

**LOS BOSQUES ACTUALES
DEL CHACO SEMIÁRIDO ARGENTINO**

ECOANATOMIA Y BIODIVERSIDAD

UNA MIRADA PROPOSITIVA

EDITAN

**DRA. ANA MARIA GIMENEZ
DRA. JUANA GRACIELA MOGLIA**

Facultad de Ciencias Forestales
Universidad Nacional de Santiago del Estero



Dedicado a

A todos los jóvenes que nos inspiran y motivan a seguir aprendiendo, a deslumbrarnos por los caminos que nos brinda el conocimiento.

A los discípulos investigadores y a los colegas becarios doctorandos que respondieron prontamente a la convocatoria, aunque fue más difícil concretar la entrega de los capítulos.



Prólogo

Escribir, escribir, escribir..... fue una de las metas que me propuse a lo largo de mi carrera académica.

Mi Padre, un destacado hombre del ámbito de la educación, me inculcó siempre que un docente debe transmitir en hechos y palabras, lo que el maravilloso mundo del saber nos revela.

Y casi sin pensarlo, pero evidentemente siguiendo ese mandato, desde el inicio de mi carrera, comencé a transmitir de forma escrita, los resultados de la investigación.

El primer ensayo de trabajo fue de la mano y dirección del profesor Ing. Armando José Lizárraga, mi primer Jefe en la Universidad y en la cátedra Dendrología.

El desafío fue al poco tiempo de ingresar como docente, presentar un trabajo en un Congreso Forestal Argentino.

Esta actividad me obligó a la lectura profunda, al ejercicio metodológico, a la interpretación de los resultados, a intentar discutirlos para concluir en un conocimiento nuevo.

Ese fue el comienzo de una larga carrera donde este proceso lo repetimos innumerables veces. Ese abordaje a diferentes temáticas en el área de la Ciencia Forestal, permitió publicar libros y cooperar con capítulos, siempre con el objetivo de plasmar los resultados de nuestro trabajo.

Hoy, nos convoca un tema multidisciplinar, abordado en varios proyectos de investigación como es la situación de los bosques del Chaco argentino, con su historia de uso y con una mirada al futuro que permita una gestión sustentable.

Diversidad, ecoanatomía, relaciones planta ambiente, propuestas productivas, son los temas que aborda este libro.

Algo maravilloso es poder concretar una acción integradora que exprese un período de trabajo. Y este es el objeto del libro. Tres proyectos, 3 investigadores principales, 2 doctores recientemente formados, 4 becarios doctorales, 2 ayudantes estudiantiles, una técnica, todos juntos escribiendo esta obra.

¡Maravillosa y aleccionadora experiencia!. Orgullosa de poder llegar a escribir el prólogo, de este libro donde participó todo el equipo de trabajo.

Satisfecha de poder concretar un resultado de proyectos que hoy financian esta obra.

Deseosa de transmitir a mis discípulos que los que se aprende hay que legarlo a las generaciones futuras, cada escalón constituye la extraordinaria escalera del conocimiento.

Hay tanto por aprender y sabemos tan poco...

Con todo el entusiasmo que da el hacer y con la ilusión de poder aportar a la ciencia, presentamos este libro.

Somos lo que hacemos repetidamente. La excelencia, por tanto, no es un acto, sino un hábito (Aristóteles).

Ana María Giménez
Editora

Prólogo

La importancia de la comunicación

Transmitir lo aprendido a lo largo de la carrera o de los años de experimentación es de vital importancia, de otro modo lo adquirido se extingue junto al investigador y con él la posibilidad de conocer su contribución a los saberes que haya acuñado.

Los seres humanos hemos sido capaces de comunicarnos desde hace milenios, con la oralidad primero y luego a través de la escritura lo que permitió a la humanidad trascender el espacio y el tiempo. El lenguaje escrito, es quizás una manera sencilla de asegurar el lenguaje oral. De esa forma se pudo transmitir la experiencia y el relato a otros de manera asincrónica. Así el primer libro conocido, data del 4000 a.C, un relato caldeo del diluvio, fue inscrito en una tablilla de arcilla. La escritura no solo sirve para comunicar, sino como memoria colectiva nutrida constantemente por los pensamientos y sentimientos que pueden ser revividos y recreados en el momento de su lectura.

En la universidad, no hay una sola manera de escribir. En la investigación científica el objetivo es divulgar sus resultados en una publicación. Esto es el deber ser de nuestro paso académico por la cátedra. El libro aun cuando sea de base científica puede ir dirigido a un público más amplio y tiene sobre el artículo científico la ventaja de liberarnos del formato rígido. No se trata de probar conocimientos como en una tesis, ni demostrar una hipótesis como en el artículo científico, sino de presentar un tema, explicarlo y defender una postura al respecto, con una mirada más amplia que la de la propia disciplina y buscando estrategias para que su lectura resulte clara e interesante.

Este libro que hoy presentamos es una construcción colectiva donde se pone de manifiesto el trabajo en equipo, el ejercicio de la voluntad de tesistas, becarios, directores con el fin común de plasmar en el mismo aquello que investigamos hacemos y dedicamos gran parte de nuestro tiempo. Creemos que de esta manera trascendemos el tiempo y el espacio cada vez que seamos leídos por aquellos a quienes les interese este tema apasionante de nuestros bosques y de nuestra región.

Este es el propósito con el que fue realizado este libro: comunicar y transmitir la importancia y el estado de nuestros bosques y la necesidad de una inminente toma de conciencia de su valor.

Juana Graciela Moglia
Editora

Presentación

Con la Dra. Ana María Isabel Giménez, tenemos una historia de vida de 50 años. Desde que ingresó como profesora trabajó con dedicación en una de las más fascinantes formaciones, el Parque Chaqueño con su rica biodiversidad, donde está localizada nuestra provincia Santiago del Estero. Actualmente es docente e investigadora destacada nacional e internacionalmente en la ciencia forestal.

Sé que fue uno de los grandes sueños de su carrera académica escribir una visión propositiva del Semiárido Argentino relacionando a la anatomía de las especies con la ecología del ambiente.

Su padre Rolando Giménez Mosca, hombre sabio, destacado en el ámbito de la educación y amante del parque chaqueño, le ha dejado como lema que un docente debe transmitir en hechos y palabras, lo que “el maravilloso mundo del saber nos revela”.

Desde que inició su carrera e inspirado por su padre, ella ha iniciado así su brillante carrera transmitiendo sus conocimientos y los resultados de la investigación en forma escrita tanto nacional como internacionalmente.

Su primer ensayo de trabajo fue de la mano y dirección de su primer Jefe Profesor Armando José Lizárraga que transmitía una inmensa sabiduría y humildad.

El gran desafío en el inicio de su carrera fue la presentación de un trabajo en el Congreso Forestal Argentino. En esa actividad fue la fuerza propulsora para iniciar su etapa de investigación para interpretar mejor los resultados publicando varios libros y capítulos sobre esta obra multidisciplinar, abordando diversos puntos de vista del Bosque del Chaco Argentino.

Juana Graciela Moglia siguió los pasos con la misma dedicación y entusiasmo por el tema, abordando creativamente otros aspectos del inmenso mundo natural.

La publicación de este libro, resultado de la iniciativa y tesón de las autoras y de todos el equipo de estudiantes, becarios y todos los amantes del tema., es merecedora de un fervoroso aplauso, pero principalmente como un regalo para los que consagramos nuestras vidas en la formación de recursos humanos, en su empeño por comprender la biodiversidad e la riqueza de nuestros bosques y fomentar el uso sostenido de los recursos forestales de la región, del país para contribuir al acervo científico y tecnológico de la nación.

Esta obra quedará como un gran legado en la historia de esa gran región y de la Ciencia Forestal.

Dra. Graciela Inés Bolzón
Vice rectora de la Universidad Federal de Parana
Curitiba, Brasil

Apoyo institucional

Este libro es editado con el apoyo financiero de los siguientes proyectos:

- PICTO de Ordenamiento Territorial 93/11: **Biodiversidad en bosques degradados del chaco semiárido: propuestas para su recuperación.** Dirección: Dra. A. M. Giménez
- PICTO UNSE 06/12: **Degradación, biodiversidad y recuperación de un hábitat altamente amenazado en los bosques del chaco semiárido.** Dirección: Dra. A. M. Giménez
- CICYT UNSE Proyecto tipo A: **Ecoanatomía y biodiversidad en bosques degradados del chaco argentino** (Código 23/B111). Dirección: Dra. A. M. Giménez
- Programa Becar Agronomía SPU Proyecto **Educación Forestal para un manejo sostenible y un futuro posible** del Doctorado en Ciencias Forestales, Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (Resol 2654 SPU/2014). Dirección: Dra. A. M. Giménez

Queremos realizar un agradecimiento especial a:

La Facultad de Ciencias Forestales, UNSE
Al Sr. Decano Dr. Hugo Acosta
A la Secretaría de Ciencia Técnica y Posgrado
A la Secretaría de Extensión, Vinculación y Transferencia

A la Universidad Nacional de Santiago del Estero
A la Sra. Rectora Lic. Natividad Nassif
A la Secretaría de Ciencia y Técnica de la UNSE

A la Sra. Mirta Sposetti, técnica de Laboratorio de LAM
Al Sr. Fabián Zubrinic por la recopilación y formato del libro
Al Sr. Federico Soria por el diseño de la tapa
A la Dra. Patricia Hernández por la foto de la tapa
A la Sra. Sara Zuaín y al Sr. Javier Gómez de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la UNSE, por la gestión de fondos de edición
A los ayudantes estudiantiles Federico Calatayu y Melina Bolesso

Imagen de tapa:

Río Urueña en la localidad de El Remate, Dpto Pellegrini, Santiago del Estero.

Autora: Patricia Hernández

Índice

Pág.

Parte I: DIVERSIDAD

Bosques, diversidad y degradación

Giménez, A. M. 3

De lo global a lo particular: el estado de los bosques

Moglia J. G.; M. Coronel de Renolfi; A. B. Cisneros y D. González..... 15

La diversidad forestal en el Chaco Semiárido

Giménez A. M.; P. Hernández y M. E. Figueroa..... 45

Los bosques del Chaco Serrano Santiagueño. Propuesta metodológica

Hernández, P. y A. M. Giménez 81

El valor de un bosque montano en Catamarca, Argentina

Barros, J y A. M. Giménez 105

Parte II: ECOANATOMIA

Ecoanatomía del xilema secundario de las leñosas arbóreas del chaco argentino. Variables cuantitativas

Giménez, A. M. y J. G. Moglia 129

Ecoanatomía y diversidad de leñosas en condiciones de salinidad del suelo

Figueroa, M. E. y A. M. Giménez..... 153

Colecciones biológicas. En la construcción de una xiloteca

Giménez, A. M.; J. G. Moglia; F. Calatayu, M. Bolesso y M. Sposetti.. 173

Parte III: PROPUESTAS PRODUCTIVAS

El dilema de los bosques ¿Cuáles son los mejores sistemas productivos? <i>Rios, N.</i>	185
Deforestación a diferentes escalas y análisis de degradación mediante relación del volumen de madera viva/muerta en bosques del chaco semiárido <i>Díaz Zírpolo, J. y A. M. Giménez</i>	209
<i>Prosopis alba</i>, alternativa sustentable para zonas áridas y semiáridas <i>Cisneros, A. B. y J. G. Moglia</i>	231
Evaluación de propiedades relacionadas a la calidad de madera en <i>Eucalyptus camaldulensis</i> <i>González D. y J. G. Moglia</i>	249
Aplicación de la técnica NIRS (Espectroscopía de infrarrojo cercano) en la discriminación de la madera de <i>Bulnesia sarmientoi</i> <i>Chifarelli, V.; A. M. Giménez; S. Nisgoski y J. G. Moglia</i>	267

Parte I:

DIVERSIDAD

Bosques, diversidad y degradación

Giménez, A. M.¹



1. Introducción

Los bosques actuales de Argentina, representan para la ciudadanía un gran desafío. Es escaso el interés real sobre su situación, aún en el ámbito profesional, donde por diferentes intereses se acepta tíbiamente la gestión que desde el estado se realiza.

El desarrollo nacional de los últimos 100 años, ha significado una gran pérdida y transformación de los bosques naturales. Medidas diferentes se han adoptado a lo largo del siglo, pero en definitiva, los que pierden siempre son los bosques.

La ley 26.331 de Presupuestos mínimos de protección ambiental de los bosques nativos, significó un avance importantísimo en el manejo forestal y una esperanza para detener en primera instancia la deforestación y en segundo lugar la aplicación de un manejo forestal sostenible. Escaso es el tiempo transcurrido desde la aplicación de esta nueva legislación para valorar los resultados de la misma. Es un ejercicio comprender que los bosques tienen una escala de sustentabilidad superior a los 100 años según las regiones, por ende, las acciones sobre sus ecosistemas no son valoradas en los plazos políticos o de gestiones técnicas.

De esta manera y a priori, los bosques actuales pueden considerarse ecosistemas degradados en diferentes niveles según la historia de uso, el sistema de aprovechamiento y las condiciones bioclimáticas.

El sector forestal está desdibujado en Argentina, detrás muy lejos de la actividad agropecuaria. Y lamentablemente, las últimas acciones a través de subsidios y proyectos de financiación nacional, se incentiva a continuar con la degradación del bosque materializada en sistemas agroforestales y ganadería dentro del bosque, que aun requieren de mucha experimentación para poder evaluar los impactos ecológicos a largo plazo.

Las instituciones y técnicos que promueven estos proyectos, poco conocen de la ecología del bosque y de la inmensidad de factores que interactúan en su equilibrio. Con unas cuantas parcelas de ensayos, con escasos y muy parciales estudios sobre algunas

¹ Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina. E-mail: amig@unse.edu.ar

variables dasométricas, se pretende comprender y accionar sobre el complejísimo sistema forestal.

Pensar que los bosques nativos son poco productivos, es desconocer los múltiples bienes y servicios que los mismos brindan. Pero el reconocimiento de bienes y valores, aún es un mero hecho discursivo. Si bien en todos los planes y proyectos se mencionan los productos forestales no madereros (PFNM), captura de C, recursos ecosistémicos, paisajísticos, etc., a la hora de evaluar los bosques, estos ítems están escasamente cuantificados.

La pregunta que desde el campo académico surge ¿Qué hacer con los bosques naturales?

Tal vez la respuesta diga: conocerlos, respetarlos, estudiarlos a lo largo del tiempo, ensayar modos de manejos, incluir nuevas alternativas productivas, con la incorporación de nuevos productos. Es fundamental la educación ambiental y el reconocimiento de la flora y fauna silvestre a nivel ciudadano. Políticos sin conocimientos, técnicos sin llegada política, estado con poder, pero falto de acción real y sostenida en el tiempo, conspiran contra el futuro de los bosques.

¿Cuál es la propuesta? Cada estamento debe cumplir el rol que le toca y todos interactuando:

El estado con la legislación, el control, con políticas públicas sostenidas a largo plazo.

Los centros de formación profesional actualizando el campo de acción de las ciencias forestales, ampliando las aéreas del saber.

Los centros de investigación estudiando profundamente el sistema boscoso en su integridad, manteniendo áreas de estudio e investigación en todas las regiones boscosas del país.

La extensión forestal y educación ambiental son fundamentales de implementar en todos los niveles públicos y privados.

Solo con un conocimiento profundo, una gestión sostenible y una conciencia ambiental, podrán perdurar los bosques argentinos.

2. Los Bosques y la biodiversidad

Los bosques son los ecosistemas más complejos y biodiversos del planeta, que se asocian a través de amplias zonas paisajísticas, con la varianza de las pautas edáficas y microclimáticas.

La composición y naturaleza de los ecosistemas forestales varía a lo largo del tiempo en consonancia con las perturbaciones naturales y los cambios en el régimen climático, pero se mantiene constante dentro de los límites de la variación natural denominándose estado estable (Thompson, 2011).

Al caracterizar los bosques dos conceptos prevalecen: *la superficie o área cubierta y la estabilidad en el tiempo*. Ambos atributos han sido modificados y actualmente a nivel mundial

se ha perdido el 60% de la masa forestal y el proceso de degradación de los bosques actuales se acentúa.

La biodiversidad de los ecosistemas es el sostén de la mayor parte de los bienes y servicios ambientales. La pérdida de biodiversidad puede tener consecuencias negativas considerables en la capacidad productiva de los bosques (Bridgeland *et al.*, 2010) y en la provisión de bienes y servicios forestales.

Según Cardinale *et al.* (2011), durante las últimas décadas, se ha comenzado a relacionar la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas, para cuantificar cómo la diversidad biológica del mundo puede, como una variable independiente, influir en el control de los procesos ecológicos esenciales para el funcionamiento de los ecosistemas. Con la revisión de más de dos décadas de experimentos y mediante el meta-análisis, se ha determinado cómo la riqueza especies de los productores primarios influye en el conjunto de los procesos ecológicos que son controlados por las plantas y las algas en ecosistemas terrestres, marinos y de agua dulce.

Con fundamentos teóricos y con conjuntos de datos globales, se tiene la certeza que la biodiversidad, regula de hecho varios procesos que son esenciales para el funcionamiento de los ecosistemas y que muchas de estas funciones son importantes para la humanidad. Se cuenta con detalles cuantitativos para proporcionar estimaciones de predicción de las consecuencias de la pérdida de la diversidad, por lo menos en las pequeñas escalas de experimentos. En la actualidad existe una evidencia inequívoca de que la diversidad decreciente de las plantas y las algas en los ecosistemas del mundo, ocasionará aumentos en la biomasa de los productores y su capacidad para eliminar los nutrientes inorgánicos del suelo y el agua.

Según el informe mundial denominado “Evaluación de Ecosistemas del Milenio (EM, 2005), en los últimos 50 años, los seres humanos han transformado los ecosistemas de manera más rápida y extensa que en ningún otro período de la historia humana, en gran medida para resolver las demandas crecientes de alimentos, agua dulce, madera, fibra y combustible. Dicho informe señala tres problemas principales relacionados con la gestión de los ecosistemas del mundo:

1. Los servicios de los ecosistemas se están degradando o se usan de manera no sostenible.
2. Los cambios en los ecosistemas están aumentando la probabilidad de cambios no lineales abruptos y potencialmente irreversibles, que tienen consecuencias importantes para el bienestar humano.
3. La degradación de los servicios de los ecosistemas está contribuyendo al aumento de las desigualdades siendo el principal factor causante de la pobreza y del conflicto social.

3. Los Bosques y la Degradación

FAO (2009) define degradación forestal como la pérdida de la capacidad productiva y de bienes y/o servicios del bosque, siendo la pérdida de biodiversidad un criterio esencial para evaluarla.

La degradación de un bosque es un proceso de cambio que afecta negativamente las características del mismo. La combinación de varias características forestales puede ser expresada según la estructura o función que determina la capacidad de proveer productos y servicios forestales (FAO, 2009).

La degradación forestal es un serio problema ambiental, social y económico, particularmente en los países en desarrollo. Su definición es técnica y científicamente difícil, por sus implicancias políticas, lo que complica el alcanzar un enfoque operativo común que puede ser aplicable en niveles internacionales y nacionales (Simula y Mansur, 2011).

A continuación se expresan definiciones de Bosque degradado:

- Es el que ha sufrido el proceso de *sustitución parcial de las comunidades vegetales*, en la mayoría de los casos suele ir acompañado por la *disminución de la producción de materia* y es producida por la intervención humana al explotar la vegetación (Font Quer, 1953).
- *La reducción de la capacidad* de un bosque de proveer bienes y servicios.
- *Cambio de la estructura, dinámicas y funciones del bosque*, siendo las causas naturales o inducidas por el ser humano (FAO, 2009).

Estos conceptos proporcionan un marco común para todas las definiciones internacionales compatibles con el enfoque de los servicios de ecosistema, donde la escala espacial es la parcela o el terreno y la escala temporal es usualmente el largo plazo.

