ciego, Ñacuñán, Arístides Villanueva, Comandante Salas y Guadales, de las cuales se extrajeron 491.711 toneladas de productos forestales, y que se encontraban en sitios donde tenemos buenas probabilidades de ocurrencia de los bosques (hacia el norte y sur de la Reserva de Ñacuñán).

En los alrededores del actual oasis sanrafaelino (Monte Comán, Goudge y Villa Atuel), notamos unos pequeños sitios de bajas probabilidades, que se continúan hasta áreas intermedias hacia el este (límite con San Luis), sobre los márgenes del Río Diamante, y que no se registran en las imágenes actuales. Buscando hechos históricos (Prieto y Abraham, 1998) que nos confirmen una posible presencia de bosques en esta zona, podemos afirmar que los mismos existieron formando los denominados “bosques en galería”, en donde dominaba *Prosopis flexuosa* alternando con chañares (*Geoffroea decorticans*) y caldenes (*Prosopis caldenia*). Incluso existen lugares, en los alrededores del Río Diamante, con nombres

referidos a estas especies, como la “Estancia Paso del Algarrobo” y el “Puesto El Algarrobo” que nos aseguran una antigua existencia de los mismos.

En General Alvear (Mapa 16), tenemos un caso particular. La imagen del bosque actual, abarca mayor área que la potencial, sobre todo en la región central del departamento, en la Pampa de la Varita. La zona más propicia (probabilidades intermedias) sería el suroeste del mismo, sobre los bañados del Río Atuel, lo que es muy probable por la presencia de agua superficial. Se extiende hacia el sureste, hasta el Río Salado, cubriendo un área de médanos, que sería adecuada para los bosques. Si comparamos con cartas del IGM para el año 1992, éstas no nos muestran unidades de vegetación en los medanales, pero sí en las demás zonas potenciales. Además, los posibles bosques se visualizan hacia el norte del departamento, lo que nos continúa afirmando que existieron bosques en esa región (márgenes del Río Diamante). Ahora, tomando nuevamente evidencias históricas, éstas no nos indican la existencia de bosques en un pasado para este sitio, pero sí para los alrededores del Río Atuel, por lo que no podríamos relacionarlo con posibles desmontes. Esto, por lo tanto, nos permite pensar en una serie de hipótesis para futuras investigaciones, que estarían relacionadas con la influencia de otros factores climáticos, con el manejo del fuego o con la incidencia del sobrepastoreo presente en el lugar, en el establecimiento de los bosques.

Mapa 16: Comparación de los bosques potenciales y actuales de *Prosopis flexuosa*, en la zona de General Alvear (Mendoza)



Fuente: Mariana Perosa 2009 y Erica Cesca 2004

Finalmente, es importante destacar que se ha realizado una comparación muy general entre los posibles sitios idóneos para los bosques de *Prosopis flexuosa*, y aquellos en los que realmente se encuentran. En la misma, se ha tratado de buscar

razones para las diferencias encontradas, relacionando estas con hechos históricos. Pero es muy importante tomar en consideración los procesos que se han producido desde los años 40 en adelante, como el avance de la población, de la agricultura y el consecuente crecimiento en los oasis de todas las provincias. Como así también los sucesos favorables como la sanción de leyes provinciales, como en el caso de Mendoza (según Resolución 854/85) que frenan la extracción de leña (salvo bajo un Plan Dasocrático de la Dirección de Recursos Naturales), la importancia del manejo de los bosques y la creación de áreas protegidas, que como se sabe en Mendoza éstas cubren pequeñas superficies, pero que en comparación con otras zonas con bosques de *Prosopis flexuosa* en el Monte, es una provincia muy avanzada. Y a todo esto, se suman un montón de procesos antrópicos o naturales que pueden haber influido o estar influyendo en la distribución actual de los “algarrobales” en el Monte, y que pueden ser estudiados a futuro.

#### 4. 4. Discusión

Los modelos de distribución potencial de las especies son una herramienta muy útil en el ámbito de los recursos naturales, ya que nos permiten establecer criterios de conservación y manejo a futuro. Es importante recordar que en este trabajo se realizó la distribución de los bosques de algarrobo y no de la especie en sí, lo cual es una novedad en el uso de estos algoritmos y un aporte metodológico a tener en cuenta.

El software Maxent, utilizado en este trabajo, ha sido evaluado y elegido entre diferentes métodos de modelado, como uno de los de mejor rendimiento (Elith *et al.*, 2006; Tognelli *et. al.*, 2009), y según los resultados obtenidos en este trabajo (AUC=0.964), éste predice correctamente la distribución potencial de los bosques de *Prosopis flexuosa*.

En el mapa promedio resultante, se observa una amplia región idónea para la distribución de los bosques, en la cual los sitios de mayor probabilidad coinciden con los puntos de observación utilizados en el modelo, lo que nos asegura un correcto funcionamiento de Maxent. Esta distribución a su vez, presenta sus mayores probabilidades en la región septentrional del Monte, que es también el sitio donde se encuentran las mayores áreas boscosas reales según Villagra *et al.* (2004).

Según el procedimiento *Jackknife*, la temperatura media del trimestre más frío (Bio 11) sería la variable que más estaría influyendo en la distribución de los bosques, seguida de la temperatura mínima del mes más frío (Bio 6). Éstas serían importantes considerando que están relacionadas con los periodos de heladas que pueden afectar el crecimiento de la especie, quizás por algún daño producido sobre la yema apical (Fisher, 1977).

Las variables no climáticas más importantes resultaron ser Subórdenes de suelos y Freática. En relación a esta última, es importante destacar que aporta mucho más en comparación con la precipitación anual, o sea que la presencia de agua subterránea cercana a la superficie, estaría determinando la existencia de bosques sobre todo en zonas en donde la precipitación es más escasa, como sucede en el norte hasta la zona de Telteca. Esto se puede corroborar con estudios realizados por Morello (1958), quien afirma que en el Monte, los árboles de *Prosopis flexuosa* no pueden crecer independientemente de una capa de freática accesible en zonas donde la precipitación es menor a 350mm al año. En el caso de los subórdenes, las regiones con mayor probabilidad para la ocurrencia de bosques coinciden con suelos de tipo psamentes (arenosos) en las provincias de San Juan y Mendoza, aunque en esta última, en el área de Ñacuñán encontramos el suborden Ortentes, al igual que en la mayor parte del monte desde Catamarca hasta San Juan. Ambos tipos de suelos pertenecen al orden Entisoles, típico del Monte. Según estudios realizados al respecto, el tipo de suelo y su textura son de importancia en el establecimiento y crecimiento de los árboles, debido a que controlan la disponibilidad del recurso hídrico (Noy-Meir, 1973), influyen en la penetración de la raíz (Brar y Palazzo, 1995) y afectan la germinación de semillas en lo que respecta a su acumulación y absorción de dióxido de carbono (Vilela y Ravetta, 2001).

En comparación con los bosques actuales, la mayor parte de éstos se encuentran dentro del área potencial estimada, pero también hay sitios representados por las imágenes satelitales que no son considerados idóneos, o cuyas probabilidades no alcanzan niveles importantes. Éstos podrían ser áreas de bosques ralos (15 a 20 % de cobertura de *Prosopis flexuosa*) o bosques que no fueron considerados en el entrenamiento del modelo.

En las cuatro provincias en estudio se hallan zonas fragmentadas de los bosques actuales, en comparación con los potenciales, que concuerdan con el avance y desarrollo de las ciudades y pueblos más importantes de los diferentes bolsones. Al relacionarse esto con el periodo estudiado por Rojas (2008, inédito), en el cual se relaciona la llegada del ferrocarril con el desmonte de los principales bosques del monte, encontramos zonas o lugares consideradas idóneas por el modelo, en las cuales hoy en día no existen bosques, y que en ese periodo fueron muy afectadas por el proceso de modernización de principios de siglo XX, a partir de los forestales extraídos en torno a las estaciones ferroviarias.

Otra forma de comprobar la antigua existencia de bosques, es a través de las cartas topográficas realizadas por el Instituto Geográfico Militar, en su mayoría levantadas entre 1922 y 1937, en las cuales se remarcan unidades de vegetación que podrían ser boscosas, y que coinciden a su vez con las áreas más idóneas determinadas por el modelo.

Cabe destacar, que al comparar ambos bosques, existen zonas (como Pipanaco y General Alvear), en las cuales las imágenes de los bosques actuales abarcan áreas no potenciales. Como se dijo en el Capítulo IV, esto podría deberse a la ausencia de datos de freática y de suelos para el caso de la parte sur del bolsón de Pipanaco, como así también a la influencia de otras variables, como la salinidad, que no fueron consideradas en este trabajo, y que pueden ser la puerta a futuras investigaciones. En el caso de los bosques alvearenses, las bajas probabilidades en el mapa potencial, nos dan la idea de que estaría influyendo otra variable no considerada, como pueden ser los incendios que existen continuamente en el sitio, y de los cuales se están realizando investigaciones actualmente. Pero también se puede deber a la menor cantidad de puntos de presencia para esta zona, en

relación a otras. Esto, a futuro, se podría analizar de manera más precisa mediante la realización de modelos locales para cada bolsón.

Finalmente, teniendo en cuenta el marco de la Ley 26.331 de Bosques Nativos, este trabajo es de suma importancia para considerar en el establecimiento de categorías de manejo para el ordenamiento territorial de los bosques de *Prosopis flexuosa*. A su vez, nos permite establecer áreas prioritarias de conservación, y zonas posiblemente idóneas para futuros planes de reforestación.

Otro aspecto importante a tener en cuenta en el uso de modelos de distribución potencial, es que pueden aportar información sobre escenarios de cambio climático, ya que las mismas variables ambientales han sido estimadas para años futuros y se encuentran disponibles en diversos sitios como World Clim. Se podría entonces modelar cómo se comportaría el bosque de *Prosopis flexuosa*, al modificarse las variables climáticas que más influyen en su distribución.

## CAPÍTULO V: BIBLIOGRAFIA

### 5. 1. Bibliografía citada

ABRAHAM, E. M., H. F. DEL VALLE, F. ROIG, L. TORRES, J. O. ARES, F. CORONATO Y R. GODAGNONE. 2009. Overview of the geography of the Monte Desert biome (Argentina) In: J. B. Cavagnaro, P. E. Villagra, M. B. Bertiller y A. J. Bisigato (Eds.), pp. 144-153, Special Issue: Deserts of the World Part III: The Monte Desert - The Monte. *Journal of Arid Environments* 73(2).

ABRAHAM, E. M. Y M. R. PRIETO. 1999. Vitivinicultura y desertificación en Mendoza. En: B. García Martínez (Comp.). *Estudios de historia y ambiente en América: Argentina, Bolivia, México, Paraguay*. IPGH - Colegio de México. México

ABRAHAM DE VÁZQUEZ, E. M. Y M. R. PRIETO. 1981. Enfoque diacrónico de los cambios ecológicos y de las adaptaciones humanas en el NE. árido mendocino. En: J.C. Ruiz (Ed.). *Cuaderno N° 8*. 108-139. CEIFAR-CONICET-UNC. Mendoza.

ABRAHAM, E. M. Y F. RODRIGUEZ MARTÍNEZ (eds.). 2000. *Argentina: Recursos y Problemas Ambientales de la Zona Árida*. Provincias de Mendoza, San Juan y La Rioja. 29-48. Junta de Gobierno de Andalucía. Universidades y Centros de Investigación de la Región Andina Argentina, Mendoza.

ÁLVAREZ, J. A. 2008. Bases ecológicas para el manejo sustentable del bosque de algarrobos (*Prosopis flexuosa* D.C.) en el noreste de Mendoza. Argentina. Universidad Nacional del Comahue, Bariloche (Argentina).

ÁLVAREZ, J. A., P. E. VILLAGRA, M. A. CONY, E. M. CESCA Y J. A. BONINSEGNA. 2006. Estructura y estado de conservación de los bosques de

*Prosopis flexuosa* D.C. (Fabaceae, subfamilia: Mimosoideae) en el noreste de Mendoza (Argentina). Revista Chilena de Historia Natural, 79: 75-87.