FAO propone como *Indicadores* potenciales relacionados con la degradación (Unasylva, 2011/12)

- Extensión de los recursos forestales: cubierta forestal, cubierta de copas, volumen en pie en crecimiento, densidad en pie, grado de fragmentación, árboles fuera del bosque.
- Diversidad biológica: diversidad de ecosistema, especies composición/diversidad, diversidad genética, grado de fragmentación, conectividad, grado de naturalidad, cubierta de copas, estructura forestal.
- Salud y vitalidad del bosque: área afectada por plagas, enfermedades, incendios, daños provocados por tormentas, área sujeta a daños por la contaminación del aire área con componentes biológicos mermados.
- Funciones productivas de los recursos forestales: nivel de volumen en pie, Incremento real medio (MAI) estructura por edades, rendimiento de los PFNM calidad de la madera.

- Funciones de protección de los recursos forestales: erosión de suelos, calidad del agua y escorrentía, gestión de las cuencas hidrográficas, áreas de protección contra inundaciones, áreas de plantaciones de protección.
- Funciones socioeconómicas de los bosques: valor de los productos del bosque, recreación y turismo; valores comunitarios y culturales; empleo; ingresos; área disponible para recreación, área disponible para los pueblos indígenas/servicios sociales.
- Contribución al ciclo de carbono/cambio climático debido a los bosques: sumideros de carbono (biomasa por encima/debajo del suelo, madera muerta, hojarasca, suelo), densidad del volumen en pie, extracciones, árboles fuera del b

Dos indicadores (Simula y Mansur, 2011) son seleccionados para ser tratados en el libro:

- Reducción en biomasa para las existencias en formación
- Reducción de la biodiversidad la cual debe ser asociada con la incidencia de las especies y hábitats

4. ¿Los bosques nativos de Argentina están degradados?

La degradación de los bosques es un problema grave, particularmente en los países en desarrollo. En 2000, la superficie total de bosques y de tierra forestal degradados en 77 países fue estimada en aproximadamente 800 millones de hectáreas, los bosques secundarios degradados abarcaron cerca de 500 millones de hectáreas (OIMT 2002).

La degradación de los bosques debe ser evaluada en diversas escalas territoriales y para diferentes propósitos. Dado que muchos indicadores de la capacidad del bosque de proporcionar bienes y servicios varían en el tiempo y no conllevan degradación, la evaluación a escala del rodal o del sitio es necesaria para la adopción de medidas correctivas locales. La evaluación y seguimiento de la degradación también deben hacerse tomando en cuenta la totalidad de la unidad de ordenación forestal y del paisaje.

Los bosques argentinos son los ambientes que contienen la mayor variedad de especies vegetales y animales autóctonas. De ellos dependen cientos de especies de mamíferos, aves, reptiles, anfibios y millares de invertebrados y plantas que merecen ser conservados por su belleza y por el papel que juegan en los ecosistemas. Además pueden proporcionar maderas muy valiosas, alimentos, dulces exóticos, medicamentos, servicios ambientales (Giménez, Hernández, 2008).

La lista roja desprende terribles conclusiones para nuestra biodiversidad y señala al ser humano como responsable que el 21 % de los mamíferos vivan bajo amenaza, el 30 % de los anfibios están en la lista roja, el 12 % de las aves, el 28 % de los reptiles, el 37 % de los

peces de agua dulce, el 70 % de las plantas, y hasta el 35 % de los invertebrados (Convenio Sobre Diversidad Biológica, 2005).

Argentina se ubica en el puesto 17° entre los países con la mayor diversidad de plantas, siendo entre el 25 y el 30 % de ellas endémicas. La gran diversidad de ecosistemas del país, se relaciona con una alta diversidad específica: 9.000 especies de plantas superiores y 2.380 de vertebrados entre las especies animales, se incluyen 38 especies de mamíferos endémicos y 19 de aves endémicas (Crisci *et al.*, 2003). Del total mencionado, 529 especies de vertebrados (22 % del total) y al menos 240 de plantas están amenazadas de extinción.

La diversidad biológica nacional ha disminuido debido a la conversión de tierras para agricultura, extracción forestal, industrialización y crecimiento urbano. Entre esas regiones se incluyen: los pastizales pampeanos, el monte del Espinal, los bosques y sabanas del Chaco, los bosques subtropicales de las yungas y la selva de Misiones (Cozzo, 1992).

SAyDS (2005) en el marco de la ley General del Ambiente (N°: 25675) define indicadores de sustentabilidad para la implementación del desarrollo. En el “subsistema ambiental” se incluye el ambiente natural en sus aspectos de recursos naturales, procesos ecológicos, condiciones de soporte vital y biodiversidad.

Entre los indicadores ambientales se distinguen: sostenibilidad (relación: área boscosa/área total), el cambio de uso del suelo, % de bosques degradados, producción de madera industrial y producción de leña.

La degradación del suelo y de la vegetación es un proceso extendido. En la Selva Paranaense (Misiones) sólo quedan unas 40.000 ha de bosques realmente prístinos, mientras que más del 89 % presenta niveles medianos a elevados de degradación y fragmentación. En el Chaco seco, el Monte, la Estepa patagónica y la Puna, el sobrepastoreo es generalizado y muy intenso, y está generalmente asociado a incendios intencionales. Estos procesos de degradación avanzan inexorablemente hacia la desertificación a escala ecorregional. Para enfrentar estos problemas se requiere desarrollar e incentivar la adopción de modelos productivos sustentables y adaptados a las realidades culturales y tecnológicas de estas regiones. Lo que a la naturaleza le ha llevado siglos o milenios construir, el hombre ha modificado o eliminado en sólo décadas.

Argentina cuenta con unas 360 áreas protegidas de diferentes categorías que cubren aproximadamente el 6,8 % del territorio nacional. El objetivo estatal de proteger al menos el 15 % del país debe ser implementado con urgencia. Por otro lado, el 44 % de las reservas declaradas no posee control de terreno alguno y sólo el 19 % del 6.8 % general tiene un nivel de protección mínimo aceptable (Brown *et al.*, 2006).

El establecimiento efectivo de corredores ecológicos que incluyan nuevas áreas protegidas federales y provinciales, la mejora de las áreas protegidas actuales poco o no controladas y zonas de amortiguación con áreas protegidas en tierras privadas, son parte de una estrategia que debe insertarse en el marco de un ordenamiento territorial a escala ecorregional. El uso sustentable de la biodiversidad es la piedra angular de la ordenación forestal sostenible (Proceso de Montreal, 2009).

5. En lo Regional y Provincial

El Chaco es una gigantesca región de 800.000 km² cubierta por el bosque seco ininterrumpido más grande del territorio sudamericano. La región ha recibido el impacto de la presencia del hombre desde sus inicios, hace sólo 10.000 años, hasta la actualidad dejando sus huellas y consecuencias ambientales irreversibles. En los bosques secos, que se encuentran en el límite de las posibilidades de su existencia, debido al déficit hídrico, toda intervención humana tiene consecuencias doblemente negativas (Hueck, 1978).

En las últimas décadas ha perdido el 30 % de sus recursos boscosos, mediante la deforestación con el consecuente cambio de uso de la tierra. La deforestación actualmente se localiza en áreas cercanas al umbral de precipitaciones para la agricultura de secano (600 mm), favorecidas por el aumento regional de las lluvias ocurridas durante el siglo XX (Grau *et al.*, 2005). Esta deforestación se ha acelerado independientemente de las fluctuaciones en la economía nacional y se ha favorecido por la incorporación de cultivos transgénicos de soja que reducen costos de producción y posiblemente, favorecen la economía hídrica del cultivo.

Más de la mitad de la deforestación argentina ocurre en el Chaco, aunque es también el bioma de mayor superficie remanente en la Argentina, el de menor biodiversidad y el que históricamente ha sido más degradado por el sobrepastoreo y el aprovechamiento forestal selectivo (Bucher y Huszar, 1999).

En la Evaluación ecoregional del Gran Chaco Americano (2005), se resumen los problemas ecológicos de la región que son causa de la deforestación y degradación: Avance de la frontera agrícola; Explotación forestal comercial; Expansión de la frontera ganadera; Caza y captura comercial; Fuego en el Chaco Seco; Ganadería en vegetación natural; Invasiones biológicas, entre otras.

Las particularidades climáticas, resultantes de la ubicación geográfica, de un relieve llano y del dominio ejercido por las masas de aire tropical y polar, posibilitaron a través de la historia la formación de una vegetación, en gran parte arbórea, con caracteres xerofíticos y una rica fauna asociada. Se trata de un área situada a mitad de camino entre los ambientes tropicales y templados, como espacio de transición, muestra alta variabilidad (Cuadra, 2012).

El bosque nativo ha sido valorizado tradicionalmente sólo por las especies arbóreas de alto valor comercial. Eso contribuyó a su degradación, fragmentación, sobreexplotación y pérdida de biodiversidad. Como resultado, más del 50 % fueron convertidos, mientras que los remanentes boscosos fueron sometidos a extracción selectiva.

Durante décadas los recursos forestales nativos han sido utilizados como si fueran recursos no renovables, sin tener en consideración aspectos básicos del funcionamiento del ecosistema y con tecnologías poco adecuadas para su aprovechamiento. En consecuencia, la mayor parte de los bosques en los que se realizó extracción selectiva se encuentran degradados, invadidos por especies nativas colonizadoras, y tienen un potencial de producción de madera muy bajo. Muchas especies arbóreas de valor comercial no se regeneran bajo las nuevas condiciones ambientales producidas por la tala

selectiva, lo cual reduce sus poblaciones naturales y produce pérdida de diversidad genética (Giménez, Hernández, 2008).

La degradación del ecosistema bosque podría llevar a la región a un ecosistema de desierto de no mediar medidas de protección. El mecanismo de degradación corresponde a una entresaca sistemática, de baja a mediana intensidad, afectando ligera a moderadamente el dosel arbóreo, y que pasado un periodo prolongado resulta en inclusión de ganado y en eventualmente en cambio de uso del suelo. Esta situación provoca cambios en la estructura, composición y dinámica del bosque, pérdida de especies amenazadas, erosión genética, etc. (Morello, 1970).

Brassiolo (2005) manifiesta que la mayor parte del Chaco seco y semiárido fue degradado al estado de fachingal como consecuencia de la explotación forestal no controlada y el sobrepastoreo. La ganadería de monte degradó 40.000 km² de los bosques secos del Chaco argentino. Comparando datos de 1971 y de 1991, en los departamentos del norte de la Provincia de Santiago del Estero un 25 % de la superficie del bosque está ocupada por fachingal. El importante avance de la frontera agropecuaria se ve claramente reflejado en un estudio realizado en el 2004, donde se determinó que el área desmontada en la provincia de Santiago del Estero asciende al 20 % de la superficie, presentando un ritmo medio de 55.500 ha desmontadas por año.

Sin embargo, durante los últimos 5 años la tasa de deforestación aumentó de 3 a 5 veces por encima de la tasa de desmonte antes mencionada. En 2002 se estimaba que, de continuar la tendencia de ese año, los bosques del parque chaqueño de la Argentina alcanzarían el punto de extinción en el quinquenio 2065-2069. Las actuales tasas de deforestación, indudablemente dejan menor margen de reacción (Brassiolo, 2005)

Con la aprobación de la ley Nacional 26.331 denominada “Ley de Presupuestos mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos” (2007) y la sanción de la ley Provincial 6841 (2006) que analizara el uso múltiple de las áreas forestales y que bregara por la conservación de los ecosistemas, se inicia una nueva etapa para los bosques nativos.

La ley Provincial 6841 de Ordenación del Territorio Provincial tiene en cuenta el desarrollo productivo bajo un sistema sustentable. Para ello produjo una zonificación en seis áreas productivas y cinco áreas con restricciones por limitantes naturales proveniente de suelos hidromórficos, salinas, serranías o áreas protegidas.

6. De lo conceptual a la realidad

En la presente obra, se pretende hacer una mirada integral de los bosques del Chaco Semiárido argentino, para poder analizar relaciones florísticas y fitogeográficas, situación actual, biodiversidad, degradación para proponer pautas de revaloración del recurso.

¿Cómo considerar los bosques actuales del Chaco? A priori sabemos que 100 años de aprovechamiento poco sustentable disminuye la capacidad productiva.

¿Podemos considerar los bosques actuales degradados? La respuesta rápida será Si.

¿En qué medida?, No hay muchos antecedentes para dar esta respuesta.

El estado de un bosque, se define según su composición florística arbórea dominante y la estructura esperada de un determinado rodal. Por ello un cambio en el estado de un bosque resulta de la pérdida de resiliencia y se caracteriza por una modificación parcial o total que origina un ecosistema diferente al esperado en la zona (Thompson, 2011).

Un bosque degradado es aquel que ha superado un cierto umbral, es decir ha rebasado el valor que se atribuye al indicador de degradación. Dado que los tipos de bosque y las situaciones biofísicas varían considerablemente, no es posible definir umbrales comunes. El punto de inflexión el punto en el que el proceso de degradación llega a ser irreversible, es una medida importante destinada a lograr la sostenibilidad podría consistir en evitar que los cambios adquiriesen un carácter irreversible y equivaliesen a puntos de inflexión

7. ¿Cómo se va a expresar la situación actual de los bosques?

En el presente libro se aborda la situación del bosque chaqueño seco argentino desde una escala de predio, definiéndose y analizando procesos locales que permiten evaluar particularmente las existencias de madera viva y muerta, la estructura del bosque, la diversidad y las propuestas productivas. Es necesario establecer un estado de referencia o línea de base con la cual se compara una situación que ha sido objeto de cambios (Figura 1).



Figura 1. Mapa conceptual del abordaje del tema

Es objetivo definir una línea de base de biodiversidad vegetal para los bosques actuales en situaciones diferentes y reconocer los componentes de la diversidad biológica, que son importantes para su conservación y para la utilización sostenible de los recursos biológicos.

En la práctica, no resulta sencillo establecer un estado de base ya que los bosques de la región han sufrido transformaciones cuali y cuantitativas a lo largo del último siglo. Para ello, una vez estratificado en bosque según la cobertura arbórea (%), se considera como

línea de base al bosque de mayor cobertura en el predio. Así ante la ausencia de otras bases técnicas de referencia, se considera el bosque primario al de mayor cobertura y el degradado según proporción de cobertura. En esta situación, se analiza parámetros de diversidad y estructura.

Se emplearán Indicadores para cuantificar la degradación de los bosques y tener simultáneamente la posibilidad de estudiar bosques que han tenido procesos diferentes en el tiempo. Con las respuestas a estos interrogantes, se propondrá continuar con el siguiente esquema de acción (Figura 2).

¿Que se puede hacer para conservar y mejorar la biodiversidad?

Proceso

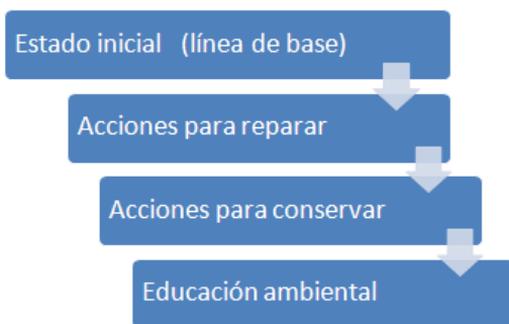


Figura 2. Esquema de acción para conservar la diversidad

Se abordarán los siguientes temas:

- Introducción Bosques, deforestación y Degradación
- Biodiversidad Forestal Generalidades
- en el Chaco Semiárido, Serrano y bosque de altura
- Relación planta ambiente: efecto de la salinidad
- Ecoanatomía Xiloteca
- Existencias de bosques con diferente grado de cobertura: madera viva y muerta
- Propuestas para una mejor gestión de los bosques:
- Plantaciones forestales para madera de calidad
- Nuevas tecnologías aplicadas
- Métodos no destructivos aplicados a plantaciones y bosque nativo
- NIRS y la variabilidad geográfica



Referencias Bibliográficas

- Brassiolo, M. 2005. Propuestas para la conversión de bosques degradados Los Bosques del Chaco Semiárido. *IDIA XXI*, N° 8: 23:28.
- Bridgeland, W. T.; P. Beier; T. Kolb y T. G. Whitham. 2010. A conditional trophic cascade: birds benefit faster growing trees with strong links between predators and plants. *Ecology*, 91: 73-84. DOI: 10.1890/08-1821.1.
- Brown, A.; U. Martínez Ortiz; M. Acerbi y J. Corcuera (Eds.). 2006. *La Situación Ambiental Argentina 2005*. Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires.
- Bucher, E.; P. Huszar. 1999. Sustainable management of the Gran Chaco of South America: ecological promise and economic constraints. *Journal of Environmental Management* 57: 99-108.
- Cardinale, B. J.; K. L. Matulich; D. U. Hooper; J. E. Byrnes; E. Duffy; L. Gamfeldt; P. Balvanera; M. I. O'Connor y A. Gonzalez. 2011. The functional role of producer diversity in ecosystems. *American Journal of Botany* 98(3): 572-592. DOI: 10.3732/ajb.1000364.
- CDB. 2005. *Convenio sobre la diversidad biológica*. Proyecto de resumen ejecutivo de la segunda perspectiva mundial sobre la diversidad biológica. Montreal. [en línea] Disponible en: <<https://www.cbd.int/doc/meetings/sbstta/sbstta-11/official/sbstta-11-06-es.pdf>>
- Cozzo, D. 1992. *Las pérdidas del primitivo paisaje de bosques, montes y arbustiformes de la Argentina con especial referencia a sus territorios áridos y húmedos*. Miscelánea N° 90. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, Argentina. 31 pp
- Crisci, J.V.; L. Katinas y P. Posadas. 2003. *Historical Biogeography: An Introduction*. Harvard University Press, Cambridge, M A. 250 p.
- Cuadra, D. 2012. La problemática forestal en la provincia del chaco, argentina. Un análisis desde la geografía. *Revista geográfica digital. Igunne*. Facultad de Humanidades. UNNE. Año 9. N° 18. Julio - Diciembre 2012. ISSN 1668-5180 Resistencia, Chaco.

- Evaluación Ecorregional del Gran Chaco Americano. 2005. The Nature Conservancy (TNC), Fundación Vida Silvestre Argentina (FVSA), Fundación para el Desarrollo Sustentable del Chaco (DeSdel Chaco) y Wildlife Conservation Society Bolivia (WCS). 2005/Gran Chaco Americano Ecoregional Assessment. Buenos Aires. Fundación Vida Silvestre Argentina.
- FAO. 2009. *Hacia una Definición de Degradación de los Bosques: Análisis Comparativo de las Definiciones Existentes*. Roma, Italia. Markku Simula. P: 63.
- Font Quer, P. 1953. *Diccionario de Botánica*.
- Giménez, A. M.; P. Hernández. 2008. *Biodiversidad en Ambientes naturales del chaco Argentino. Vegetación del Chaco semiárido, Provincia de Santiago del Estero*. Fascículo 1. Editores: FONCYT. FCF, UNSE. 120 p.
- Grau, H. R.; N. I. Gasparri, and T. M. Aide. 2005. Agriculture expansion and deforestation in seasonally dry forests of northwest Argentina. *Environmental Conservation* 32: 140-148.
- Hueck, K. 1997. *Los bosques de Sudamérica: ecología composición e importancia económica*. Ed. GTA, Alemania. 476p.
- Morello, J. 1970. Ecología del Chaco. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. Vol XI (Supl.) p. 161-174.
- Morello, J.; A. Rodríguez. 2009. Clasificación de ambientes en áreas protegidas de las ecorregiones del chaco húmedo y chaco seco. Pag: 53-92 *En: El Chaco sin bosques*. Ed. Jorge H. Morello y A. F. Rodríguez. 1a ed. Buenos Aires. Orientación Gráfica Editora.
- OIMT. 2002. ITTO Guidelines for the restoration, management and rehabilitation of degraded and secondary tropical forests. ITTO Policy Development Series No. 13. Yokohama, Japón, Organización Internacional de las Maderas Tropicales Disponible también en: <www.itto.int/policypapers_guidelines/>.
- Proceso de Montreal. Segundo Reporte de Argentina al Proceso de Montreal. 2015. Buenos Aires. Argentina. p. 187. [en línea] Disponible en: <http://obio.ambiente.gob.ar/multimedia/files/Segundo%20Reporte%20de%20Argentina%20al%20Proceso%20de%20Montreal.pdf>
- Simula, M. y E. Mansur. 2011. FAO. Un desafío mundial que reclama una respuesta local. *Unasyhva* 238, Vol. 62.: 3-7.
- Thompson, I. 2011. Biodiversidad, umbrales ecosistémicos, resiliencia y degradación forestal. *Unasyhva* 238, Markku Simula Vol 622011/12.