ANDERSON, R. P., D. LEW Y A. T. PETERSON. 2003. Evaluating predictive models of species distributions: criteria for selecting optimal models. Ecological Modelling, 162: 211-232.

ASOCIACIÓN ARGENTINA DE AMIGOS DE LA UNIVERSIDAD BEN GURION. Programa de Servicios Agrícolas Provinciales (PROSAP). Programación del Desarrollo Agropecuario (EPDA). AM-N-A-10. Estudio de Relevamiento y Evaluación de los Recursos Hídricos en Zonas Áridas de la Provincia de Catamarca. Contratación N° A-10-S-01/05. Informe Final. Buenos Aires, Noviembre 2006.

BAZÁN, P. 1917. Informe: "La explotación de los bosques en la República Argentina".

BENITO DE PANDO, B. Y PEÑAS DE GILES, J. 2007. Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica. GeoFocus (Artículos), nº 7, p. 100-119, ISSN: 1578-515. [http://geofocus.rediris.es/2007/Articulo6\\_2007.pdf](http://geofocus.rediris.es/2007/Articulo6_2007.pdf)

BRAR, G. S. y A. J. PALAZZO. 1995. Shoot a roof development of tall and hard fescues in two different soils. J Environ Qual, 24:771-781.

BURKART, A. E. 1976. A monograph of the genus *Prosopis* (Leguminosae subfam. Mimosoideae). Journal of the Arnold Arboretum, 57: 219-249; 450-455.

BURKART, R., N. BÁRBARO, R. O. SÁNCHEZ Y D. A. GÓMEZ. 1999. Ecorregiones de la Argentina. Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable, APN, PRODIA. Buenos Aires, 43 pp.

CABRERA, A. L. 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. En: W.F. Kugler (Ed.). Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo 2 Fascículo 1:85pp. Buenos Aires.

CARPENTER, G., A. N. GILLISON Y J. WINTER. 1993. DOMAIN: a flexible modelling procedure for mapping potential distributions of plants and animals. *Biodiversity and Conservation*, 2: 667-680.

CEI, J. M. Y V. G. ROIG. 1974. Fauna y ecosistemas del oeste árido argentino. II Anfibios de la provincia de Mendoza. *Deserta*, 4: 141-146.

CESCA, E., P. E. VILLAGRA, J. A. ALVAREZ Y M. A. CONY. 2004. Estructura de los algarrobales en una zona afectada por incendios del sudeste de Mendoza. II Reunión Binacional de Ecología, XXI Reunión de la Sociedad Argentina de Ecología, XI Reunión de la Sociedad Chilena de Ecología. Mendoza.

CONY, M. A. Y S. O. TRIONE. 1996. Germination with respect to temperature of two Argentinian *Prosopis* species. *Journal of Arid Environment* 33:225-236.

EHRlich, P. R. Y A. H. EHRlich. 1981. *Extinction*. Ballantine, New York.

ELITH, J., C. H. GRAHAM, R. P. ANDERSON, M. DUDIK, S. FERRIER, A. GUI SAN, R. J. HIJMANS, F. HUETTMANN, J. R. LEATHWICK, A. LEHMANN, J. LI, L. G. LOHMANN, B. A. LOISELLE, G. MANION, C. MORITZ, M. NAKAMURA, Y. NAKAZAWA, J. M. OVERTON, A. T. PETERSON, S. J. PHILLIPS, K. S. RICHARDSON, R. SCACHETTI-PEREIRA, R. E. SCHAPIRE, J. SOBERÓN, S.

WILLIAMS, M. S. WISZ Y N. E. ZIMMERMANN. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29: 129-151.

FAGG, C. W. Y J. L. STEWART. 1994. The value of *Acacia* and *Prosopis* in arid and semiarid environments. *Journal of Arid Environment*, 27: 3-25.

FERRER, A. 1998. *El Capitalismo argentino*. Editorial FCE. Buenos Aires.

FERRIER, S. Y A. GUISAN. 2006. Spatial modelling of biodiversity at the community level. *Journal of Applied Ecology*, 43, pp. 393-404.

FIELDING, A. H. Y J. F. BELL. 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*, 24(1): 38-49. Foundation for Environmental Conservation.

FISHER, C. E. 1977. Mesquite and modern man in Southwestern North América. En Simpson, B.B. Editor. *Mesquite, Its biology in two desert ecosystems*. Stroudsburg, Pennsylvania, pp. 177-188.

GASPARRI, N. I. Y H. R. GRAU. 2006. Patrones regionales de deforestación en el subtrópico argentino y su contexto ecológico y socioeconómico. En: Brown, A. D., U. Martínez Ortiz, M. Acerbi, y J. Corchera (Eds.), *Situación Ambiental Argentina 2005*. Fundación Vida Silvestre, Buenos Aires, pp. 442-446.

GASPARRI, N. I., H. R. GRAU Y E. MANGHI. 2008. Carbon Pools and Emissions from Deforestation in Extra-Tropical Forests of Northern Argentina Between 1900 and 2005. *Ecosystems*, 11: 1247-1261.

GONZALEZ-LOYARTE, M. M., E. MARTINEZ CARRETERO y F. A. ROIG.1990. Forest of *Prosopis flexuosa* var. *flexuosa* (Leguminosae) in the NE of Mendoza. I.

Structure and Dynamism in the Area of the "Telteca Natural Reserve". Documents Phytosociologiques XII: 285-289, Camerino, Italia.

GONZÁLEZ-LOYARTE, M. M., M. MENENTI, P. WEIDEMA, F. A. ROIG Y M. BARTON. 2000. Mapping vegetation degradation applying remotely sensed data in the arid zones of Argentina. The northeastern plain of Mendoza. Proceedings of United Nations/International Astronautical Federation Workshop on "Operational Strategy for Sustainable Development using Space". United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space and Office for Outer Space Affairs, Sao José dos Campos, Brazil. 175 pp.

GUEVARA, J. C., C. R. STASI Y O. R. ESTEVEZ. 1996. Effect of cattle grazing on range perennial grasses in the Mendoza plain, Argentina. *Journal of Arid Environment*, 34: 205-213.

GUEVARA, J. C., C. R. STASI, C. F. WUILLOUD Y O. R. ESTEVEZ, 1999. Effects of fire on rangeland vegetation in south-western Mendoza plains (Argentina): composition, frequency, biomass, productivity and carrying capacity. *Journal of Arid Environments*, 41: 27-35.

GUISAN, A., S. B. WEISS Y A. D. WEISS. 1999. GLM versus CCA: Spatial modelling of plant species distributions. *Plant Ecology*, 143, 107-122.

GUISAN, A. Y N. E. ZIMMERMANN. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135: 147-186.

GUISAN, A., T. C. EDWARDS Y T. HASTIE. 2002. Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. *Ecological Modelling*, 157: 89-100.

HIJMANS, R. J, S. E. CAMERON, J. L. PARRA, P. G. JONES Y A. JARVIS. 2005. Very High Resolution Interpolated Climate Surfaces for Global Land Areas. *International Journal of Climatology*, 25: 1965-1978. Published online in Wiley InterScience ([www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com)). DOI: 10.1002/joc.1276.

HIJMANS, R. J., L. GUARINO, C. BUSSINK, P. MATHUR, M. CRUZ, I. BARRANTES Y E. ROJAS. 2004. DIVA-GIS. A geographic information system for the analysis of biodiversity data (Manual). [www.diva-gis.org](http://www.diva-gis.org).

HIRZEL, A. H. Y A. GUISAN. 2002. Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modelling? *Ecological Modelling*, 157: 331-341.

HIRZEL, A. H., J. HAUSSER, D. CHESSEL Y N. PERRIN. 2002. Ecological-niche factor analysis: How to compute habitat-suitability maps without absence data?. *Ecology*, 83, pp. 2027-2036.

HIRZEL, A. H., J. HAUSSER Y N. PERRIN. 2000. Biomapper 2.0. Laboratory for Conservation Biology, University of Lausanne.

HOLDREN, J. P. Y P. R. EHRLICH. 1974. Human population and the global environment. *American Scientist*, 62: 282-292.

HORTAL, J. Y J. M. LOBO. 2002. Una Metodología para predecir la Distribución Espacial de la Diversidad Biológica. Museo Nacional de Ciencias Naturales (C.S.I.C.). Departamento de Biodiversidad y Biología Evolutiva. Madrid.

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR. Cartas topográficas digitalizadas de la República Argentina, levantadas entre 1922 y 1937, compiladas y editadas desde el año 1941 hasta 1992.

INTA/CIRN. 1990. Atlas de suelos de la República Argentina. Escala 1:500.000 y 1:1.000.000. Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca. Proyecto PNUD ARG. 85/019. Buenos Aires

INTA-AEROTERRA. 1995. SIG Atlas de Suelos de la República Argentina. CD-ROM con el programa Arc View incorporado. Instituto de Suelos-CIRN/INTA. Aeroterra S. A., Buenos Aires.

KULLOCK, D., E. CATANI, A. RECA, J. MENÉNDEZ ET AL. 2004. INFORME GEO-ARGENTINA 2004. Perspectivas del medio ambiente de la Argentina. Capítulo 3: Impactos sobre el medio ambiente. Avance de la frontera urbana, pág. 241.

LINDENMAYER, D. B., H. A. NIX, J. P. MCMAHON, M. F. HUTCHINSON Y M. T. TANTON. 1991. The conservation of Leadbeater's possum, *Gymnobelideus leadbeateri* (McCoy): a case study of the use of bioclimatic modelling. *Journal of Biogeography*, 18: 371-383.

LIRAS, E. 2008. ¿Qué modelo elegir? Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Almería, España. Grupo de Investigación Ecología de Zonas Áridas. Centro Andaluz para la Evaluación y Seguimiento del Cambio Global. [http://www.gbif.es/ficheros/Taller\\_Nichos\\_08/8\\_Que\\_modelo\\_elegir.pdf](http://www.gbif.es/ficheros/Taller_Nichos_08/8_Que_modelo_elegir.pdf).

MANEL, S., J. M. DIAS, S. T. BUCKTON Y S. J. ORMEROD. 1999. Alternative methods for predicting species distribution: An illustration with Himalayan river birds. *Journal of Applied Ecology*, 36: 734-747.

MANGHI, E., M. BROUVER, C. MONTENEGRO, M. G. PARMUCHI, J. BONO Y M. STRADA. 2005. Mapa Forestal Provincia de Catamarca. Actualización año 2002. Dirección de Bosques. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS).

MANGHI, E., M. BROUVER, C. MONTENEGRO, M. G. PARMUCHI, J. BONO, M. V. STAMATI Y M. STRADA. 2006. Mapa Forestal Provincia de La Rioja. Actualización año 2002. Dirección de Bosques. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS).

MENENDEZ, J., L. BOFFI LISSIN, M. GABAY Y N. ESPER. 2004. INFORME GEO-ARGENTINA 2004. Perspectivas del medio ambiente de la Argentina. Capítulo 2: Medio Ambiente, Bosques, pág. 92.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y OBRAS PÚBLICAS. 1997. Informe Ambiental. Gobierno de Mendoza, Mendoza.

MONTENEGRO, C. L., M. H. STRADA, G. PARMUCHI, J. BONO, M. V. STAMATI, ET. AL. 2007. Mapa Forestal Provincia de San Juan. Actualización año 2002. Dirección de Bosques. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS).

MONTENEGRO, C. L., M. H. STRADA, G. PARMUCHI, E. MANGUI, ET. AL. 2007. Informe Sobre Deforestación en Argentina. Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal (UMSEF), Dirección de Bosques y Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.

MONTENEGRO, C. L., M. H. STRADA, M. A PINAZO, I. GASPARRI, P. MINOTTI Y G. PARMUCHI. 2002. Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Cartografía y Superficie de Bosques Nativos de Argentina. Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal (UMSEF), Dirección de Bosques y Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.

MORELLO, J. 1958. La Provincia Fitogeográfica del Monte. Opera Lilloana, 2: 5-115.

MUÑOZ, J. Y A. M. FELICÍSIMO. 2004. Comparison of statistical methods commonly used in predictive modelling. *Journal of Vegetation Science*, 15: 285-292.