De lo global a lo particular: el estado de los bosques

Moglia J. G.¹; M. Coronel de Renolfi²; A. B. Cisneros³ y D. González³



“La historia de la humanidad es la historia de la utilización de los diversos bosques del planeta y sus múltiples productos. Han sido fuente de materia prima para la construcción, el transporte y la comunicación, fuente de alimentos y del combustible necesario para cocinarlos y, una vez desmontada la superficie boscosa, fuente de tierras donde levantar explotaciones agrícolas y ciudades.”

(FAO, 2012)

1. Evaluación de los recursos forestales

1.1. Los bosques en el mundo: una fotografía actual

Los bosques contribuyen decisivamente a la mitigación del cambio climático y al suministro de productos y servicios ecosistémicos fundamentales para la prosperidad de la humanidad. Los bosques y las actividades forestales han sido fundamentales en el desarrollo de la civilización moderna (Graziano da Silva, en FRA, 2011).

De acuerdo a la Evaluación Global de los Recursos Forestales (FRA, 2015, *Global Forest resources Assessment*), intentar evaluar los recursos forestales a nivel global es bastante más complicado de lo que parece. Esto se debe a la variedad de enfoques para medir, monitorear y regular los bosques, aun cuando la evaluación del cambio se realice con el análisis de imágenes satelitales, imágenes aéreas o con mediciones en tierra o la combinación de ambos. Los gobiernos nacionales utilizan una amplia variedad de

¹Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina. E-mail: vimog@unse.edu.ar

²Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina. E-mail: mrenolfi@unse.edu.ar

³Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina. E-mail: cisnerosab@unse.edu.ar

⁴Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina. E-mail: dgonzalez@unse.edu.ar

enfoques para gestionar y regular sus bosques y así tener acceso a niveles muy divergentes de datos sobre los recursos forestales nacionales.

La FAO, en cooperación con sus Estados Miembros, desde 1946 realiza evaluaciones de los recursos forestales mundiales cada 5 a 10 años. Los resultados obtenidos en el año 2011 indican que los bosques abarcan el 31% de la superficie total de la tierra. El área total de bosques en el mundo es de algo más de 4 mil millones de hectáreas. El 93% de la superficie mundial de bosques (3700 millones de ha en 2015) corresponde a bosques naturales. Entre 2010 y 2015 disminuyeron en 6,5 millones de ha netas al año. En términos de pérdida neta anual, esto supone una reducción de 10,6 millones de ha por año entre 1990 y 2000 (FRA, 2015). La mayor pérdida de bosques se produjo en África y América del Sur. Encabeza el ranking Brasil que, en los últimos cinco años, ha deforestado un promedio de 984 mil hectáreas por año, según el monitoreo realizado por la FAO.

Los cinco países con mayor riqueza forestal (Federación de Rusia, Brasil, Canadá, Estados Unidos de América y China) representan más de la mitad del total del área de bosques. Diez países o áreas no tienen bosque y otros 54 tienen bosques en menos del 10 por ciento de su área total de tierra (FAO, 2011). Estos datos corresponden a 234 países y territorios, de los cuales 155 informes provienen de los propios países, los cuales cubren el 98,8 % de los bosques del mundo. Los 79 países y territorios restantes (que cubren sólo el 1,2 % de los bosques del mundo) corresponden a estudios teóricos preparados por la FAO. La Evaluación Global de los Recursos Forestales (FRA, 2015) contiene unas 120 variables que abarcan el período 1990-2015.

La principal fuente de abastecimiento de madera del mundo son los bosques nativos. De acuerdo a los estudios de Keenan *et al.* (2015), la superficie forestal total mundial asciende al 31 % de la superficie terrestre. A nivel global el área total de bosques se redujo en un 3 % y se pasó de poseer 4,28 millones de hectáreas a 3,99 millones de hectáreas desde 1990 hasta 2015. El porcentaje de cubierta forestal mundial se redujo de 31,85 a 30,85 %.

El alcance global y la distribución de los árboles forestales son fundamentales para la comprensión de la biosfera terrestre. En un reciente y extenso estudio firmado por 38 investigadores de 14 países, publicado por Nature y que reproduce como noticia el diario *El País* de España, se recopilaron datos de la densidad forestal tomados en más de 400.000 puntos de todos los continentes, excluida la Antártida. Dividieron la Tierra en 14 tipos de biomas o paisajes bioclimáticos, estimaron la densidad de árboles en cada uno de ellos basándose en imágenes de satélite y comprobaron su fiabilidad con las medidas sobre el terreno. Por último compusieron el mapa global de árboles más preciso que se ha hecho nunca, en el que cada píxel es un kilómetro cuadrado de la densidad de árboles forestales a escala global. Este mapa revela que el número total de árboles es de aproximadamente 3,04 trillones. De estos árboles, aproximadamente 1,30 billones se encuentran en los bosques tropicales y subtropicales, 0,74 billones de árboles en las regiones boreales y 0,66 billones en las regiones templadas. Las tendencias a nivel de bioma en la densidad de árboles demuestran la importancia del clima y la topografía.

Los resultados indican que la mayor densidad de árboles por habitante se encuentra en los bosques boreales y de las regiones subárticas de Rusia, Escandinavia y Norteamérica. La mayor extensión de bosques está en los trópicos, con el 43% de todos los árboles del planeta. Los bosques del norte solo contienen el 24% del total de ejemplares y el 22% está en zonas templadas (Figura 1).

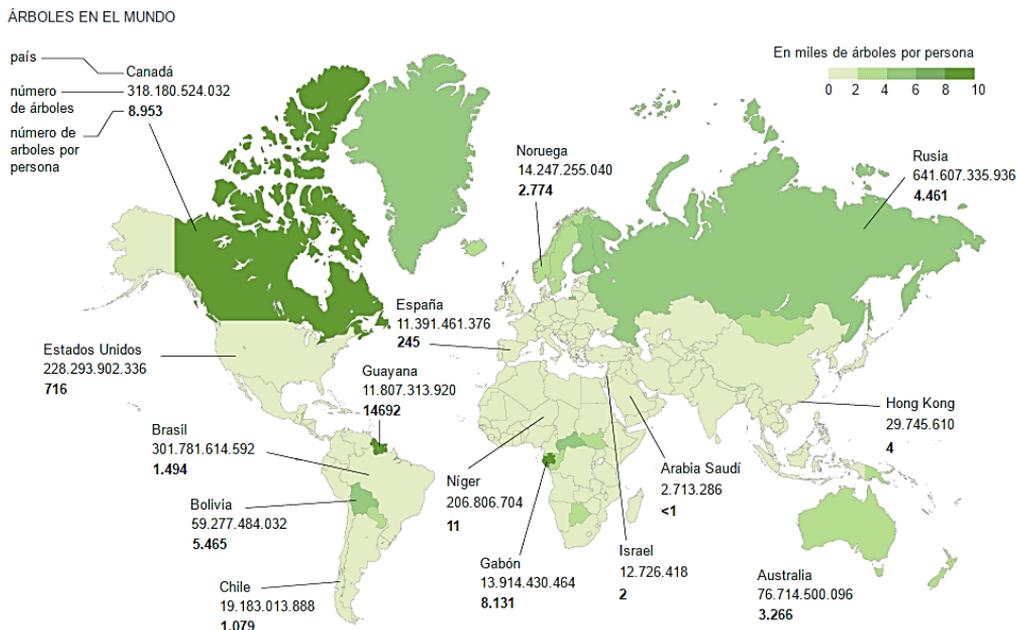


Figura 1. Densidad de árboles por habitante de los bosques en el mundo

Fuente: Diario El País, España con datos de Crowther *et al.*, 2015

En base a la densidad de árboles proyectados, se estima que más de 15 millones de árboles son talados cada año y el número total se ha reducido en aproximadamente un 46% desde el comienzo de la civilización humana (Crowther *et al.*, 2015).

1.2 La deforestación: nuevos criterios pueden contribuir a abordar la problemática

¿Qué es exactamente un bosque degradado?

La deforestación resulta a menudo rentable y lógica porque, por lo general, sus costos no repercuten en las empresas que desmontan la tierra con fines agrícolas ni en las que explotan y venden la madera. Estos costos suelen recaer más bien en la sociedad, las generaciones venideras y, con frecuencia, los hogares pobres de zonas rurales cuya supervivencia y seguridad cotidianas dependen habitualmente de los recursos y servicios ofrecidos por los bosques.

TEEB, 2010 (FAO, 2012)

El hombre extrae del bosque una gran variedad de bienes y servicios ecológicos sin ser consciente de su valor, por lo que su conocimiento y evaluación ha pasado a convertirse en una necesidad, ya que es una herramienta imprescindible para generar políticas de conservación de los mismos (Balmford *et al.* 2002, citado por Carreño *et al.* 2009). Estimar el valor es esencial para caracterizar la vulnerabilidad relativa de diferentes biomas,

ecoregiones y ecosistemas frente a cambios actuales o potenciales del uso de la tierra (Metzger *et al.*, 2006 citado por Carreño *et al.* 2009). A lo largo de la historia, la deforestación ha acompañado el desarrollo económico. El concepto de desarrollo sostenible surgió y evolucionó dentro de la ciencia forestal fundamentalmente en respuesta a la deforestación.

De acuerdo al Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, 2000 citado por FAO 2010) la deforestación, se define como aquellos procesos naturales o antropogénicos que convierten las tierras forestales a no forestales. Es uno de los mayores problemas ambientales actuales a escala global. Según un informe de 2010 de la FAO, produce un impacto social y económico serio. La tasa de deforestación mundial y la pérdida de bosques naturales es de tal magnitud que ha llevado a que se realicen numerosos esfuerzos para cuantificarla.

Los programas tales como REDD+ (Reducción de las Emisiones derivadas de la Deforestación y la Degradación Forestal), de Naciones Unidas, enfrentan el reto de precisar mediciones de la deforestación. Para poder medir con precisión es necesario definir qué es la *degradación forestal* (FAO, 2010). La degradación forestal es la reducción de la capacidad del bosque de proporcionar bienes y servicios.

De acuerdo a la FAO (2011) la degradación de los bosques implica un proceso de cambio que afecta negativamente a las características de un bosque de tal manera que el valor y la producción de sus bienes y servicios declinan o reducen su capacidad. Este proceso de cambio es a causa de perturbaciones (aunque no toda alteración provoca la degradación), que pueden variar en alcance, gravedad, calidad, origen y frecuencia. La perturbación puede tener causas naturales o acción antrópica o una combinación de ambas (FAO 2009, citado por Simula y Manzur, 2015). La perturbación humana inducida puede ser intencional (directa) como la causada por la tala o por el pastoreo intencional (indirecta), como aquella causada por la propagación de una especie exótica invasora.

En este contexto, la evaluación de la deforestación es siempre complicada porque la degradación forestal tiene muchas causas, se presenta en diferentes formas con intensidad variable y se percibe de manera diferente por las diferentes partes interesadas. Los bosques se pueden degradar en lo que se refiere a la pérdida de cualquiera de los bienes y servicios que éstos proporcionan (fibra, alimentos, hábitat, agua, almacenamiento de carbono y otros valores culturales, socioeconómicos y productivos).

Otro ingrediente que aumenta la complejidad del problema es el hecho que la degradación puede considerarse tanto un estado (el bosque es degradado o no degradado) como un proceso (donde puede haber umbrales a lo largo de un continuo de degradación). En este aspecto se necesitan saber los umbrales o estados de referencia para determinar el estado de un bosque, o expresado de otro modo, *cuando un bosque deja de serlo* (Fraser, 2014). En el grado de la degradación a lo largo de un continuo es necesario conocer los umbrales y criterios de degradación (Figura 2), que pueden diferir entre países e incluso dentro del mismo país (FAO 2011).

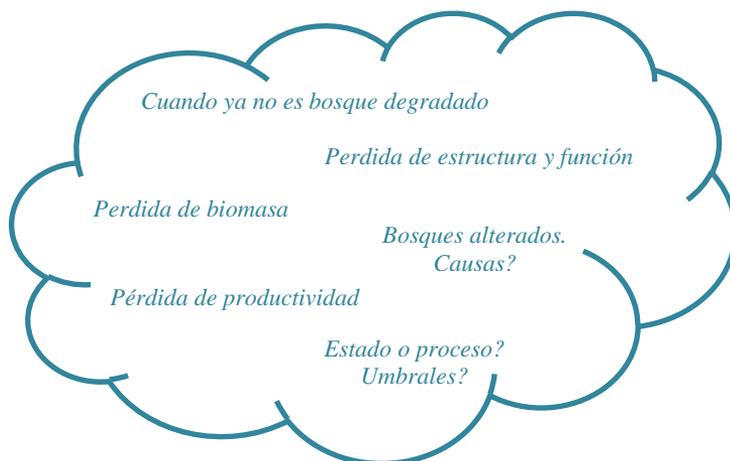


Figura 2. Complejidad de conceptos en lo atinente a la degradación y una definición adecuada.

Tampoco hay consenso en que lo que se considera degradación porque para lo que algunos es bosque degradado puede no parecerlo para otros (Guariguata *et al.*, 2014). Existen muchas definiciones de degradación forestal, pero no se aclara dónde está el umbral para definir lo que está degradado y lo que no lo está. El Foro de las Naciones Unidas sobre los Bosques (FNUB) ha pedido una mayor armonización entre las definiciones relacionadas con los bosques que se aplican internacionalmente, para facilitar la supervisión y divulgación del progreso hacia el logro de los objetivos forestales globales y la ordenación sostenible de los bosques según lo acordado en el instrumento sin fuerza jurídica obligatoria para todos los tipos de bosques. En este contexto, la armonización no significa la estandarización, es decir que el propósito no es necesariamente alcanzar definiciones comunes sino mejorar la coherencia, compatibilidad y comparación entre las definiciones existentes (FAO 2009).

Al respecto, (Lund, 2009, citado por Simula y Masur 2015) encontró más de 50 definiciones de degradación de los bosques, formulado para diversos fines. FAO (2009) muestra que muchas de estas definiciones son muy generales o su atención se centra en la reducción de la productividad, la biomasa o la diversidad biológica.

Al optimizar las definiciones, las explicaciones debieran ser evidenciadas de manera clara. Es necesario comprender el contexto y los objetivos para evitar la mala interpretación de las definiciones relacionadas con los bosques, dado que muchas de ellas son específicas del contexto.

Las definiciones convenidas internacionalmente deben ser sometidas a procesos largos y complejos, además de consultas y negociaciones que debieran ser tenidos en cuenta ante la consideración de cualquier modificación. Esto requiere un especial cuidado durante su formulación. La idea común coincide en que debiera evitarse la proliferación innecesaria dado que tiende a crear confusión entre los usuarios (FAO, 2010).

A pesar de tanta diversidad, las nociones de capacidad forestal, la estructura del bosque y el suministro de bienes y servicios, se tienen en cuenta en casi todas las definiciones internacionales. Las definiciones de alcance nacional demuestran una mezcla variable pero,

en general, tienen un enfoque productivista y contemplan varias dimensiones posibles (por ejemplo, diámetro del árbol, tamaño del árbol, clase de desarrollo y estructura de la cubierta).

El enfoque del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), es diferente, ya que se centra en un solo elemento, la reserva de carbono forestal. La restricción de la definición del IPCC para los bosques hace que sea diferente de los demás, a pesar de que la densidad de la biomasa es un elemento común en muchas definiciones de organizaciones nacionales.

De acuerdo a la FAO 2006 (Figura 3) la mayor cantidad de C en biomasa se concentra en Sud América mientras que la mayor concentración de C en el suelo se localiza en Europa.

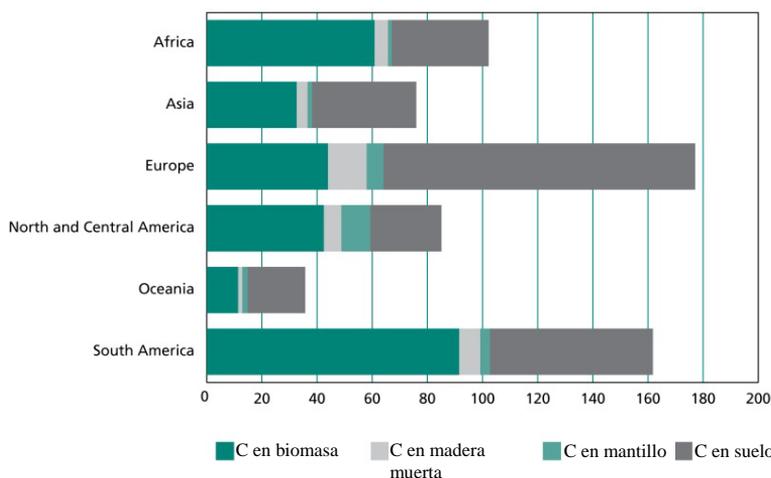


Figura 3. Stock total de Carbono C de acuerdo a la región en los diferentes compartimentos.
Fuente: FAO 2006

Uno de los intentos más interesantes para unificar criterios en el estudio de los bosques fue impulsado por FAO (2011) donde se exponen siete criterios para una guía global en un intento de cuantificar la degradación. Aun así informan sobre las limitaciones de estos criterios debido a que los mismos no contemplan los inconvenientes legales, políticos y el marco institucional.

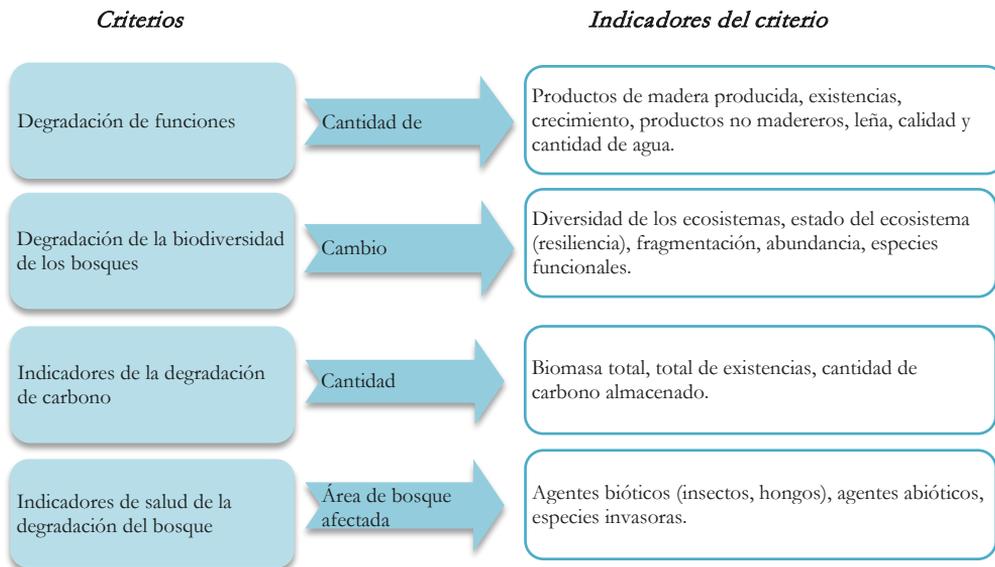
Otro ejemplo es el estudio de Thomson *et al.* (2013), donde se propone un enfoque con cinco criterios directrices. Los criterios propuestos son: producción a largo plazo de bienes y servicios forestales, biodiversidad, alteraciones inusuales como fuego o especies invasivas, almacenamiento de carbono y aptitud del bosque para proteger el suelo. En este estudio, los encargados de la gestión forestal y los planificadores del uso de la tierra pueden usar estos criterios para evaluar el estado de un bosque y determinar si el uso de sus recursos es sostenible. Estos autores proponen que estos criterios recibirían una ponderación diferente dependiendo de las metas de la gestión forestal.