NAVARRO H. E. 2002. Regiones Fitogeográficas de Catamarca. Catamarca Guía. [http://www.catamarcaquia.com.ar/Geografia/Reg\\_Fitogeograficas.php](http://www.catamarcaquia.com.ar/Geografia/Reg_Fitogeograficas.php)

NIX, H. 1986. A biogeographic analysis of Australian Elapid snakes. In: Longmore, R. (Ed.), *Snakes: Atlas of Elapid snakes of Australia*. Bureau of Flora and Fauna, Canberra, pp. 4–10.

NORTE, F. A. 1988. Características climatológicas del viento Zonda en la región de Cuyo. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

NOY-MEIR, I. 1973. Desert Ecosystems: Environment and Producers. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4:25-51.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). 2007. *Situación de los Bosques del Mundo*. Roma.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). 2006. Base de datos jurídica *FAOLEX*. Roma (disponible en [faolex.fao.org/faolex\\_spa/](http://faolex.fao.org/faolex_spa/)).

PASSERA, C. B., L. I. ALLEGRETTI Y A. B. ROBLES. 2007. Effect of non-prescribed fire on an Atriplex lampa community in the Guadal Plateau of Mendoza Province, Argentina. *Arid Land Research and Management*, 21: 91–105.

PHILLIPS, S. J., R. P. ANDERSON Y R. E. SCHAPIRE. 2006. A maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190: 231-259. [www.cs.princeton.edu/schapiire/maxent](http://www.cs.princeton.edu/schapiire/maxent)

PHILLIPS, S. J Y M. DUDIK. 2008. Modelling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31: 161-175.

PICKETT, S. T. A., J. KOLASA y C. G JONES. 1994. *Ecological Understanding. The nature of theory and the theory of nature.* Academic Press, Inc. San Diego California. USA. 206 pp.

POL, R. G., S. R. CAMÍN Y A. A. ASTIÉ. 2005. *Situación Ambiental en la Ecorregión del Monte.* Grupo de investigación en Ecología de Comunidades de Desierto (ECODES), Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas (IADIZA), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Mendoza.

PRIETO, M. R. Y M. E. ABRAHAM. 1998. *Historia Ambiental del sur de Mendoza (siglos XVI al XX). Los factores críticos de un proceso de desertificación.* Bamberger Geographische Schriften, Vol. 15, Alemania.

PRIETO, M. R, P. E. VILLAGRA, N. B. LANA Y M. E. ABRAHAM. 2003. Utilización de documentos históricos en la reconstrucción de la vegetación de la Llanura de la Travesía (Argentina) a principios del siglo XIX. *Revista Chilena de Historia Natural*, 76: 613-622.

RÉSICO, C. L. Y M. BURGHI. 2004. *ATLAS DE LOS BOSQUES NATIVOS ARGENTINOS.* Dirección de Bosques. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Región del Monte, pág. 87.

RÉSICO, C. L., M. H. STRADA, E. MANGHI, M. BROUVER ET AL. 2005. *Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos.* Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas Préstamo BIRF 4085-AR. Informe Nacional.

RODRÍGUEZ, J. 1999. Estudio del Subsuelo en el Campo del Arenal. Departamento de Santa María, Provincia de Catamarca. Instituto Nacional del Agua, San Juan.

ROIG, F. A. 1987. Los árboles indígenas de las Provincias de Mendoza y San Juan. Ila parte. Serie científica 32:14-17.

ROIG, F. A. 1993. Aportes a la etnobotánica del género Prosopis. En: IADIZA (Eds). Conservación y Mejoramiento de Especies del Género Prosopis. 99-119. Mendoza, Argentina. IADIZA. 153 pp.

ROIG, F. 2001. Flora medicinal mendocina. Las plantas medicinales y aromáticas de la provincia de Mendoza (Argentina). EDIUNC.

ROIG, V. G. Y J. R. CONTRERAS. 1975. Aportes ecológicos para la biogeografía de la provincia de Mendoza. Ecosur, 2: 185-217.

ROIG-JUÑENT, S. Y S. CLAVER. 1999. La entomofauna del monte y su conservación en las áreas naturales protegidas. Revista de la Sociedad Entomológica Argentina, 58: 117-127.

ROIG-JUÑENT, S., G. FLORES, S. CLAVER, G. DEBANDI, Y A. MARVALDI. 2001. Monte Desert (Argentina): Insect biodiversity and natural areas. Journal of Arid Environments, 47: 77-94.

ROIG, F. A. Y A. RUIZ LEAL. 1959. El bosque muerto de Guandacol (La Rioja). Revista Agronómica Noroeste Argentino, 3(1-2): 139-145.

ROJAS, J. F. 2009. Deforestación en Mendoza y San Juan entre 1900 y 1942. Distribución espacial y procesos socioeconómicos sobre el desmonte de los algarrobales. Mendoza, agosto de 2009.

ROSSI, B. E. Y P. E. VILLAGRA. 2000. Efecto de la cobertura de *Prosopis flexuosa* sobre la composición de los estratos arbustivos y herbáceos en el Monte Central (Argentina). Pages. 163-165 in P. Jiménez, C. Talavera Delgado, L. Villegas Paredes, A. Ortega Paredes, and F. Villasante Benavides, editors. *Memorias del Literatura citada* 157 IV Congreso Latinoamericano de Ecología. Ecología y Desarrollo Sostenible: Reto de América Latina para el Tercer Milenio. Instituto Regional de Ciencias Ambientales - UNESCO, Arequipa, Perú.

ROSSI, B. E. Y P. E. VILLAGRA. 2003. Effects of *Prosopis flexuosa* on soil properties and the spatial pattern of understory species in arid Argentina. *Journal of Vegetation Science* 14:543-550.

ROSTAGNO, C. M., G. DEFOSSE Y H. F. DEL VALLE. 2006. Postfire vegetation dynamics in three rangelands of Northeastern Patagonia, Argentina. *Rangeland Ecology and Management*, 59: 163–170.

RUIZ LEAL, A. 1972. Aportes al inventario de los recursos naturales renovables de la Provincia de Mendoza. *Flora Popular Mendocina*. IADIZA. *Deserta* 3: 1-299.

RUNDEL, P., P. E. VILLAGRA, M. O. DILLON, S. A. ROIG-JUÑENT Y G. DEBANDI. 2007. Arid and semi-arid ecosystems. In: Veblen, T.T., Young, K., Orme, A. (Eds.). *The Physical Geography of South America*. Oxford University Press, Oxford, pp. 158–183.

SOLBRIG, O., M. A. BARBOUR, J. CROSS, G. GOLDSTEIN, C. H. LOWE, J. MORELLO Y T. W. YANG. 1977. The Strategies and Community Patterns of Desert Plants. In: G.H. Orians y Solbrig, O.T. (Ed.). *Convergent Evolution in Warm Deserts*. US/IBP Synthesis No 3. Dowden, Hutchinson and Ross, Inc Stroudsburg, pp. 67-106.

SOSIC, M. V. J. 1971. Descripción Hidrogeológica del Valle de Antinaco. Provincia de La Rioja. Buenos Aires.

STOCKWELL, D. Y D. PETERS. 1999. The GARP modelling system: Problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographic Information Systems*, 13: 143-158.

THUILLER, W. 2003. BIOMOD - optimizing predictions of species distributions and projecting potential future shifts under global change. *Global Change Biology*, 9: 1353-1362.

TOGNELLI M. F., S. A. ROIG-JUÑENT, A. E. MARVALDI, G. E. FLORES Y J. M. LOBO. 2009. An evaluation of methods for modelling distribution of Patagonian insects. *Revista Chilena de Historia Natural* 82: 347-360.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). 1992. World atlas of desertification, E. Arnold, London.

VAZQUEZ, D. P. 2005. Reconsiderando el Nicho Hutchinsoniano. *Ecología Austral* 1:149-158.

VICTORIA J. A., G. H. SALVIOLI, C. A. TORRES, E. GARCÍA, R. RODRIGUEZ Y R. E. GUIMARAES. 1995. Estado actual del conocimiento de los recursos hídricos de la Provincia de La Rioja. Centro Regional de Aguas Subterráneas, documento interno DI-241, San Juan.

VILELA, A. E y D. A. RAVETTA. 2001. The effect of radiation on seedling growth and physiology in four species of *Prosopis* L. (Mimosaceae). *J Arid Environ*, 44:415–423.

VILLAGRA, P. E. 2000. Aspectos ecológicos de los algarrobales argentinos. *Multequina*, 9:21-36.

VILLAGRA, P. E., J. ALVAREZ, E. CESCO Y F. ROJAS. 2008. Conservación de los Bosques Nativos. Una mirada desde las zonas áridas. Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (en prensa).

VILLAGRA, P. E., M. A. CONY, N. G. MANTOVÁN, B. E. ROSSI, M. M. GONZÁLEZ LOYARTE, R. VILLALBA Y L. MARONE. 2004. Ecología y manejo de los algarrobales de la Provincia Fitogeográfica del Monte. En: Arturi M. F., J. L. Frangi y J. F. Goya (eds). *Ecología y manejo de bosques nativos de Argentina*. Presentación multimedia en CD, Editorial Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.

VILLAGRA, P. E., R. VILLALBA Y J. A. BONINSEGNA. 2005. Structure and growth rate of *Prosopis flexuosa* woodlands in two contrasting environments of the central Monte desert. *Journal of Arid Environments* 60: 187-199.

YOST, A. C., S. L. PETERSEN, M. GREGG Y R. MILLER. 2008. Predictive modelling and mapping sage grouse (*Centrocercus urophasianus*) nesting habitat using Maximum Entropy and a long-term dataset from Southern Oregon. *Ecological Informatics* 3: 375-386.

ZANIEWSKI, A. E., A. LEHMANN Y J. M. OVERTON. 2002. Predicting species spatial distributions using presence only data: a case study of native New Zealand ferns. *Ecological Modelling*, 157: 261-280.

## 5. 2. Bibliografía consultada

BUSBY, J. R. 1991. BIOCLIM: a bioclimate analysis and prediction system. Margules, C. R. y M. P. Austin (Eds.). Nature conservation: cost effective biological surveys and data analysis. CSIRO, pp- 64-68.

CORBALÁN V. Y G. DEBANDI. 2007. La Lacertofauna de Mendoza: Lista Actualizada, Distribución y Riqueza. Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas (IADIZA-CONICET). Cuad. herpetol., 21 (2): 75-82.

FISCHER, J., D. B. LINDENMAYER, H. A. NIX, J. L. STEIN Y J. A. STEIN. 2001. Climate and animal distribution: a climatic analysis of the Australian marsupial *Trichosurus caninus*. Journal of Biogeography, 28: 293-304.

FLATHER, C. H. 1996. Fitting Species-Accumulation Functions and Assessing Regional Land Use Impacts on Avian Diversity. Journal of Biogeography, Vol. 23, N° 2:155-168.

GUEVARA-ESCOBAR A., E. GONZÁLEZ-SOSA, H. SUZÁN-AZPIRI, G. MALDA-BARRERA, M. MARTÍNEZ Y DÍAZ, M. GÓMEZ-SÁNCHEZ, L. HERNANDEZ-SANDOVAL, Y. PANTOJA-HERNÁNDEZ Y D. OLVERA-VALERIO. 2008. Distribución potencial de algunas leguminosas arbustivas en el Altiplano Central de México. Agrociencia, 42: 703-716.

HORTAL, J., J. M. LOBO Y F. M. PIERA. 2003. Una estrategia para obtener regionalizaciones bióticas fiables a partir de datos Incompletos: El caso de los Escarabeidos (Coleoptera, Scarabaeinae) Ibérico-Baleares. Graellsia, 59(2-3):331-344.

LOBO, J. M. Y F. M. PIERA. 2002. Searching for a Predictive Model for Species Richness of Iberian Dung Beetle Based on Spatial and Environmental Variables. *Conservation Biology*, pp. 158-173.

MONTENEGRO C. L., M. H. STRADA, E. MANGUI, ET. AL. 2005. Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas-Préstamo BIRF 4085-AR. Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal (UMSEF), Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS).

PIERA, F. M. Y J. M. LOBO. 2003. Database records as a sampling-effort surrogate to predict spatial distribution of insects in either poorly or unevenly surveyed areas. *Acta Entomológica Ibérica e Macaronésica*, 1:23-35.