Ya sea que se considere la degradación como estado o proceso y para realizar cualquier toma de decisiones, la disponibilidad de información es básica y se requiere que la misma esté organizada. Ante ello surge la necesidad de criterios e indicadores que expresen el

grado de degradación. Los criterios son los temas que nos permiten organizar la información y que a su vez son descritos por indicadores. La degradación forestal puede expresarse como la pérdida de biodiversidad, la merma de la salud y el potencial productivo o protector de los bosques.

Para medir cualquiera de estos criterios se requiere de indicadores que describan cualitativa o cuantitativamente a un criterio. Los indicadores de sostenibilidad son mediciones de base científica que permiten evaluar y monitorear de forma coherente los progresos logrados en la gestión forestal sostenible. Los indicadores pueden ser medidas, números, hechos, opiniones o percepciones que señalen condiciones o situaciones específicas. Deben ser aceptables, fácilmente mensurables y que suministren a los que miden información fidedigna sobre la situación de la degradación forestal, tomando en consideración diversas escalas temporales. Los indicadores de sostenibilidad pueden ser útiles para identificar los cambios necesarios en las prácticas de gestión, a fin de poder mantener y mejorar la salud y vitalidad de los bosques (FRA, 2015).

Los indicadores deberían reflejar adecuadamente la naturaleza, las peculiaridades, los nexos de los procesos y sus resultados y también deberían caracterizarse por ser estables y comprensibles. Por tanto, no es suficiente con uno solo de ellos para medir la gestión de los recursos forestales sino que se impone la necesidad de considerar sistemas de indicadores, es decir, un conjunto interrelacionado de ellos que abarque la mayor cantidad posible de magnitudes a medir. A continuación se muestra un ejemplo de criterios y sus indicadores (Meneses-Tovar, 2011).



¿Cómo se utilizan los indicadores?:

- Son verificadores de una determinada condición
- Se usan como factores de corrección de los datos de teledetección
- Los indicadores de nivel estandarizados se utilizan para proporcionar una muestra y extrapolar a través de los tipos de bosque.
- Sirven para proponer el nivel de degradación

La importancia de los indicadores radica en que:

- Permiten medir cambios en esa condición o situación a través del tiempo.
- Facilitan mirar de cerca los resultados de iniciativas o acciones.
- Son instrumentos muy importantes para evaluar y dar surgimiento al proceso de desarrollo.
- Son instrumentos valiosos para orientar cómo se pueden alcanzar mejores resultados en proyectos de desarrollo.

Es evidente que no todos los criterios puedan ser cumplidos contemporáneamente y por tanto, es probable que exista la necesidad de priorizar.

1.3 La deforestación en Argentina

Durante mucho tiempo nuestro país careció de planificación en cuanto al aprovechamiento de los recursos forestales por lo que las consecuencias fueron drásticas.

En la actualidad la gestión de los recursos forestales en Argentina a nivel nacional depende de dos organismos diferentes. Todo lo correspondiente a los bosques nativos depende del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, a través de su Dirección de Bosques; mientras que los bosques implantados están bajo la órbita del Ministerio de Agroindustria, a través de su Subsecretaría de Desarrollo Foresto-industrial.

La superficie territorial de Argentina tiene un 21 % de tierras forestales. De esta superficie sólo el 13% está ocupado por bosques y montes productivos, que desciende al 9 % si se consideran exclusivamente los bosques maderables, aunque de acuerdo a la ex Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2010), el porcentaje de superficie cubierta de bosque nativo en Argentina es de 10,29 %. Los expertos coinciden en que cada región debería tener una superficie cubierta de bosque superior al 25 % para no esperar eventos catastróficos en el ambiente (Zack *et al.* 2008, citado por Joseau 2014). Se comprende entonces la situación de emergencia y vulnerabilidad del país. La pérdida estimada de bosques nativos en el período 1937/1987 en el país fue alrededor de 2 millones de hectáreas, habiéndose acelerado durante los últimos años.

En el informe presentado por Argentina a la FRA (2015) de las Naciones Unidas, surgió que Argentina se ubica como uno de los 10 países que más deforestan en todo el mundo y de acuerdo a la FAO figura noveno entre los países que más superficie boscosa perdieron en el último quinquenio. De acuerdo con este registro histórico, Argentina contaba entonces con 34,7 millones de hectáreas de bosques. Ahora, 25 años después, se han reducido a 27,11 millones. El país perdió entonces en el último cuarto de siglo, el 22 % de

sus bosques (7,6 millones de hectáreas). En el 80 % de los casos, el desmonte es por un cambio en el uso de la tierra, sobre todo debido al avance de la agricultura. Aquí se produce una paradoja notable porque las causalidades son diferentes. Mientras los países africanos talan sus bosques para enfrentar la hambruna de sus poblaciones, las naciones sudamericanas lo hacen para producir commodities de exportación; es decir, reducen su masa boscosa para alimentar a naciones extranjeras. Así, en la Región Chaqueña, del total de la soja producida en el país, solo el 2 % se utiliza para consumo humano. El restante 98 % se exporta, mayormente a Europa, Estados Unidos y China. Principalmente se aplica a la alimentación animal y a la producción de biocombustibles (Mónaco, 2016).

No se puede hablar de deforestación sin tener en cuenta la dinámica temporal del proceso, las diferentes causalidades y su íntima relación con el contexto social emergente.

Un estudio realizado por Grau *et al.* (2005) señalaba que la deforestación debido a la expansión de la agricultura estaba amenazando el Gran Chaco, una de los más grandes biomas forestales de América del Sur. En este estudio focalizado en el Chaco Semiárido, la deforestación se estimó para las zonas con diferentes niveles de limitaciones de suelo y lluvia para la agricultura, entre 1972 y 2001. Se realizó un análisis más preciso en tres periodos que inicia en 1984, caracterizado por diferencias en las precipitaciones, el precio de la soja, el costo de producción, el rendimiento impulsado por la tecnología y el producto bruto interno. Entre 1972 y 2001 fueron deforestadas 588.900 ha (20 % de los bosques), acelerándose a 28.000 ha/año después de 1997. La deforestación inicial se asoció con el cultivo de poroto negro después de un aumento de las precipitaciones durante el año 1970. En la década de 1980, los altos precios de la soja estimularon aún más deforestación. En 1997, la introducción de cultivares transgénicos de soja y la reducción de los costos de plantación estimularon aún más el aumento de la deforestación. Entre 1977 y 1997, el desmonte fue constante a una tasa próxima a 0,45% anual. A partir de ese momento, en el que se difunde el cultivo de soja transgénica con siembra directa, dicha tasa presenta variaciones sin tendencia definida hasta fines de 2001.

Adámoli *et al.* (2004) también señalaban las características de la onda expansiva del cultivo de soja en la Región Chaqueña donde ya se preveía un fuerte incremento en la actividad agrícola y ganadera, debido tanto al potencial productivo de sus tierras, como a la inferioridad del precio de los campos de esta región comparados a los de la Región Pampeana. Adámoli *et al.* (2004) exponían así los cambios producidos a consecuencia de esta expansión: *“multiplicación de las áreas desmontadas en el paisaje natural; disminución de la superficie sembrada con algodón y reconversión a la soja; fuerte crecimiento de pasturas cultivadas, en especial en grandes propiedades debido al aumento en la producción ganadera; predominio de establecimientos grandes y medianos en el modelo de ocupación del territorio y disminución paulatina de las antiguas colonias de pequeños productores; fuerte caída de la población rural (porque la soja ocupa menos mano de obra que el algodón), lo que genera migraciones hacia los cinturones de pobreza de las grandes ciudades.”*

Estos autores ya alertaban en este estudio que de seguir los efectos globales (clima, mercados y cultivares transgénicos) se continuarían con las mismas tendencias, pronosticando que probablemente que las próximas décadas se deforestaría una gran proporción de este bioma, a menos que tomen fuertes acciones de conservación.

Esto lamentablemente se cumplió. Los datos de la Dirección de Bosques de la Secretaría de Ambiente muestran que la deforestación para el período 1998 a 2002, fue de

aproximadamente de 230 mil hectáreas. Los datos de la Unidad de Monitoreo de Bosque Nativo de Argentina (UMSEF, 2007) muestran que entre 1987-1998 y 1998-2002 se deforestaba a una tasa de 180.000 y 235.100 ha/año, con una tasa anual de deforestación en ese período de -0,82 %. Esta tasa supera además la tasa mundial, que es de -0,23% anual para el período 1990-2000 (Bono *et al.*, 2004; citado por Joseau *et al.*, 2014). Otros autores dan para la Región Chaqueña tasas de deforestación de bosques nativos que varían entre -1,5 y -2,5 % anual, valores superiores al promedio continental y mundial (-0,51 % y -0,2 % respectivamente) (FAO, 2007; Gasparri *et al.*, 2008; Volante *et al.*, 2006, citados por Paruelo *et al.*, 2011), asociados todos a la expansión agropecuaria (Tabla 1).

Tabla 1. Tasa anual de deforestación para distintas regiones del mundo y algunas provincias argentinas.

Lugar	Período	r (% anual)
El mundo (Puyravaud, 2003)	1990-2000	-0,23
África (Puyravaud, 2003)	1990-2000	-0,78
Tierras Bajas, Bolivia (Steininger <i>et al.</i> , 2001)	1975-1998	-2,81
Selva Lacandona (Mendoza y Dirso, 1999)	1974-1991	-1,57
Provincia del Chaco (UMSEF, 2003)	1998-2002	-0,57
Provincia de Salta (UMSEF, 2004c)	1998-2002	-0,69
Parque Chaqueño (Provincia de Salta) (UMSEF, 2004c)	1998-2002	-0,81
Provincia de Tucumán (UMSEF, 2004e)	1998-2002	-0,68
Parque Chaqueño (Provincia de Tucumán) (UMSEF, 2004e)	1998-2002	-1,97
Provincia de Jujuy (UMSEF, 2004b)	1998-2002	-0,16
Parque Chaqueño (Provincia de Jujuy)(UMSEF, 2004b)	1998-2002	-0,46
Provincia de Córdoba (UMSEF, 2004a)	1998-2002	-2,93
Provincia de Santiago del Estero (UMSEF, 2004d)	1998-2002	-1,18
Provincia de Formosa	1998-2002	-0,16

Fuente: UMSEF, 2007

De acuerdo a esta fuente los resultados preliminares muestran que la pérdida de bosque nativo tiende a aumentar en el período 2002-2006, tanto en las provincias más afectadas en el período 1998-2002 (Santiago del Estero, Salta y Córdoba) como también en aquellas donde la deforestación no era un proceso de relevancia (Formosa). Un dato más reciente indica que se pierden actualmente un promedio de 290.000ha por año de bosques nativos.

En este trabajo se aborda con mayor énfasis, la problemática de la Región Chaqueña. En la Tabla 2 se incluyen datos de producción forestal primaria por región, donde se observa el significativo aporte de la región a la producción forestal del país.

Los bosques nativos de Argentina producen 4 millones de toneladas anuales de productos forestales, de los cuales un 75 % proviene de tres de las once provincias que componen la eco-región Chaqueña: Chaco, Salta y Santiago del Estero. De la producción en estas tres provincias, el 80 % es leña utilizada para fabricar carbón o para consumo directo.

Tabla 2. Producción primaria por región forestal (en toneladas)

Región Forestal	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
BAP	104.357	113.149	104.476	116.047	91.580	92.099	97.411
Espinal	199.716	128.446	15.679	13.299	54.775	43.766	39.796
Estepa patagónica	144	40	71	84	1.128	1.435	1.567
Monte	154.987	45.686	55.822	60.188	15.917	6.796	6.613
Reg. Chaqueña	3.276.601	3.566.051	3.348.152	3.501.848	3.732.860	3.376.698	3.696.376
Selva Misionera	231.009	142.770	90.904	59.358	51.258	40.026	26.416
S T B	118.788	53.340	43.016	64.586	36.899	31.411	23.948
Total	4.085.602	4.049.482	3.658.120	3.815.410	3.98.417	3.592.231	3.892.127

Incluye rollizos, leña como tal, leña para elaborar carbón, postes y otros productos excepto los productos elaborados carbón y durmientes.

Fuente: Subsecretaría de Planificación y Política Ambiental (2013).

En la Tabla 3 se indica la superficie deforestada y la tasa anual de deforestación en dos períodos observados: 1998-2002 y 2002-2006.

Tabla 3. Superficie deforestada y tasa anual de deforestación (Chaco, Córdoba, Formosa, Salta, Santa Fé y Santiago del Estero)

Provincia	Superficie Bosque Nativo			Superficie deforestada (h)		Tasa anual de deforestación (%)	
	1998	2002	2006	1998-2002	2002-2006	1998-2002	2002-2006
Chaco	5.107.780	4.939.466	4.811.975	117.974	127.491	-0,57	-0,65
Córdoba	1.108.769	979.095	885.165	122.798	93.930	-2,93	-2,52
Formosa	3.073.011	3.052.119	3.021.823	19.977	30.296	-0,16	-0,25
Salta	7.235.736	6.931.705	6.516.771	194.389	414.934	-0,69	-1,54
Santa Fe	554.799	530.354	519.027	20.737	11.327	-0,95	-0,54
Sgo. del Estero	6.608.826	6.193.836	5.678.608	306.055	515.228	-1,18	-2,17
Total	23.688.921	22.626.575	21.433.369	21.433.369	1.193.206	-1,01	-1,35

Fuente: Observatorio UMSEF 2007

Del Monitoreo de Bosque Nativo de Argentina Años 2002-2006, se observa la pérdida de la cobertura forestal autóctona en las regiones forestales más afectadas por este proceso (Parque Chaqueño, Selva Tucumano Boliviana y Selva Misionera (Figura 4).

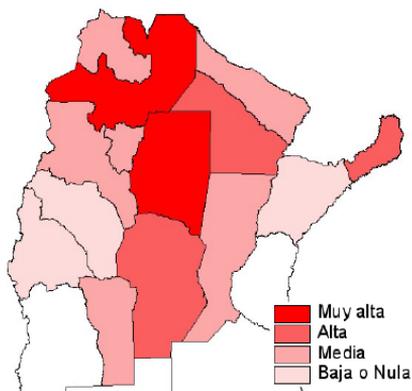


Figura 4. Nivel de deforestación según provincia (Fuente MaDys 2007)

Las dos provincias que han registrado mayor aumento de pérdida de bosques en el período fueron Salta y Santiago del Estero, siendo la actividad agropecuaria la principal causa de deforestación, afectando de esta manera al Parque Chaqueño y las Yungas. En las provincias de Salta y Jujuy, las áreas desmontadas corresponden a la transición entre las regiones Parque Chaqueño y Yungas, ocupando principalmente el pedemonte. En las provincias de Santiago del Estero y Chaco, la deforestación se localiza en el límite entre ambas que históricamente ha presentado un uso tradicionalmente agrícola. A su vez, hacia el centro de la provincia de Santiago del Estero se evidencian áreas deforestadas principalmente para uso ganadero debido a las restricciones hídricas en esta zona. Asimismo, el mismo patrón se observa en la zona del Impenetrable en la provincia del Chaco donde las condiciones climáticas tampoco son propicias para la agricultura (Figura 5).

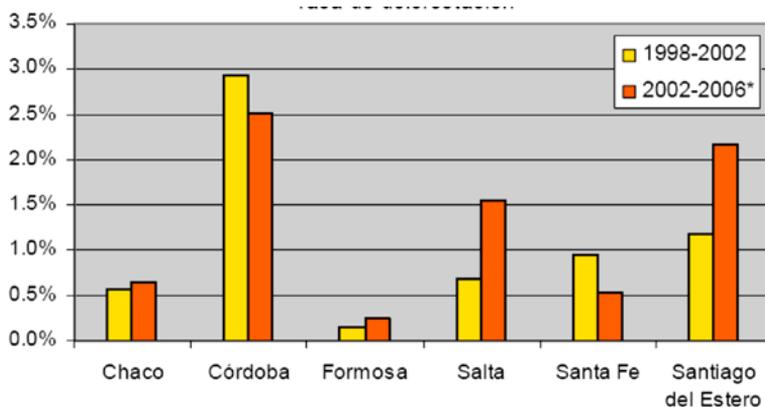


Figura 5. Comparación en dos periodos de Tasa de deforestación en porcentaje por provincia

Las provincias con mayores tasas históricas de deforestación fueron Santiago del Estero, Salta y Chaco. Entre 1998 y 2002, en esas provincias se registraron 618.500 ha desmontadas, un valor equivalente a 79 % de la totalidad de los desmontes de Argentina

(Paruelo *et al.*, 2011). Durante los años 2002-2006 en las mismas provincias se desmontaron 1.057.600 ha, equivalentes a 89 % del total para el país. Mientras en la provincia del Chaco la tasa de desmonte aumentó de forma leve (de 0,57 a 0,65 % anual), en Santiago del Estero creció 83 % (de 1,18 a 2,17% anual) y en Salta 123 % (de 0,69 a 1,54 % anual) (Paruelo *et al.*, 2011).

Las principales causas de la deforestación podrían resumirse en las siguientes:

- El aumento de las áreas agrícolas en secano de medianas y grandes empresas con producción y tecnología tradicional, incompatible con el bosque nativo y de relativo valor social y económico regional. La tendencia es el aumento de la superficie agrícola con avance sobre las áreas más secas del semiárido.
- La continua degradación, lenta pero sostenida, en las áreas más secas del semiárido con sistemas ganaderos extensivos cada vez menos productivos, que traen como consecuencia la pérdida de renovabilidad del bosque nativo. La superficie en estas condiciones es de unos 15 millones de hectáreas. La tendencia en 20 años es la pérdida de posibilidad de renovación de las principales especies forestales nativas en esta gran región.
- El aumento de la salinización de los suelos por malas prácticas agrícolas y de riego, sobre todo en los límites entre el Chaco Semiárido y el Húmedo y en las áreas tradicionales bajo riego; esto afecta a unas 400.000 has.
- Importantes pérdidas de bosques y pastizales debido a la alta frecuencia de incendios por la escasa prevención. Se presenta en todas las subregiones, siendo graves en el Chaco Serrano con sus 300.000 has incendiadas todos los años.
- El aumento de la contaminación por el creciente uso y abuso de agroquímicos en áreas agrícolas (soja, algodón, etc.) con expansión de sus efectos vía hídrica a ambientes circundantes.

Los resultados del proyecto Lada sobre lucha contra la desertificación presentan un profundo estudio sobre las tierras secas de Argentina, destacándose los principales cambios que han ocurrido en ellas debido al cambio de uso del suelo en cada una de las eco-regiones del país.

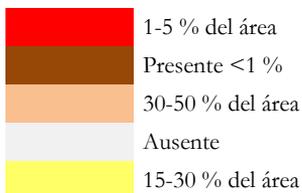
La desertificación es la degradación de la tierra en regiones áridas, semiáridas y subhúmedas secas, resultante de diversos factores, incluso variaciones climáticas y actividades humanas. Ésta es la definición internacional del fenómeno de la desertificación establecida por la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (FAO, 2011).

Entre los más potentes desencadenantes de la desertificación se identifica a los procesos de cambio en los usos del suelo. Todas las tierras secas de Argentina están sometidas a presiones y la competencia por los distintos usos del suelo se convierte en el principal conflicto a resolver en la lucha contra la desertificación (Tabla 4).

Tabla 4. Importancia relativa de distintos usos de la tierra en las regiones de tierras secas del Chaco argentino.

Región	Superficie (KM²)	Agricultura de secano	Agricultura B/Riego	Ganadería	Actividad Forestal	Áreas sin uso
Chaco Subhúmedo	171.265					
Chaco Semiárido	272.578					
Chaco Árido	156.157					

Fuente: proyecto LADA (FAO, 2011)



La región del Chaco subhúmedo es la que tiene mayor superficie forestal, que decrece en función de la aridez, siendo el Chaco árido el de menor superficie con uso forestal.