ROJAS J. F., M. R. PRIETO, J. A. ÁLVAREZ Y E. CESCO. 2009. Procesos socioeconómicos y territoriales en el uso de los recursos forestales en Mendoza desde fines de siglo XIX hasta mediados del XX." *Revista Proyección* N° 7 CIFOT, Facultad de Filosofía y Letras, UNCuyo. (En prensa)

SALOMÓN M. A., N. D. SORIA Y R. FERNANDEZ. 2005. Estudio de caso-Sitio piloto Mendoza- Departamento de Lavalle. Evaluación de degradación de tierras en zonas áridas. Proyecto LADA-FAO, Argentina. Inventario y análisis Preliminar: Sistema de Información Geográfica (SIG). Laboratorio de Desertificación y Ordenamiento Territorial, LADyOT – IADIZA – CRICYT, Mendoza.

VILLASEÑOR, J. L. Y O. TÉLLEZ-VALDÉS. 2004. Distribución potencial de las especies del género *Jefea* (Asteraceae) en México. *Serie Botánica*, 75(2): 205-220.

### **5. 3. Sitios web consultados**

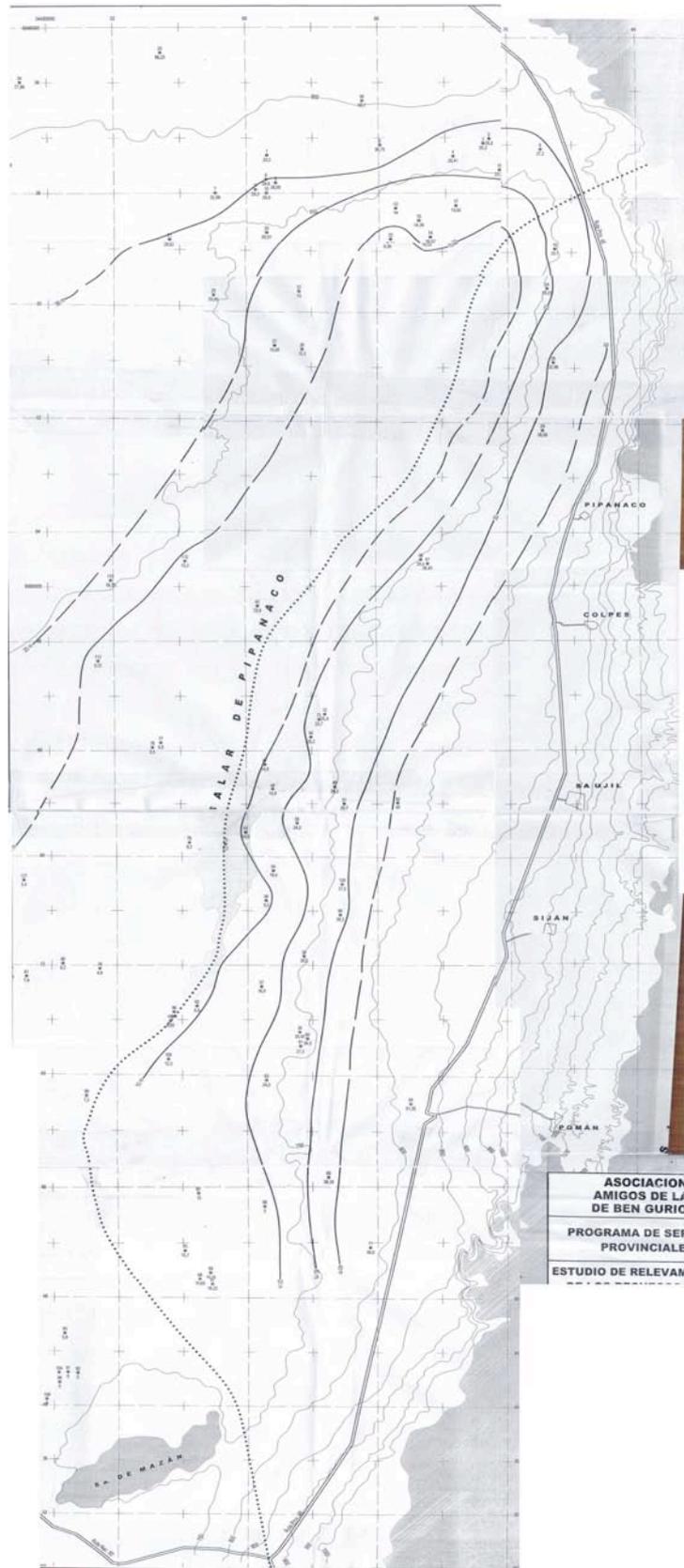
- [www.aeroterra.com](http://www.aeroterra.com)

- [www.geoargentina.com.ar](http://www.geoargentina.com.ar)
- [www.proyectomapear.com.ar](http://www.proyectomapear.com.ar)
- [www.ecoatlas.org.ar](http://www.ecoatlas.org.ar)
- [http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/landbio/GLBDST\\_Data.shtml](http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/landbio/GLBDST_Data.shtml)
- [www.srtm.csi.cgiar.org](http://www.srtm.csi.cgiar.org)
- <http://geodata.grid.unep.ch>
- [www.cru.uea.ac.uk](http://www.cru.uea.ac.uk)
- <http://seadas.gsfc.nasa.gov>
- [www.unep-wcmc.org/wdpa/index](http://www.unep-wcmc.org/wdpa/index)
- [www.ipcc-data.org](http://www.ipcc-data.org)
- [www.worldclim.org](http://www.worldclim.org) (extracción de datos climáticos)
- <http://www.ipni.org/index.html>. (The International Plant Names Index)
- [http://www.catamarcaquia.com.ar/Geografia/Reg\\_Fitogeograficas.php](http://www.catamarcaquia.com.ar/Geografia/Reg_Fitogeograficas.php)

# **ANEXOS**



## 2. Pipanaco (Catamarca)

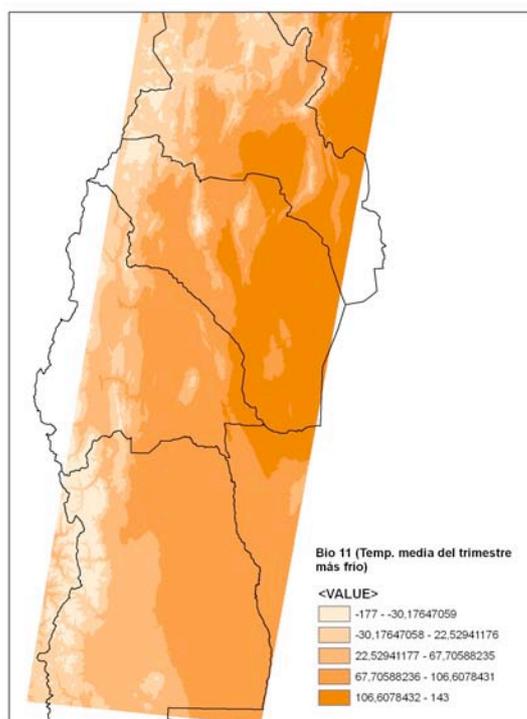




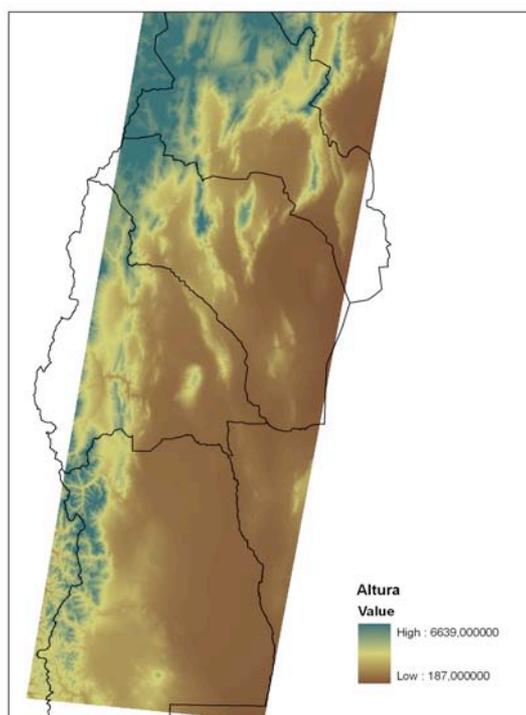


## VARIABLES UTILIZADAS EN MAXENT

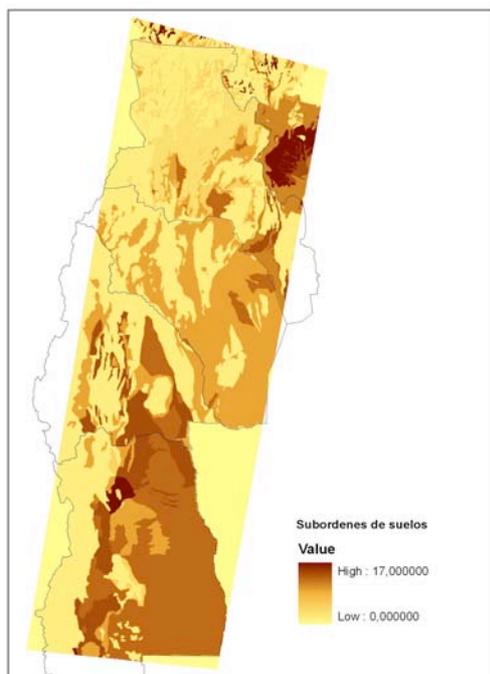
Raster de Temperatura (BIO 11)<sup>1</sup>



Raster de altura

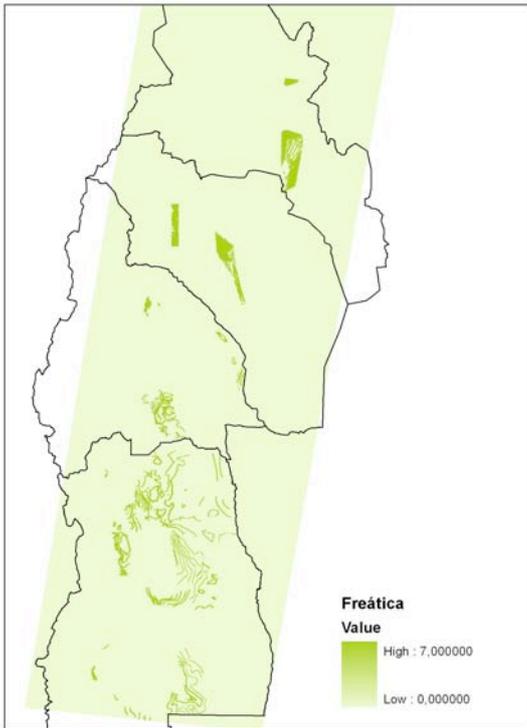


Raster de Suelos (INTA)

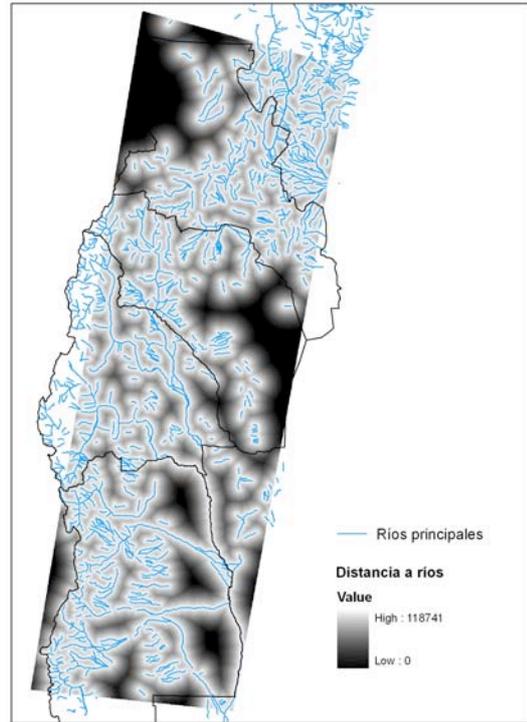


<sup>1</sup> Se muestra sólo una de las variables bioclimáticas utilizadas para demostrar el tipo de raster.

Raster de freática



Raster de ríos principales y distancia a ríos



Pendiente y Orientación