Del extenso y exhaustivo estudio realizado por Lada en 2003, la situación de desertificación en las tierras secas argentinas es grave y exige medidas urgentes para lograr su recuperación y mejorar la calidad de vida de las poblaciones que en ellas viven y trabajan. En muchos casos, se asiste a procesos de larga data de extracción y pérdida de capital natural y social que solo puede ser revertido con una decidida acción política y de planificación y gestión que respete esta biodiversidad regional. Las iniciativas de gestión del desarrollo y la lucha contra la desertificación en las tierras secas, hasta la fecha no han logrado generar interés y la financiación adecuada. Ello se debe, en gran parte, a que los inversionistas, las agencias de desarrollo y el público tienen una comprensión incompleta de la amplia gama de bienes y servicios valiosos que las tierras secas tienen para ofrecer. Predominan los procesos de pérdida de superficie de bosque causados principalmente por el avance de la frontera agropecuaria. La deforestación y la fragmentación de la superficie boscosa favorecen la pérdida de biodiversidad y aumentan la probabilidad de que se inicien procesos de desertificación. Las tendencias actuales de aumento en la precipitación, así como la alta rentabilidad de cultivos, principalmente de soja, acompañadas de la innovación tecnológica, disminuirían las restricciones a la expansión agrícola resultando en la pérdida masiva de la superficie boscosa de la provincia de Santiago del Estero (UMSEF, 2004).

De acuerdo al informe de la FAO (2007) el Gobierno Argentino, ha demostrado su preocupación por el deterioro del medioambiente, implementando la Ley N° 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos, sancionada en noviembre de 2007 y cuya autoridad nacional de aplicación es el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAYDS). Esta herramienta de política forestal es considerada un hito en la gestión de los recursos forestales al fijar los presupuestos mínimos para el manejo sustentable y la conservación de los bosques nativos a los que deben ajustarse las autoridades de las jurisdicciones provinciales que, de acuerdo a la Constitución Nacional, tienen el dominio originario de los recursos naturales existentes en sus territorios.

Esta ley contempla acciones tales como la mitigación en el proceso de pérdida de cobertura forestal por desmontes, estableciendo una regulación de la deforestación mediante un ordenamiento territorial de los bosques. Asimismo, fomenta la conservación y el manejo sustentable a través de un subsidio económico directo a los propietarios, reconoce el pago de servicios ambientales y crea un Programa Nacional de Protección de los Bosques Nativos en el marco del manejo forestal sustentable.

La sanción de esta ley fue un logro sin precedentes en materia ambiental y un ejemplo de la importancia de la participación de la sociedad civil, por lo que existe un cuerpo legislativo importante formulado con el objetivo de conservar los bosques. Sin embargo, la historia ha demostrado que estos elementos por sí solos no son suficientes para reducir la deforestación. A más de ocho años de su aprobación, su efectiva implementación enfrenta dificultades que deben ser resueltas de manera urgente, según sostiene la ONG Green Peace.

En un informe que aprobó Auditoría General de la Nación (AGN), en el que se analizó la implementación de la Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de Bosques Nativos, durante los años 2007 a 2013, se señala que algunos ordenamientos territoriales de bosques nativos no se ajustan a lo establecido en la ley nacional. Se destaca el caso de la provincia de Salta, donde se realizaron re categorizaciones de conservación de los bosques nativos que implicaron pasar de una categoría de conservación “Muy alta” a una “Mediana” o “Baja”. Nuevamente también las definiciones poco precisas sobre lo que es bosque/no bosque, juega un papel importante.

En un artículo de García Collazo *et al.* (2013) se analizó la aplicación de los diez criterios de sustentabilidad ambiental contemplados por la ley N° 26.331 y se compararon cuantitativamente los mapas de zonificación resultantes del proceso de Ordenamiento Territorial de Bosque Nativo (OTBN) en las áreas limítrofes. Los resultados de estos investigadores mostraron que la interpretación de los criterios de sustentabilidad ambiental ha sido dispar entre las provincias debidas, en parte, a que la información de base utilizada no tiene el mismo nivel de detalle. Salta y Chaco consideraron mayor detalle en estos criterios mientras que Santiago del Estero y Formosa utilizaron información con un nivel de detalle menor.

Según los investigadores de la FAUBA (García Collazo *et al.*, 2013) la categorización de bosques elaborada por las provincias del noroeste argentino habría resultado inconsistente, debido a que la información ambiental utilizada fue pobre y escasa. Además, las provincias del NOA interpretaron de forma diferente los criterios de sustentabilidad y zonificaron sus bosques de manera dispar. Por ejemplo, se asignaron categorías distintas a bosques a ambos lados de los límites provinciales, teniendo en cuenta sólo los aspectos políticos y no los ambientales o ecológicos. Actualmente, y de acuerdo a un informe reciente de Green Peace, el 80 % de la deforestación se concentra en cuatro provincias del norte: Santiago del Estero, Salta, Formosa y Chaco. Nuevamente, las principales causas de la pérdida de bosques son el avance de la frontera agropecuaria (soja transgénica y ganadería intensiva) y los incendios.

En el informe de Green Peace (2016), titulado “Deforestación en el norte de Argentina (enero-agosto 2016)”, la ONG internacional sostiene que la superficie desmontada en este período en las provincias de Salta, Santiago del Estero, Formosa y Chaco fue de 60.188 hectáreas. El informe afirma además que el 35 % de la deforestación fue ilegal (en bosques

nativos clasificados en las Categorías I-Rojo y II-Amarillo), alcanzando las 20.523 hectáreas. En Santiago del Estero se desmontaron 10.583 hectáreas de bosques protegidos (el doble que en las zonas permitidas); en el Chaco 5.307 hectáreas; en Salta 4.212 hectáreas y en Formosa 421 hectáreas de bosques protegidos.

En total se calcula que en Santiago del Estero se desmontaron 4 millones de hectáreas entre 1976 y 2012 (Figura 6). La tendencia se aceleró en la última década, puesto que el 50 % de esa superficie (2 millones de hectáreas) se desmontó entre 2000 y 2012. Los datos de pérdida de bosque nativo abarcan tierras forestales y otras tierras forestales que incluyen bosques en galería, bosques bajos y en palmares comprendidos en la definición de la ley N° 26.331. Para mejor comprensión al final del capítulo se incluye un anexo con la definición utilizada de estos términos.

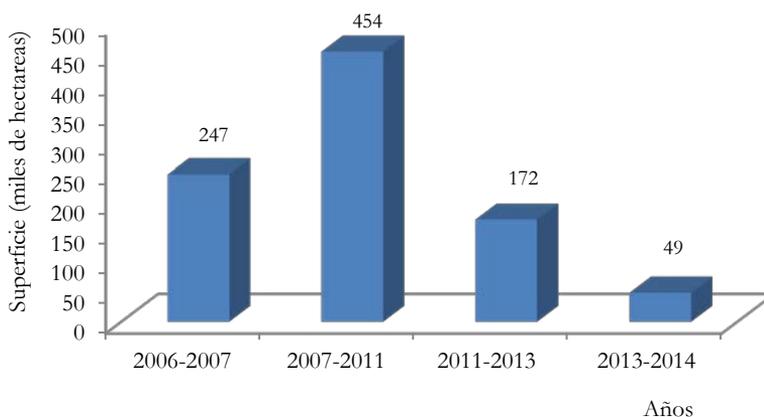


Figura 6. Pérdida de tierras forestales y otras tierras forestales en Sgo. del Estero según período(en ha).
Fuente UMSEF 2011-2013.

De acuerdo a los datos provistos por UMSEF (2011-2013), la tasa anual de deforestación correspondiente a la provincia de Santiago del Estero en el período 1998-2002 fue de 1,18 %.

La deforestación en la provincia de Santiago del Estero, entre los años 2002-2006, fue de 515.228 hectáreas, con una tasa anual de-2,17 % (según Tabla 1, es una de las más altas a nivel mundial).

“La importante proporción de territorio que representa Santiago del Estero dentro del Chaco semiárido, sus características socioeconómicas, los conflictos territoriales existentes y las particularidades de su legislación en lo que refiere a la conservación de sus bosques, hacen necesario un análisis exhaustivo de los procesos de deforestación y su relación con la Ley de bosques, particularmente sobre su cumplimiento”, detalla el trabajo de la FAUBA, dirigido por el investigador José Paruelo (2011) en base a sistemas de información geográfica (SIG).

Santiago del Estero reglamentó su ley provincial de bosques en 2009, dividiendo a la provincia en once zonas en función de su potencial productivo y de conservación, y

determinando las tres categorías de bosques. Al respecto el informe de la FAUBA generada por el Laboratorio de Análisis Regional y Teledetección de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, reconoce que a partir de la sanción de la Ley Provincial N° 6.942, en 2009, se redujeron la superficie y las tasas de deforestación anuales en Santiago del Estero (Figura 6).

Sin embargo, dicho informe asegura que la efectividad de la legislación fue parcial porque se presentaron fuertes irregularidades en la determinación de las zonas de conservación, sobre las cuales no se permite desmontar. En concreto, se permitió deforestar en zonas de categoría II (amarillo) que la legislación nacional no admite. El estudio realizado por Adámoli *et al.* (2011) analiza la implementación de ley N° 26.331 en las provincias más afectadas por los desmontes: Santiago del Estero, Salta y Chaco. En él se destaca el bajo impacto de la categorización de los bosques protegidos (I Rojo) al ser ya áreas protegidas con anterioridad. En las zonas de categoría II (amarillo) tanto Chaco como Santiago del Estero permitieron ciertos porcentajes de desmonte y prácticas “silvopastoriles” que, de acuerdo a estos y otros autores, son desmontes “encubiertos” (Adámoli *et al.*, 2011). En la categoría verde (III) las tres provincias incluyeron bosques de mayor potencialidad agrícola. En esta contradicción los bosques amenazados son los menos protegidos. En la Figura 7 se muestra la superficie desmontada anualmente desde 1976 hasta 2012, donde se observa que la superficie sigue aumentando aún luego de sancionada la ley de presupuestos mínimos.

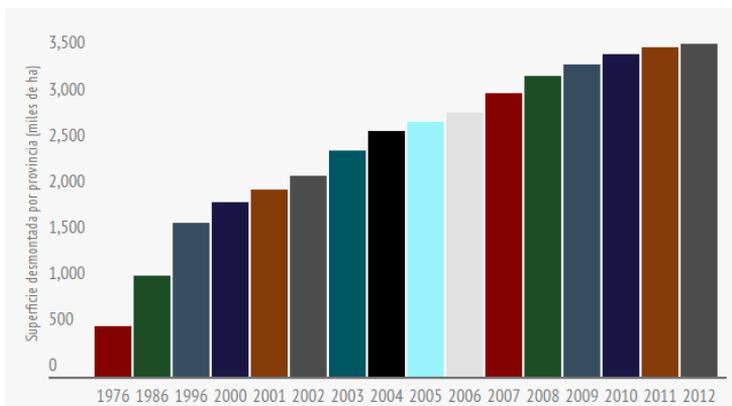


Figura 7. Superficie desmontada acumulada en Santiago del Ester, período1976-2012.

Fuente:<http://monitorecodesmonte.com.ar/>

Existe en Santiago del Estero una enorme conflictividad social asociada a los desmontes. El avance de la deforestación se desarrolla en base a la poca claridad y eficacia en la protección de los pobladores tradicionales. Cerca del 75 % de las familias campesinas de Santiago del Estero son poseedoras veinteñales de las tierras que habitan, pero en su mayor parte, carecen de títulos que les aseguren la propiedad formal. La presión registrada en los últimos años sobre estas tierras, producto de la expansión agropecuaria, puso de manifiesto este problema y generó un conflicto social hasta ahora irresuelto. El conflicto en torno a la tierra, en muchos de estos casos, termina dirimiéndose por la fuerza. Los desmontes y desalojos se han venido realizando amparados en un escasísimo control, muy

débiles exigencias en el otorgamiento de permisos y desidia para actuar frente a las denuncias realizadas por pobladores y organizaciones sociales (Torella y Adamoli, 2005).

Las zonas con mayor superficie deforestada se localizan en el este de los departamentos de Moreno, Alberdi y General Taboada, en la transición entre las subregiones del Chaco Húmedo y del Semiárido, donde se alcanzan niveles de precipitación superiores a los 500 mm anuales que disminuyen los riesgos de déficit hídrico y aumentan los rendimientos de los cultivos(UMSEF, 2004).

2. ¿Puede el hombre restaurar ambientes?: una perspectiva para recomponer los bosques

2.1. Áreas forestadas

Una de las estrategias de conservación de los bosques nativos propuestas por ciertos estudios y tendencias son las plantaciones forestales (Figura 8). Las plantaciones forestales, monocultivo a gran escala, han sido criticadas por varias razones entre las que se consideran el acaparamiento de tierras, la deficiente provisión de servicios ambientales, una distribución desigual de beneficios, entre otras.

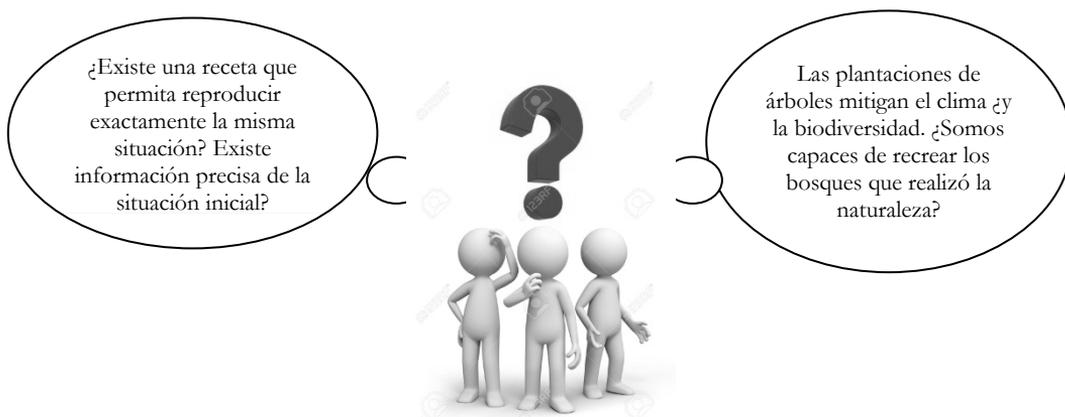


Figura 8. Complejidad de las estrategias de conservación

Así, podría parecer ilógico, e incluso provocador, sugerir que las plantaciones forestales son una solución clave para promover la conservación de los bosques. Sin embargo, esto constituye la base de una teoría originada a principios del siglo XX, referida como la teoría del “beneficio de conservación de las plantaciones”. Esta teoría estipula que el valor generado de la producción maderera es en realidad una forma efectiva de proteger una porción concreta del bosque (Pirad, 2016). El punto de partida de la misma parece razonable: al plantar árboles a escala tal que su manejo intensivo alcance una alta productividad, se puede producir suficiente madera de forma que no haya presión sobre

los bosques naturales. En otras palabras, se puede sustituir madera proveniente de los bosques con madera producida en plantaciones forestales. Las plantaciones forestales representarán a medio plazo la fuente más importante de abastecimiento a la industria de la madera en el mundo (Baso López, 2009).

La urgencia por revertir la tendencia a la deforestación, a la vez que se prestan beneficios económicos a corto y medio plazo, ha dado lugar a programas de reforestación a cargo de los propios estados y de organismos internacionales.

Como resultado de estas políticas, la superficie ocupada por bosques plantados aumentó de 167,5 a 277,9 millones de hectáreas (de 4,06 a 6,95 %) de la superficie global de bosques, desde 1990. La tasa media anual de incremento entre 1990 y 2000 fue de 3,6 millones de ha/año. La tasa alcanzó su máximo nivel y llegó a 5,9 millones de ha/año en el período 2000-2005, para luego disminuir a 3,3 millones de ha/año (años 2010-2015), conforme se reducían las plantaciones en América del Norte, Asia Oriental, Asia Meridional y Sudoriental y Europa. El aumento fue más rápido en la zona templada de Asia Oriental, seguida de Europa, América del Norte y del Sur y Sudeste de Asia. Sin embargo, la tasa anual de aumento de la superficie de bosques plantados se desaceleró en el período 2010-2015 a 1,2 %, inferior a la tasa del 2,4 % sugerido que se necesita para abastecer todas las necesidades de madera y fibra del mundo (Payn and Carnus, 2015).

En América Latina las plantaciones forestales se incrementaron desde 4.609 ha en 1980 hasta 10.456 ha en el año 2000. En 1980 el 49 % y en 2000, el 90% de ellas eran monocultivos industriales implantados en su mayoría por iniciativa privada.

De acuerdo a las estimaciones realizadas por FRA (2010) la superficie de bosques implantados a nivel mundial abarca 200 millones de hectáreas. Otros estudios señalan que la plantación de árboles a gran escala está reduciendo notablemente la pérdida neta del área del bosque a nivel mundial.

La forestación y la expansión natural de los bosques en algunos países y regiones han reducido la pérdida neta del área de bosque de manera significativa a nivel mundial. La variación neta en el área de bosque para el período 2000-2010 se estima en -5,2 millones de hectáreas por año, inferior al nivel de -8,3 millones de hectáreas por año en el período 1990-2000.

La distribución porcentual de los bosques plantados en el año 2015 de acuerdo a la región climática se muestra en la Figura 9. El 56 % de los 277,9 millones de hectáreas de bosques plantados existentes se encuentran en la zona templada, el 15 % boreal, el 20 % tropicales, el 9 % subtropicales. En todas las zonas se observó un aumento de la superficie, con mayor incremento de la superficie en la zona templada.

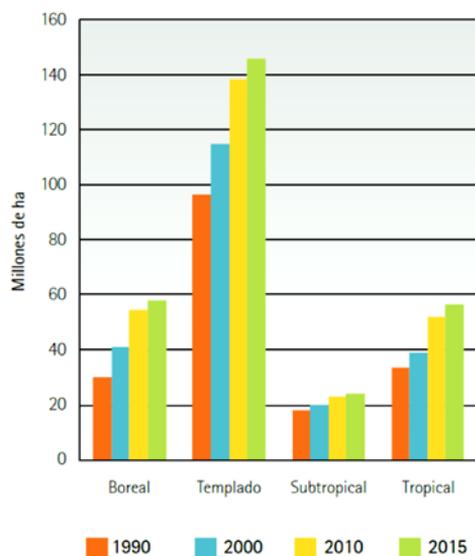


Figura 9. Área de bosque plantado en 2015 por dominio climático. Período 1990-2015
Fuente: FAO, 2015

2.2. Los bosques implantados en Argentina

De acuerdo a la actualización del inventario de plantaciones forestales (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la Nación, SAGPyA, 2005) Argentina cuenta con 1.115.655 hectáreas de bosques cultivados, predominando las forestaciones de pinos, eucaliptos, sauces y álamos.

Según Marco *et al.* (2014) “la contribución del sector forestal al desarrollo de la economía de Argentina es aún poco significativa. El establecimiento de plantaciones forestales en el país tiene ventajas competitivas importantes y aún recibe apoyo fiscal por parte del gobierno nacional a través de la Ley N° 25.080 y su continuación Ley N° 26.432. Los industriales de la madera, los productores y los inversionistas lo ven como una verdadera alternativa económica para el país, sin competir con otros sectores de la producción agropecuaria.”

Si bien la tasa actual de plantación y replantación es relativamente baja (30.000 ha/año) (Fahler, 2014, citado por Marcó *et al.*, 2014), el sector tiene mucho por crecer debido a que Argentina presenta uno de los consumos de madera aserrada per cápita más bajos del mundo (Schlichter, 2012).

Las ventajas comparativas de Argentina respecto a otros países se evidencian fundamentalmente porque las plantaciones forestales presentan altas tasas de crecimiento, similares o mejores a los de países con un fuerte sector forestal, tales como Chile y Nueva Zelanda (Sharry, 2013).

En su gran mayoría, los bosques cultivados en Argentina se basan en especies introducidas de rápido crecimiento con predominio de los géneros *Pinus*, *Eucalyptus*, *Salix* y *Populus* (Figura 10). Estos bosques aseguran un 90 % del abastecimiento de la foresto-industria nacional y seguirán siendo la principal fuente de suministro de la materia prima (Sharry, 2013).

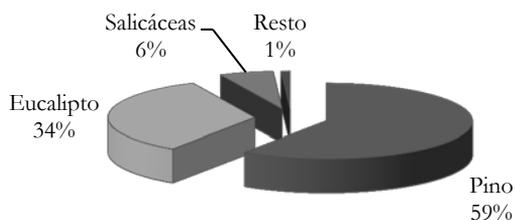
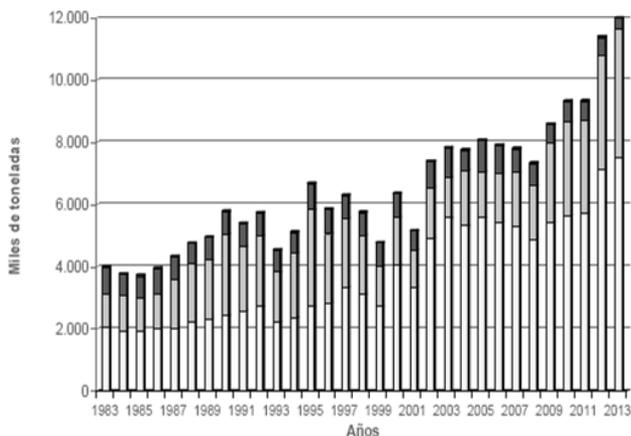


Figura 10. Participación, por especie cultivada, en las extracciones de Argentina. Año 2013.
Fuente MAGyP

El 60 % de las forestaciones del país corresponde a especies de coníferas, fundamentalmente *Pinus ellottii* y *Pinus taeda* y en menor medida otras especies como *Araucaria angustifolia*, *Pinus ponderosa* y *Pseudotsuga menziesii*. Aproximadamente un 25 % de los bosques cultivados corresponden a los eucaliptos, siendo *Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus saligna* los más plantados; en menor cantidad, *Eucalyptus camandulensis*, *E. tereticornis*, *Eucalyptus viminalis* y *Eucalyptus globulus*.

Las salicáceas representan alrededor del 10% de las plantaciones, concentrándose su cultivo en el Delta del río Paraná, en las zonas de riego del Valle del Río Negro y en la provincia de Mendoza. Los diferentes clones de *Populus deltoides* y *Populus x euroamericana* son los cultivares más representativos entre los álamos plantados; en cuanto a los sauces se destacan *Salix babilónica var. Sacramenta*, *Salix nigra* y los híbridos *Salix babilónica x Salix alba* y *Salix matsudana x Salix alba*. El 5 % restante lo componen especies de latifoliadas como *Grevillea spp.*, *Paulownia spp.*, *Melia spp.*, *Robinia spp.*, *Prosopis spp* y *Toona spp.*

La evolución de las extracciones de madera en el período de 20 años (de 1983 a 2013) se muestra en la Figura 11. Se observa que aun con fluctuaciones hay una tendencia de incremento en los totales y que las proporciones se mantienen casi constantes para todos los años observados.



Elaborado: MAGyP
Dirección de Producción Forestal - Área de Economía e Información

CONÍFERAS EUCALIPTO SALICÁCEAS OTRAS

(*) Incluye las especies de Pino y Araucaria(**) Agrupa a coníferas y latifoliadas no especificadas.

Figura 11. Evolución de las extracciones de madera por especie.

Fuente MAGyP

En la Figura 12 se muestra la distribución de las áreas forestadas en el mapa de Argentina. Los principales núcleos de forestación se ubican en las regiones ecológicas más favorables, aunque sin ocupar las mejores tierras que se destinan a la agricultura y ganadería. En el desarrollo de la actividad no sólo influyeron las condiciones ecológicas, sino que tuvo fundamental importancia la localización estratégica respecto a los centros productivos, especialmente Buenos Aires, y la existencia de plantas de procesamiento de celulosa, lo que dio como resultado la formación de polos o cuencas forestales (Braier, 2004).



Figura 12. Localización espacial de las zonas con plantaciones forestales.

Así el 76,5 % de las forestaciones se concentran en la Mesopotamia (Tabla 5). En las provincias de Misiones y Corrientes, la superficie total forestada es de 787.500 hectáreas, con cerca del 85 % de las plantaciones de *Pinus elliottii* y *Pinus taeda*, en menor medida con *Eucalyptus grandis*; constituye el polo foresto-industrial más importante del país. El 70 % de las 135 mil hectáreas de plantaciones en Entre Ríos corresponden a forestaciones de *Eucalyptus grandis*; la superficie restante son bosques de Salicáceas, Coníferas y otras especies de menor importancia. De las 100 mil hectáreas plantadas en Buenos Aires, el 50 % corresponde a Salicáceas ubicadas, en su mayoría, en el Delta del río Paraná. Las áreas restantes corresponden a los Eucalyptus (*E. camaldulensis*, *E. viminalis*, *E. tereticornis*, *E. globulus*) en cortinas rompevientos, montes de reparo y macizos.

Tabla 5. Superficie forestada según provincia (año 2013)

Provincia /Región	Superficie (miles ha)	%
Corrientes	430	35
Misiones	380	31
Entre Ríos	135	11
Buenos Aires	100	8
Patagonia	69	6
Noroeste (Jujuy, Salta y Tucumán)	24	2
Centro (Santa Fe, Córdoba y La Pampa)	49	4
Resto (Formosa, Chaco, Sgo. del Estero, Catamarca, La Rioja, San Luis, San Juan y Mendoza)	29	2
Total	1.216	100%

Fuente: Documento base de temas estratégicos Shary (2013)

Las plantaciones en las provincias patagónicas de Neuquén, Río Negro, Chubut y Santa Cruz, cubren en total 75.900 hectáreas y se dividen en dos regiones que presentan sistemas silviculturales muy diferentes.

Por un lado, la zona de regadío del Valle de Río Negro, forestadas con Salicáceas, cumplen el doble propósito de cortinas rompevientos y producción maderera. En la Patagonia Andina, de las 55 mil hectáreas forestadas, las principales especies son pino ponderosa (*Pinus ponderosa*) y pino oregón (*Pseudotsuga menziesii*).

La región del NOA (Jujuy, Salta y Tucumán) cuenta con 24 mil hectáreas de bosques cultivados. Alrededor del 70 % de los mismos correspondientes al género *Eucalyptus*, fundamentalmente de las especies *E. viminalis* y *E. saligna*. El 27 % corresponde a coníferas, destacándose *Pinus elliotii*, *P. taeda* y *P. patula*. El resto está representado por Salicáceas y otras especies de menor importancia.

Luego, unas 80 mil hectáreas se encuentran distribuidas en el resto del país. Aquí se destaca la región central del país (formada por las provincias de Santa Fe, Córdoba y La Pampa), que cuenta con más de 50 mil hectáreas de bosques implantados. Las principales especies son *Pinus elliotii* y *Pinus taeda* (75 %), *E. camaldulensis*, *E. viminalis* y *E. tereticornis* (20 %) y en menor medida *Populus spp.* y *Salix spp.*

En la región de Cuyo existen algunas forestaciones de Salicáceas, con el propósito principal de formar cortinas rompevientos para proteger los cultivos de vid y olivo.

La evolución de la superficie forestada en Argentina en el período 1990-2000 se muestra en la Figura 13, en la que se observa una tendencia creciente de la misma.

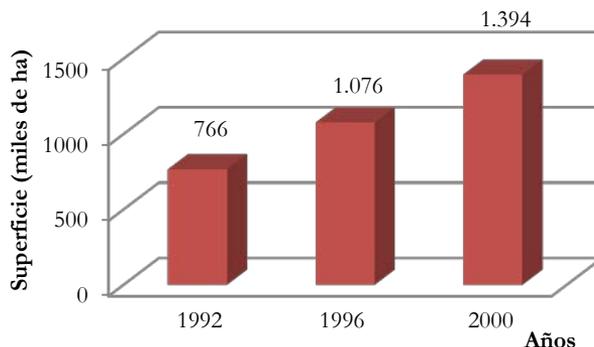


Figura 13. Evolución de la superficie de plantaciones en los años 1992, 1996 y 2000

Las especies nativas cultivadas en Argentina son relativamente pocas aún. Según Marcó *et al.* (2014), esto se debe en parte por el desconocimiento existente con respecto a la producción de su germoplasma, su potencial ecológico de cultivo y por la percepción de que todas ellas poseen una menor velocidad de crecimiento. Sin embargo, es probable creer que la evolución biológica también debe haber originado especies de rápido crecimiento dentro del enorme espectro de las especies nativas argentinas. En el país se han venido realizando estudios sobre conservación y domesticación con *Araucaria angustifolia* (Fahler, 1981), con *Prosopis spp.* (Verga, 1988; Verga, 1995; Verga *et al.*, 2000) y con *Nothofagus spp.* (Gallo, 1993; Gallo, 1995; Gallo *et al.*, 2000, todos citados por Marcó *et al.*, 2014). Esto demuestran que algunas especies nativas tienen crecimientos interesantes para realizar plantaciones y aún en aquellas especies nativas de menor crecimiento, éste se compensa con una mayor calidad de madera asociada a una capacidad adaptativa y de supervivencia que posibilitan su desarrollo (Frangi, 2013, citado por Marcó *et al.*, 2014), sobre todo en sitios que, por sus condiciones ecológicas, no son aptos para las especies forestales introducidas de rápido crecimiento. Ello ha permitido el desarrollo de incipientes conglomerados foresto-industriales de relativa importancia en algunas economías regionales. Un ejemplo se encuentra en la Región Chaqueña con el desarrollo de industrias ligadas a la producción de tanino, carbón y mueblería, aún asociadas únicamente a la materia prima extraída del bosque nativo.

El Gobierno Nacional fomenta la instalación de plantaciones forestales mediante subsidios económicos y beneficios fiscales, a través de la Ley N° 26.432, que prorroga los beneficios de la promoción establecidos en la Ley N° 25.080 de “Inversiones para Bosques Cultivados”, siendo la autoridad de aplicación el MAGyP .

Es una ley destinada a incentivar la producción forestal a través de un régimen de promoción de las inversiones que se efectúen en nuevos emprendimientos forestales y en las ampliaciones de los bosques existentes, como así también en nuevos proyectos foresto-industriales y las ampliaciones de los existentes, siempre y cuando se aumente la oferta maderera a través de la implantación de nuevos bosques. Las actividades forestales comprenden desde la obtención de las semillas, la implantación y manejo de las forestaciones y hasta la industrialización de la madera producida en proyectos foresto-

industriales. Para su implementación es menester que las provincias se adhieran mediante la correspondiente sanción de leyes provinciales.

El beneficio de esta ley alcanzó hasta hoy a 34.000 productores forestales pequeños como medianos y grandes de todo el país que entre plantaciones y tareas silvícolas alcanzaron a desarrollar una superficie de 645.000 ha desde el año 2000.

Si bien el punto focal es la calidad de la madera, el concepto incluye propiedades que pueden influir tanto en los costos de producción y proceso como en el valor del producto. Entre ellas, características de crecimiento y forma hasta la habilidad de un árbol de crecer en condiciones adversas (estrés térmico, hídrico o salino y resistencia a enfermedades y plagas).

El incluir especies forestales nativas por su calidad, potencial productivo y dimensión del área ecológica de cultivo dio continuidad al proceso de domesticación iniciado por el INTA. Al mismo tiempo, se responde a una demanda creciente por el cultivo de especies nativas favoreciendo nuevas alternativas productivas.

En Argentina, la madera proveniente de bosques nativos se orienta principalmente a la elaboración de leña, postes y durmientes (en el caso del quebracho) y en menor medida, a rollizos destinados a la fabricación de muebles y otras remanufacturas como pisos y tableros (en el caso de la lenga y el algarrobo).

De acuerdo a los datos de la SAyDS, la extracción de rollizos de especies nativas para el 2003 fue de 913.562 m³. En el año 2010 el volumen cosechado de madera en el país fue de 10 millones de m³. Del total de volumen extraído de rollizos de bosques cultivados principalmente coníferas y eucaliptos, el 50 % se utiliza para la elaboración de pasta celulósica, el 30% para la industria de la madera aserrada y el resto es para la producción de tableros y el faqueado-debobinado para la producción de chapas de madera. Mientras, el principal destino de los rollizos de bosques nativos es el aserrado (Figura 14).

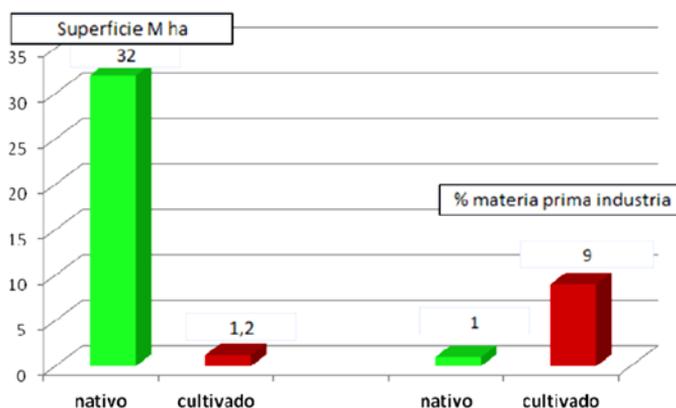


Figura 14. Contraste en la participación de bosque nativo y cultivado. Derecha: extracciones en miles de ha; izquierda: origen de la materia prima (Sherry, 2013).

La proporción de productos forestales destinados a las industrias, aportados por los bosques cultivados, es significativamente superior al producido por los bosques nativos, lo cual reafirma la teoría expuesta en la cual se establecía plantar árboles a gran escala de tal

manera que el manejo intensivo sea de una alta productividad, que produzca suficiente madera para evitar la presión sobre los bosques naturales.

En Santiago del Estero, dos especies (una nativa y otra cultivada) son objeto de estudio y se han venido realizando estudios para tener un paquete tecnológico que permita la concreción del desarrollo forestal de la provincia. Desde el Estado Nacional se promueve las plantaciones con especies adaptadas al medio. Las especies recomendadas para la región son *Prosopis alba* y *Eucalyptus camaldulensis*, temas que serán tratados en los capítulos posteriores. En resumen, las ventajas comparativas de los bosques cultivados son:

- Disminuyen la presión de aprovechamiento en bosques nativos
- Se concentran cerca de los polos de la foresto-industria
- Homogenizan la oferta de madera
- Sustituyen maderas nativas en usos menos nobles
- Abastecen más del 80 % de la industria
- Generan mayor cantidad de puestos de trabajo
- Posibilitan una recuperación más rápida del sector forestal

Sin embargo, cabe una reflexión final para el bosque nativo de la Región Chaqueña. El mismo debe competir por el espacio de un cultivo anual y no la reconversión a bosques implantados. Puesto así, solo el control y una mejor reglamentación de las leyes vigentes puede resolver la estabilidad de este bioma tan importante.

Los forestales tienen ante sí el desafío de transmitir una idea sencilla: la mejor manera de salvar un bosque es manejarlo de forma sostenible y aprovechar sus productos y servicios ecosistémicos. Si se aplican los principios del manejo forestal sostenible y los productos forestales y los servicios de los ecosistemas cobran mayor importancia, la economía mundial resultará más verde (FAO, 2012).

Referencias Bibliográficas

- Adámoli, J.; S. Torrilla y R. Guinzburg. 2004. *Diagnóstico Ambiental del chaco argentino*. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Buenos Aires
- Baso López, C. 2004. Potencialidad del *Eucalyptus globulus* como Madera Sólida. Universidad de Vigo, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. *Boletín de Información Técnica* N° 228. pp 66-72. [en línea] Disponible en: <<http://infomadera.net/images/19222.pdf>>
- Braier, G. 2004. Tendencias y perspectivas en el sector forestal al año 2020, Argentina. *En: Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina al año 2020* Secretaría de ambiente y desarrollo sustentable. Secretaría de agricultura, ganadería, pesca y alimentos de la nación. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. 65 p.
- Carreño, L. V.; Pereyra H y E. F. Viglizzo. 2009 Los servicios ecosistémicos en áreas de transformación agropecuaria intensiva *En: El Chaco sin bosques: La pampa o el desierto del futuro*. Morello y Rodríguez editores. pp. 229-246.
- Crowther T. W.; H. B. Glick K.R. Covey; C. Bettigole; D. S. Maynard; S. M. Thomas; *et al.* 2015 *.Mapping tree density at a globalscale Nature* 525,2 Issue 7568 (10 September 2015) DOI:10.1038/nature14967 [en línea] Disponible en <http://www.nature.com/articles/nature14967.epdf?referrerr_access_token>.

- Diario El País España. 2015 *La humanidad ya ha destruido la mitad de todos los árboles del planeta*. [en línea] Disponible en <http://elpais.com/elpais/2015/09/02/ciencia/1441206399_772262.html> Acceso en: 14 mayo de 2016.
- Grau, R.; G. Gasparri; M. Aide. 2005. Agriculture expansion and deforestation in seasonally dry forests of north-west Argentina *Environmental Conservation* 32(2): 140-148 Foundation for Environmental Conservation DOI:10.1017/S0376892905002092.
- Guariguata, M. R. and P. H. S. Brancalion. 2014. Current Challenges and Perspectives for Governing Forest Restoration *Rev. Forests*. <www.mdpi.com/journal/forests>. Special issue Governing Forest Restoration: Social, Environmental and Institutional Dimensions, 5, 3022-3030; DOI:10.3390/f5123022
- FAO. 2010. *Global Forest Resources Assessment 2010: Main Report*. Paper, No. 163. [en línea] The Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). Rome FAO Forestry Disponible en: <<http://www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e.pdf>>
- FAO. 2010. FRA. *Evaluación de los recursos forestales Mundiales 2010. Principales Resultados* [en línea]. Acceso el: 8 julio de 2016
- FAO. 2011. Forest Resources Assessment Working Paper 177 [en línea] *Assessing forest degradation towards the development globally applicable guidelines*. Acceso el: 8 de julio de 2016
- FAO. 2011. *Resultados del proyecto LADA. Evaluación de la desertificación en Argentina* ISBN 978-92-5-306978-1, 469 p.
- FAO. 2012. *El estado de los bosques del mundo*. [en línea] Organización 32p. Acceso el: 8 de julio de 2016
- FAO. 2015 *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2015. Informe Nacional Argentina*. [en línea] Disponible en: <<http://www.fao.org/3/a-i4808s.pdf>> Acceso el: 8 de julio de 2016
- FRA. 2015. *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales*.
- Fraser, B. 2014 *Degradación: ¿cuándo un bosque deja de serlo?* [en línea] Disponible en: <<http://blog.cifor.org/20975/degradacion-cuando-un-bosque-deja-de-serlo?fnl=es>>
- Keenan, R.; G. Reams; F. Achard; J. de Freitas; A. Grainger; E. Lindquist. 2015. Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015. *Forest Ecology and Management* 352: 9-20
- García Collazo, M.A.; A. Panizza; J. M. Paruelo. 2013. Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos: Resultados de la Zonificación realizada por provincias del Norte argentino. *Ecología Austral* 23:97-107.
- Green Peace 2007 *Informes sobre la deforestación en Argentina*. [en línea] Disponible en: <<http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2007/6/informacion-sobre-deforestacion.pdf>>
- Green Peace. 2016. *Informe Deforestación en el norte de Argentina (enero – agosto 2016)* [en línea] Disponible en: <<http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/2016/9/Informe-Deforestacion-norte-Argentina-enero-agosto-2016.pdf>>
- Joseau, M.; Conles, M y G. Verzino (Ed.) 2014 El cultivo de plantas leñosas en vivero y campo . En Colección Conservación de recursos forestales nativos de Argentina. Ed. Brujas 311p
- Marcó, M.A.; L. Gallo; A. Verga. 2014. *Introducción en Domesticación y Mejoramiento de especies forestales*. [en línea] 201pp Disponible en: <<http://forestindustria.magyp.gob.ar/archivos/biblioteca-forestal/domesticacion-y-mejoramiento-de-especies-forestales.pdf>>
- Meneses, C.L.; Tovar. 2011. El índice normalizado diferencial de la vegetación. *Unasyba* Vol.62. 2011/2 p: 39-46.
- Mónaco, C. G. 2016. El avance de la frontera agrícola y su impacto: 9 de Julio, Chaco. 1990-2010. *Revista del Departamento de Ciencias Sociales*, Vol. 3 Nro. 1:117-138.

- ParueloVerón, S.; J. Volante; L. Seghezzi; M. Vallejos; S. Aguiar; L. Amdan; P. Baldassini; L. Ciuffolif; N. Huykman; B. Davanzo; E. González; J. Landesmann; D. Picardi. 2011. Elementos conceptuales y metodológicos para la Evaluación de Impactos Ambientales Acumulativos (EIAAc) en bosques subtropicales. El caso del este de Salta, Argentina. *Ecología Austral* 21:163-178. Agosto 2011 Asociación Argentina de Ecología
- Payn, T.; J.M. Carnus. 2015. Changes in planted forests and future global implications. *Forest Ecology and Management* 352: 57-67.
- Pirard,R. 2016. ¿Pueden las plantaciones forestales promover la conservación de los bosques?[en línea] <<http://blog.cifor.org/41152/pueden-las-plantaciones-forestales-promover-la-conservacion-de-los-bosques?fnl=es>>*Revista CIFOR* Acceso: 10 de mayo de 2016
- SAGPyA. 2005. *Mejores árboles para más forestadores: el programa de producción de material de propagación mejorado y el mejoramiento genético en el Proyecto Forestal de Desarrollo*. 1a ed. Norverto, C. A. Ed. Buenos Aires: SAGPyA. 241 p.
- SAyDS. 2010.*Bosque nativo. Estimaciones* UMSEF. Dirección de bosques. Subsistema Ambiental Sostenibilidad [en línea] Disponible en:<<http://www.ambiente.gov.ar/id/articulo=6294>>.Activo Abril 2016>.
- Sharry, S. 2013.*Producción y Procesamiento de Recursos Forestales Documento de referencia. Argentina Innovadora 2020*en Informe Nacional SAyDS, SAGPyA, FAO. 71 2020. 1, pp.[en línea] Disponible en: <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/PIAMFS/File/inf_nac_complem.pdf>.
- Schlichter, T. 2012. *Aportes a una política forestal en Argentina: el sector forestal y el desarrollo económico, ambiental y social del país*. 1a ed.; Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. MAGyP. Unidad para el Cambio Rural, UCAR. Bs AS, Argentina.92 p.
- Simula, M;E. Manzur. 2011. Un desafío mundial que reclama una respuesta local. *Unasyuva* 238. Vol. 62.:3-8
- Subsecretaría de planificación y política ambiental.2013. *Series Estadísticas Forestales*2007-2013 ISSN 1850-7174 (versión digital)
- Thompson, I. D.; M. R. Guariguata; K. Okabe; C. Bahamondez; R. Nasi; V. Heymell and C. Sabogal. 2013. An operational framework for defining and monitoring forest degradation. *Ecology and Society* 18(2): 20.
- Torrella, S. y J. Adámoli. 2005. *Situación Ambiental de la Ecorregión del Chaco Seco en la situación ambiental Argentina 2005*.
- Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal (UMSEF).2008. *Pérdida de Bosque Nativo en el Norte de Argentina Diciembre 2007 – Octubre 2008* Dirección de Bosques Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

Anexo

Glosario de Términos utilizados Fuente UMSEF 2002

Clase nacional	Definición
Bosque nativo (1987)	Formaciones vegetales con cobertura leñosa incluida la biodiversidad asociada, continua o fragmentada, resultante de la evolución de asociaciones bióticas o de la regeneración natural, de las que se pretende obtener un beneficio múltiple: ambiental, económico y social.
Otras tierras (1987)	Tierras no clasificadas como "Bosque nativo".
Tierras forestales (1998, 2002, 2006 y 2011)	Tierras con una cobertura arbórea mayor del 20 por ciento del área y una superficie superior a 10 hectáreas (ha). Los árboles deberían poder alcanzar una altura mínima de 7 metros (m). Incluye los bosques rurales para los años 2006 y 2011.
Bosques rurales (1998 y 2002)	Remanentes de bosque nativo en un paisaje agrícola, menores a 1000 hectáreas.
Otras tierras forestales (1998, 2002, 2006 y 2011)	Tierras con una cobertura arbórea entre 5 y 20 por ciento de árboles capaces de alcanzar una altura de 7 m; o tierras con una cubierta de copa de más del 20 por ciento (o su grado de espesura equivalente) en la que los árboles no son capaces de alcanzar una altura de 7 m a su madurez in situ (por ej. árboles enanos o achicados); o aquellas donde la cubierta arbustiva abarca más del 20 por ciento con arbustos de altura mínima de 0,5 m. Incluye cañaverales, palmares y bosques en galería
Otras tierras (1998, 2002, 2006 y 2011)	Tierras no clasificadas como forestales u otras tierras forestales (especificadas más arriba). Incluye tierras agrícolas, praderas naturales y artificiales, terrenos con construcciones, etc.
Plantaciones	Bosque establecido por medio de plantación y/o siembra en el proceso de forestación o reforestación compuesto por especies introducidas o, en algunos casos, especies indígenas.
Regeneración de Tierras forestales o de Bosques rurales	Proceso de restablecimiento del bosque nativo en áreas disturbadas a partir de un proceso de sucesión natural debido al abandono de la agricultura y/o la ausencia de eventos como incendio, excesiva carga de ganado y/o extracción de madera.

La diversidad forestal en el Chaco Semiárido

Giménez A. M.¹; P. Hernández¹ y M. E. Figueroa¹



Introducción

La diversidad biológica forestal incluye a todas las especies de plantas, animales y microbios presentes en el bosque. En el bosque tropical están presentes alrededor del 50 % de todos los vertebrados conocidos, el 60 % de las especies vegetales y tal vez el 90 % del total de especies mundiales. La gran diversidad biológica de los bosques constituye una de las razones principales por las cuales su conservación tiene una eminente prioridad a nivel mundial (Burley, 2002).

Dentro de la mayoría de grupos de organismos, el número promedio de especies en un área, alcanza su máximo en latitudes tropicales y decrece hacia los polos. El gradiente latitudinal en diversidad es muy marcado. Los bosques tropicales, pueden contener diez veces más especies de árboles que los bosques templados con una biomasa similar (Latham y Ricklefs, 1993).

La diversidad de especies está íntimamente relacionada con la diversidad de los ecosistemas, por ende no es posible conservar las especies, si no se conservan los ecosistemas y consecuentemente, su destrucción es la principal causa de la acelerada extinción específica de los últimos siglos (FAO, 2002).

Si bien la diversidad biológica es un tópico de suma importancia en las discusiones de sustentabilidad a partir de la década pasada; la importancia de mantener la biodiversidad de los ecosistemas forestales se reconoce desde hace tiempo. En algunos países, los gestores forestales que planifican y ejecutan la ordenación de montes trabajan con especies, principalmente arbóreas y con variables estructurales de la masa tales como el diámetro y la altura de los árboles. La biodiversidad puede interpretarse como la variabilidad de especies presentes en un bosque, así como la variabilidad en la distribución espacial y en la estructura de las masas forestales que conforman (Del Pino *et al.*, 2004).

¹ Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina. E-mail: amig@unse.edu.ar

Los bosques de Sudamérica

Los bosques de Sudamérica ocupan 885 millones de has (Figura 1), constituyendo el 23 % de los bosques del mundo (FAO, 2002). Los mismos se pueden dividir en bosques pluviales tropicales (73 %) y los bosques no tropicales (27 %). Pertenecen en su totalidad al dominio Neotropical (con excepción de los andino-patagónicos), con una variedad de condiciones climáticas y orográficas, que definen una innumerable combinación boscosa. La vegetación varía desde la selva tropical pluvial de la cuenca del Amazonas, los bosques húmedos subtropicales, selvas nubladas, selvas caducifolia invernal, hasta bosque semisecos, matorrales espinosos y cerrados sabaniformes, alternándose con formaciones particulares, como palmares, manglares y otras (Hueck, 1978).

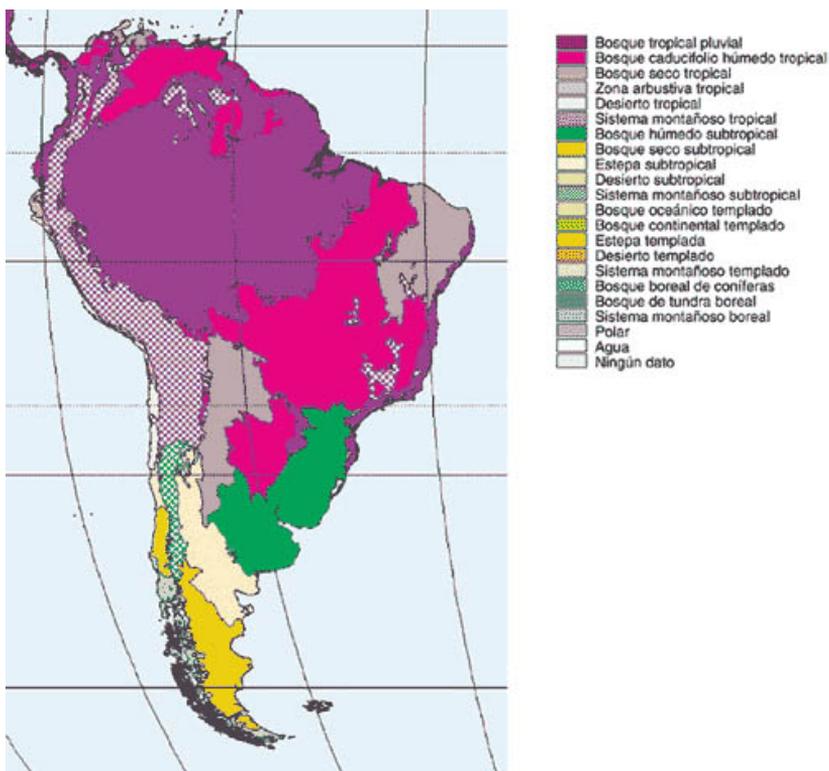


Figura 1. Bosques de Sudamérica

Fuente: FAO Evaluación de los recursos forestales mundiales 2000
<http://www.fao.org/docrep/005/Y1997S/y1997s2i.jpg>

Los bosques secos

Si bien es alto el predominio de los bosques tropicales en el continente sudamericano, combinan su fisonomía con formaciones secas discontinuas, caracterizadas por una alta diversidad biológica, tanto en especies como en endemismos y formas de vida.

Las regiones secas se entienden a lo largo del continente y abarcan desde desiertos, matorrales, bosques secos y sabanas y hasta verdaderos bosques caducifolios y semicaducos con una estación seca severa que dura muchos meses.

El análisis de las formaciones vegetales, sus relaciones y afinidades florísticas, han sido objeto de estudio y numerosos autores han tratado estos temas. Pueden resumirse en dos posiciones: la hipótesis de Sarmiento (1975) y la de Prado y Gibbs (1993), Prado (2000) y Pennington *et al.* (2000).

Sarmiento (1975) hizo el primer intento para determinar el grado de interrelación de diferentes regiones secas de América del Sur. La conclusión más importante fue que existe discontinuidad florística en los Andes peruanos, que separan la flora tropical del norte de América del Sur de la del sur, más templada.

Posteriormente, Prado y Gibbs (1993) propusieron la existencia de bosques semidecíduos en tierras bajas de América del Sur, relictos de pleistoceno (Arco pleistocénico) que podría continuarse en el sur del continente. Prado (2000) sugirió que podría darse a estos bosques el status de una formación fitogeográfica denominada bosques neotropicales estacionales con 3 sub-provincias.

La posible existencia de estos bosques pleistocénicos de hoja caduca, más tarde se extendió a la mayor parte del Neotrópico (Pennington *et al.* 2000). Estos bosques han ocupado las regiones que hoy están cubiertos por la vegetación de selva tropical del Amazonas. En la actualidad, las formaciones de bosques estacionales se encuentran en parches fragmentados distribuidos en diferentes partes del continente (Figura 2.1).

Existe en Sudamérica un patrón de distribución altamente coincidente entre las diferentes especies de leñosas arbóreas de los bosques secos estacionales, que atraviesa el continente en forma de herradura o arco desde las Caatingas del NE del Brasil, el sector de las antiguas misiones jesuíticas de Brasil, Paraguay y Argentina, la Chiquitanía boliviana, el Bosque Pedemontano Subandino del SO de Bolivia y NO de Argentina, e incluye algunos valles secos interandinos de Bolivia y Perú. Se ha propuesto establecer a esta distribución fragmentaria y disyunta de Bosques Secos Estacionales Neotropicales (BSEN) como un nuevo Dominio fitogeográfico, con el 'cebil' *Anadenanthera colubrina* (Mimosoideae, Fabaceae) como su especie más paradigmática (Prado, 2010).

El concepto actual de los BSEN abarca tipos de vegetación leñosa correlacionados con una fuerte estacionalidad climática en los trópicos de Sudamérica, con una estación seca bien definida pero de duración muy variable. El vínculo más fuerte entre los BSEN es su composición florística, lo cual ha sido demostrado tanto analizando los patrones de distribución biogeográfica de sus especies leñosas más importantes como comparando su vegetación. Esta nueva interpretación de los BSEN conduce a varias derivaciones con impactos biogeográficos y paleo-biogeográficos.

Posteriormente, López *et al.* (2006) ponen a prueba dos hipótesis sobre la biogeografía sudamericana: (1) la existencia de una marcada discontinuidad en los Andes del centro de Perú que separa las floras del norte y sur de Sudamérica y (2) la existencia de un bosque semideciduo más o menos continuo en Sudamérica durante el Pleistoceno.

Se determinaron 1421 géneros leñosos y herbáceos en las 21 regiones analizadas. Mediante análisis de Correspondencia (DCA) se evaluó las relaciones florísticas de todas regiones secas de Sudamérica, comprendiendo dos niveles: todos los géneros presentes y sólo los géneros leñosos.

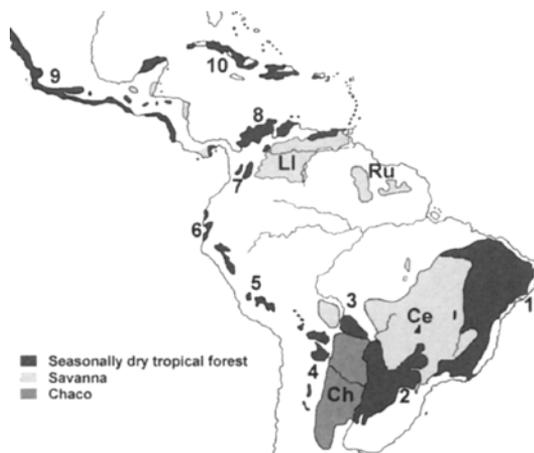


Figura 2.1.
Bosques Secos Estacionales Neotropicales (BSEN);
 1- Caatingas, 2- núcleo Misiones, 3- Region Chitania Boliviana, 4- Piedmont Nucleus, 5- Bolivian and Peruvian InterAndean valleys, 6- Pacific coastal Ecuador, 7- Colombian InterAndean valleys, 8- Caribbean coast of Colombia and Venezuela, 9- Central America, 10- Antilles.
 Savannas: Ce, Cerrado. LI, Llanos. Ru, Rupununi. **Ch, Chaco.**
 Fuente: Pennington *et al.* (2000).

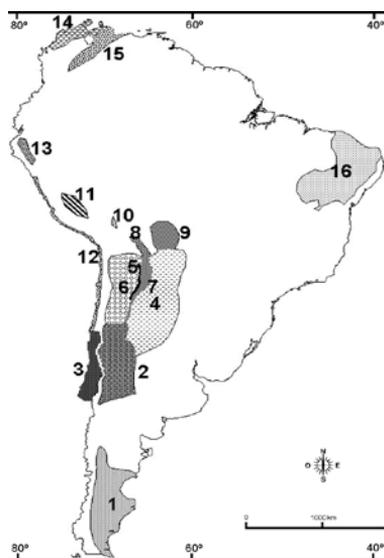


Figura 2.2.
Bosques secos 1- Patagonia, 2- Desierto del Monte, 3- Region Mediterránea de Chile, 4- **Chaco**, 5- Prepuna, 6- Puna Árida, 7- **Chaco Serrano Argentino**, 8- Chaco Serrano Boliviano, 9- Chiquitania, 10- Bosque deciduo del norte de La Paz, 11- Valles andinos secos del Sur del Perú, 12- Desierto Costero, 13- Bosques deciduos del norte de Perú, 14- Guajira, 15- Bosques deciduos de Venezuela, 16- Caatinga
 Fuente: López *et al.* (2006)

Se analizaron patrones de las tres familias más importantes de las regiones xerófilas: Leguminosae, Cactaceae, y Asteraceae, con el fin de ser usadas para predecir las relaciones entre otras regiones xerófilas, evitando así la necesidad de una completa listas florística. Como resultado de este análisis se definen dos grupos: uno mayormente en el norte de Sudamérica y el otro restringido a la mitad austral del continente. Dentro del último se pueden distinguir ulteriores subdivisiones. Casi todo el grupo norteño está compuesto por bosques altos, semideciduos. El grupo sureño se compone por bosques muy secos a matorral desértico (López *et al.*, 2006).

Estos resultados apoyan la existencia de una discontinuidad florística en relación con la flora seca andina. La flora sureña (del sur de Perú al norte de Argentina y Chile) constituye un grupo florístico bastante diferente del presente en el norte de Sudamérica.

El Chaco, aunque florísticamente más afín al grupo del sur, parece constituir el nexo de conexión entre las floras norteña y sureña (Figura 2.2). Se respalda la hipótesis de la existencia de bosques pleistocénicos de tierras bajas en la mayor parte de Sudamérica. Posiblemente estos se extendieron incluso hasta México (López *et al.* 2006).

El Chaco

Los bosques del Chaco Semiárido pertenecen al grupo de bosques secos (López *et al.* (2006). Presenta heladas anuales regulares con grandes extensiones de formaciones de vegetación subtropical templada.

El término Chaco ha sido redefinido por Prado (1993b) y se aplica a la vegetación de las llanuras del norte Argentina, oeste de Paraguay y el sudeste de Bolivia, y el extremo occidental de Mato Grosso do Sul en Brasil (Prado, 1993a). Esta vegetación se extiende más de 800.000 km², en una de las pocas áreas en el mundo donde la transición entre los trópicos y la zona templada no se produce en la forma del desierto, sino en bosques semiáridos de maderas duras (Morello, 1970).

El Chaco es una gran llanura, sus suelos se derivan de la acumulación masiva de loess y sedimentos aluviales durante el Cuaternario. Los efectos de intrusiones oceánicas pasadas través de las llanuras Chaco-Pampeana son claros, con predominio de suelos salinos.

El clima del Chaco se distingue por su fuerte estacionalidad, con máximos de verano de hasta 49 °C y con fuertes heladas de invierno. Las precipitaciones varían de 1000 mm/año en el este a menos de 500 mm/año en el oeste, con una estación seca en el invierno y primavera y la temporada de lluvias en el verano.

La composición florística de los bosques chaqueños es muy diferente de los bosques tropicales estacionalmente secos (Prado, 1991; Prado y Gibbs, 1993) y tienen mayor vínculos florísticos con las formaciones del monte, prepuna y espinal (Cabrera, 1976). Siguen un diseño que responde a gradientes de humedad y de salinidad asociados a la topografía, cuya variación conjunta determina el diseño del paisaje (Lewis & Pire, 1981). A su vez este paisaje fue y continúa siendo modificado, de acuerdo al uso que se hace de la tierra en correspondencia a los diferentes modelos económicos (Carnevalle *et al.*; 2009).

Los bosques chaqueños que tiene un clima fuertemente estacional con un periodo seco de varios meses, se los excluye de la definición de bosques tropicales estacionalmente secos. Los vínculos entre el Chaco y los bosques tropicales estacionalmente secos se han postulado erróneamente por Hueck & Siebert, (1981); Gentry (1995) sobre la base de similitudes en su apariencia general en lugar de una comprensión de su composición florística (Prado, 1991; 1993a, b).

Morello *et al.* (2009) define al gran chaco por las especies de la biota de los géneros *Schinopsis*, *Aspidosperma*, *Bulnesia*, *Prosopis*, *Acacia*, *Mimosa*, *Mimozyanthus*, *Larrea*, *Celtis*,

Capparis, *Opuntia*, *Harrisia*, *Bougainvillea*, *Catagonus*, *Tolipentes*, *Pediolagus*, *Dycotiles*, y *Ortalis*. Destacan que sus combinaciones adquieren valor diagnóstico para varias subregiones ecológicas. El Chaco Subhúmedo posee 4 quebrachos, *Aspidosperma quebracho-blanco*, *Schinopsis heterophylla*, *S. lorentzii* y *S. balansae*, y por lo menos 5 *Prosopis* de los que 2 faltan en el Chaco Seco (*P. hassleri*, y *P. affinis*); el Chaco Árido tiene sólo quebracho blanco y horco quebracho (*Schinopsis marginata*), el Chaco de derrames fluviales tienen como diagnósticos al palo santo (*Bulnesia sarmientoi*) y al quebracho negro (*Aspidosperma triternatum*). Ambas especies son endémicas del Gran Chaco y el palo santo está en vías de extinción en Formosa y el este de Salta.

Cerca del 42 % de los hábitats tropicales y subtropicales corresponde a bosques secos tropicales y en Sudamérica ellos representan el 22 % del área boscosa. Lamentablemente estos bosques están continuamente desapareciendo debido en parte a la ocupación de asentamientos humanos y el reemplazo por campos agrícolas y pastos para ganadería. Esta situación convierte a las comunidades de bosques secos en uno de los ecosistemas tropicales más amenazados del planeta (Maass *et al.*, 1995).

Biodiversidad forestal

El conocimiento actual sobre la estructura, la diversidad y la fitogeografía de los bosques neotropicales se basa principalmente en los estudios de plantas leñosas (Gentry, 1995, Pitman *et al.*, 1999). A pesar de que son los árboles quienes generan las condiciones para dar albergue a muchos otros biotipos, en los bosques tropicales, las formas de vida de plantas vasculares no leñosas son las principales responsables de la alta riqueza y diversidad de especies (Nieder *et al.*, 1999).

Dada la complejidad de la biodiversidad de un ecosistema, se trabaja arduamente para generar indicadores sencillos que expresen la misma. En los últimos años, se ha producido un cambio sustancial en la valoración de los bosques, de ser considerados meramente productores de madera, para ser considerados productores de múltiples servicios, protección del ambiente y conservación (Rondeux, 1999). Una cuestión que siempre interesa al investigador forestal es determinar qué relación existe entre la producción de biomasa y la diversidad

Un excelente estudio fue el realizado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas Europea (CSIC) en el que se han analizado más de 55.000 parcelas en 11 tipos de bosques diferentes en España, Francia, Países Bajos, Suiza y Suecia. Sus resultados publicados recientemente por Vilà *et al.* (2013) indican que la preservación de los bosques con alta diversidad podría aumentar la captación de carbono de la atmósfera.

Los datos recopilados demuestran la existencia de un aumento en la producción de madera conforme incrementa la riqueza de especies arbóreas en casi todos los tipos de bosques estudiados. Esta relación se mantiene cuando también se tienen en cuenta las diferencias climáticas entre parcelas. Es el primer análisis empírico que asevera la correlación positiva entre la riqueza de especies arbóreas y la producción de madera para todo un continente. Este concepto se esquematiza en la Figura 4.

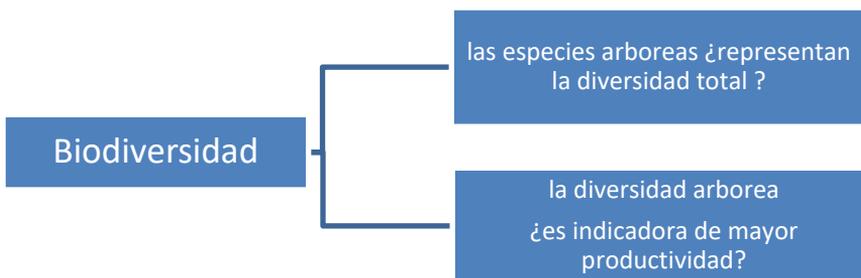


Figura 3. Esquema de relaciones en la diversidad de leñosas

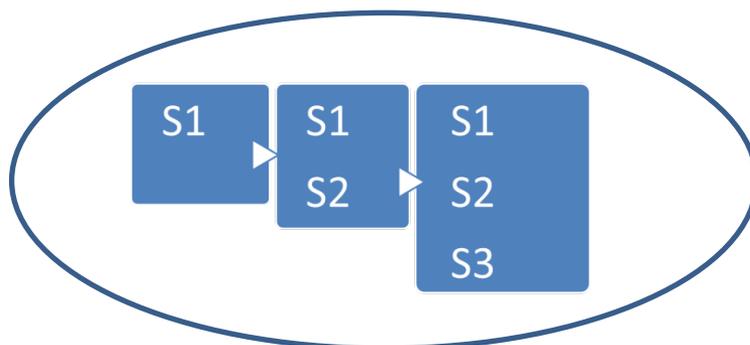


Figura 4. Relación diversidad de especies arbóreas y productividad

Según los autores europeos, los bosques actuales se encuentran en diferentes estadios de madurez, sin haber alcanzado el óptimo. Ante la diversidad arbórea, cada especie puede ser más efectiva en el aprovechamiento de los recursos del ecosistema, sumando en definitiva un uso integral de todos ellos, al incrementarse la diversidad. En parcelas más diversas, suele predominar al menos una especie arbórea muy eficiente en el uso de los recursos, que es la responsable de la mayor parte de la productividad del bosque. Los bosques tienen una gran capacidad para absorber el carbono atmosférico y son considerados el mayor sumidero terrestre de este elemento. La producción de madera es uno de los principales agentes de la absorción de carbono. Los resultados del estudio sugieren que la preservación de los bosques con alta diversidad de especies arbóreas podría aumentar este fenómeno. “La importancia de la biodiversidad, aunque poco considerada hasta ahora, debería ser incorporada en todo tipo de plan de gestión y de política forestal” (Vilà *et al.*, 2013).

Barreto Sánchez y Duque Montoya (2011) investigaron la magnitud a la cual el componente arbóreo del bosque explica la variación del patrón de composición de la comunidad vegetal de otras formas de crecimiento, tales como hierbas, lianas, epífitas vasculares y briofitas terrestres en Amazonía colombiana. Los resultados de este estudio concluyen que hay poca congruencia entre formas de crecimiento a lo largo de gradientes espaciales y ambientales en referencia a la variación del estrato arbóreo.

Para comprender e interpretar la diversidad del Chaco Semiárido Argentino, se estudian las leñosas arbóreas, arbustivas y cactáceas, con el fin de establecer relaciones y evaluar la representatividad de los biotipos del bosque.

Terradas (2001) enfatiza que “las plantas dominantes condicionan el medio donde deben desenvolverse las demás, el árbol condiciona el ambiente en el que viven las plantas menores”.

Se puede pensar, que la biodiversidad de la vegetación leñosa, como elemento estructural principal de un ecosistema, se encuentre relacionada positivamente con la biodiversidad total. Además, la vegetación leñosa es el principal componente biótico sobre el que recaen los tratamientos silvícolas programados por la ordenación de montes, que requiere de predicción y control (Del Pino *et al.*, 2004).

La utilización de la diversidad como indicador de las condiciones de un ecosistema o comunidad, debería ser un parámetro más a considerar, al medir el efecto de un factor sobre el ecosistema. Así mismo, la diversidad es un indicador importante de las oportunidades de desarrollo que tienen los organismos dentro de un área (Estevan Bolea, 1984).

La estructura de un ecosistema se define básicamente por el *tipo, número, ordenamiento espacial y ordenamiento temporal de los elementos* que lo constituyen. En este contexto destacan principalmente la diversidad de especies, la diferenciación dimensional y la distribución espacial de los árboles de una determinada masa forestal. Una manera adecuada y precisa para describir la diversidad estructural, es caracterizar el estrato arbóreo considerando estos tres importantes componentes (Gadow *et al.*, 2001).

Algunos interrogantes que pretendemos dilucidar:

- ¿La diversidad arbórea es indicadora de la diversidad vegetal?
- ¿La diversidad de leñosas del Chaco Argentino es baja?
- ¿Se modifica la diversidad por factores climáticos/edáficos?
- ¿La diversidad arbórea está relacionada con la productividad del bosque?
- ¿Qué relación hay entre degradación y diversidad?

A lo largo de este capítulo se intentará dar algunas respuestas que fueron publicadas oportunamente.

La diversidad del estrato arbóreo

La vegetación típica de la región del Chaco Semiárido es el bosque xerófilo estacional que se caracteriza por presentar un estrato arbóreo con emergentes dispersos y un estrato

arbustivo continuo, se encuentra al límite climático de su distribución, siendo por ello muy susceptible a impactos que perturben el sistema natural (Morello y Adamoli, 1974). Predominan las especies caducifolias, de hojas pequeñas o transformadas en espinas. Las formaciones vegetales se empobrecen de Este a Oeste en estrecha relación con la disminución de las lluvias, que van de 1200 a 500 mm (Giménez y Moglia, 2003).

Según un informe del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, “la fragilidad de los ecosistemas del Chaco Semiárido se basa en el tipo de suelos, mayormente arenosos y pobres en nutrientes, las escasas e irregulares precipitaciones, los fuertes vientos y la altas temperaturas que, en conjunto, hacen más difíciles los procesos de recuperación de la vegetación y la producción de biomasa”.

En los últimos 100 años, la región ha sufrido una importante alteración antrópica. El proceso acelerado de degradación es evidente en el reemplazo de la fisonomía boscosa original por arbustales con bajo potencial de uso (Adamoli *et al.*, 1990).

Pocos estudios hacen referencia a la diversidad arbórea en Argentina. Por ello es importante citar el trabajo de Gartland y Bohren (2009) sobre la flora dendrológica argentina y su relación con la diversidad arbórea de la selva misionera, según el Catálogo de plantas vasculares (Zuloaga y Morrone, 2004).

La diversidad arbórea del Chaco Húmedo ha sido estudiada según los distintos tipos de bosques por Barberis *et al.* (2005). Los bosques de *Schinopsis balansae*, descritos florística y estructuralmente a lo largo de un gradiente de inundación, son una base comparativa importante para el análisis de los bosques de la región (Marino y Pensiero, 2003).

Se realizaron importantes esfuerzos en las últimas dos décadas, para desarrollar las líneas de base de la vegetación leñosa chaqueña. Tálamo y Cazziani (2002) analizaron la diversidad de un área del Parque Copo. Brassiolo (2005) estudió los bosques del Chaco semiárido según el potencial de aprovechamiento. Torrella *et al.* (2011) estudiaron la composición, estructura y estado de conservación de leñosas del bosque de tres quebrachos en el SO de la Provincia de Chaco. Esta zona resulta de gran importancia florística por la cohabitación de *Schinopsis balansae*/*Sch. lorentzii* y *Sch. heterophylla* acompañados por *Aspidosperma quebracho-blanco*. Se detectaron 36 especies leñosas, con un área basal de 24.73 m²/ha y una densidad de 13459 individuos/ha.

Para evaluar el estado de conservación se compararon los resultados obtenidos con datos publicados para quebrachales en áreas protegidas de otras subregiones del Chaco argentino. Se encontró una notable similitud tanto en la riqueza como en los parámetros estructurales. El análisis de los tocones sugiere que la extracción selectiva no es de gran intensidad. Estas observaciones reflejarían un estado de conservación del bosque de tres quebrachos que resulta sorprendentemente bueno si se tiene en cuenta su alto grado de fragmentación.

Desde 2003 a partir de los proyectos: PIARFON Chaco Semiárido (BID- Banco Mundial); y continuados en PICTOs Biodiversidad en ambientes naturales del Chaco Argentino. PICTO UNSE; PICTO OT, se investiga sobre la temática (Giménez y Hernández, 2008; Hernández *et al.*, 2008, Giménez *et al.*, 2011). Por ello se han seleccionado áreas de interés de conservación donde se analiza la biodiversidad y los atributos del estrato arbóreo.

A continuación se hará referencia de la composición de especies, la riqueza, abundancia, índices de biodiversidad y representatividad del estrato arbóreo.

Las unidades de muestreo corresponden a diferentes áreas del Chaco argentino (Figura 5).

- 1 Cerro El Remate
- 2 Parque los Quebrachos
- 3 Maravilla
- 4 Ahí Veremos
- 5 Buen Lugar
- 6 San Isidro
- 7 Quimilíoj
- 8 Tala Atun
- 9 Isla Verde
- 10 La Noria
- 11 El Peral
- 12 Medellín
- 13 Sumampa
- 14 Ambargasta
- 15 Guasayán
- 16 Miramar
- 17 Algarrobal
- 18 Lujan
- 19 Parque Copo
- 20 Quimilí Paso
- 21 Quimilí Paso
- Río Mailín paleocauce
- 22 Quimilí Paso Reserva
- 23 Guampacha
- 24 Guasayán bajo
- 25 Maquijata
- 26 Villa La Punta
- 27 Parque Copo
- 28 Quimilí Paso llanura aluvial Dulce
- 29 La Fragua, Pellegrini
- 30 El Caburé, Copo

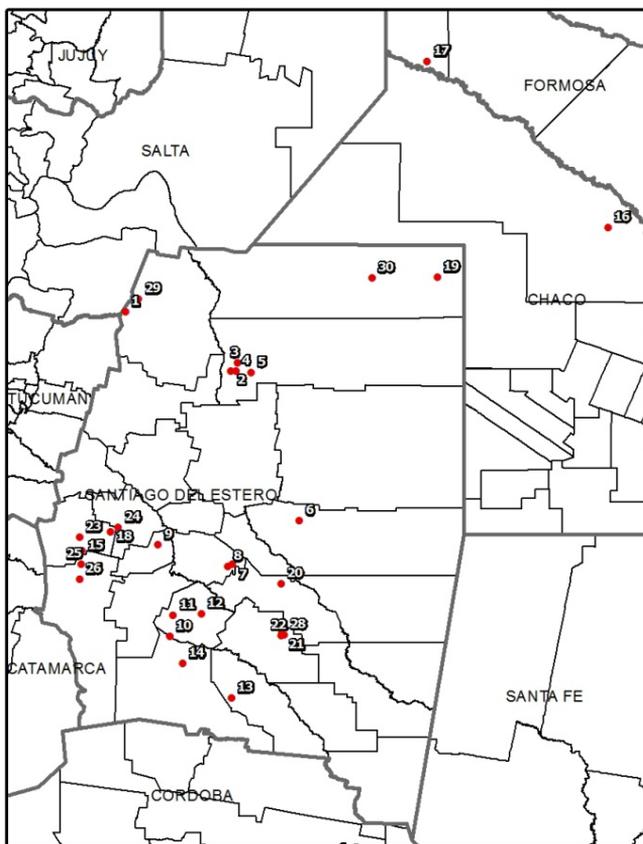


Figura 5. Ubicación de las áreas de estudio

Para el estudio regional se clasificaron los bosques (Figura 6) en: bosques de llanura (CS), de serranía (Chaco serrano CSe), de influencia salina y de transición (CHS).

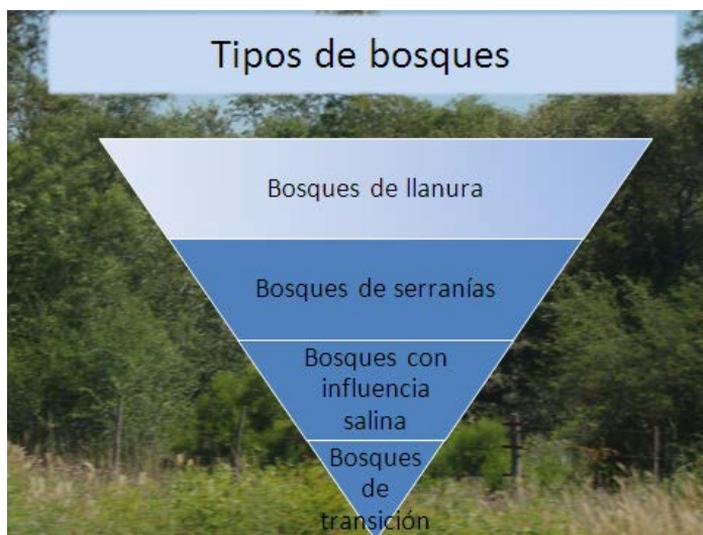


Figura 6. Tipos de bosques

El área de estudio comprende la región del Chaco Seco, Serrano y de transición. Una vez identificado el sitio de interés, el muestreo se realizó en una superficie de 100 has. Se aplicó un muestreo estratificado en función de la cobertura arbórea, predeterminado a partir del mapa de vegetación.

Se investigó sobre la historia del bosque y las cortas a la que fue sometido, además de otros agentes causantes de la degradación. Se establecieron 5 parcelas en cada estrato de 10*100 m. para cada tratamiento, al azar, distanciadas por lo menos 200 m, con una orientación E-O. En cada parcela se midieron las siguientes variables: coordenadas geográficas (con GPS), se registró inicio y final de la parcela y cobertura. Para la cobertura de especies se siguió el método de Braun Blanquet (1979).

Se definió para cada parcela el grupo de especies características diagnósticas de la comunidad del área, de alta fidelidad a la asociación. Para el estrato arbóreo: se contabilizaron los individuos con alturas mayores a 1,30 m o con diámetros de más de 2,5 cm al DAP. Se registró el nombre común de las plantas. Se midió: DAP (diámetro a 1.30 m), Altura total (ht) y Altura de fuste (hf). Se calculó Área basal y volumen de fuste/ha.

Para arbustos y cactáceas se usaron subparcelas de 50 m². Se contabilizó: n° de individuos con alturas mayores a 30 cm, para el cálculo de densidad y frecuencia.

Con el objeto de establecer una línea de base de biodiversidad en cada una de las unidades de estudio, se procedió a inventariar especies en las parcelas de inventario forestal, según lo indicado anteriormente.

La matriz de sp por parcela fue estudiada mediante análisis de clasificación con distancia Euclídea y los especímenes vegetales clasificados de acuerdo a los biotipos de Dansereau. Se efectuó un muestrario de fotografías digitales de cada especie determinada. Para la denominación de cada taxón se siguieron las normas del Catálogo de Plantas Vasculares de la República Argentina (Zuloaga, Morrone, 2004).

Sobre la composición de especies

El estrato arbóreo presenta el 41 % de las leñosas presentes y tiene dos pisos de vegetación. El superior que alcanza una altura de 20 metros y está constituido por el quebracho blanco y colorado y un estrato inferior que tiene como límite superior los 15 metros y está representado por Algarrobos, Guayacán, Mistol y otras (Giménez, Hernández, 2008).

Se identificaron 20 familias que incluyen 46 especies. Las familias mejor representadas son: Fabáceas (19 sp.) y Anacardiáceas (4 sp.), correspondiendo al 45 % del total de especies muestreadas. De las familias censadas, el 68 % presenta una sola especie con bajo número de individuos.

El bosque esclerófilo es heterogéneo; la diversidad arbórea por sitio se caracteriza por la presencia de entre 11 y 31 especies, con un valor promedio de 17 y un desvío estándar de 4. Los sitios de menor riqueza arbórea corresponden del área de influencia de las Salinas Grandes o zona de bajos del Salado, el de máxima es el Cerro El Remate, donde hay influencia de especies propias de las Yungas, con elementos del Chaco Húmedo.

Las especies más frecuentes son: *Aspidosperma quebracho blanco*, *Ziziphus mistol* (presentes en los 19 sitios), *Cercidium praecox* (18), *Geoffroea decorticans* (17) y el género *Schinopsis* con *Sch. lorentzii* (14) y *Sch. lorentzii var. marginata* (3); *Prosopis nigra* (16), *Prosopis alba*, *Prosopis elata* (15) y *Prosopis ruscifolia* (14).

En base a la matriz de presencia de especies en los diferentes ambientes, se realizó un primer análisis de agrupamientos por el método jerárquico con su correspondiente dendrograma (Fig. 7). Esto permitió identificar grupos de varianza similar.

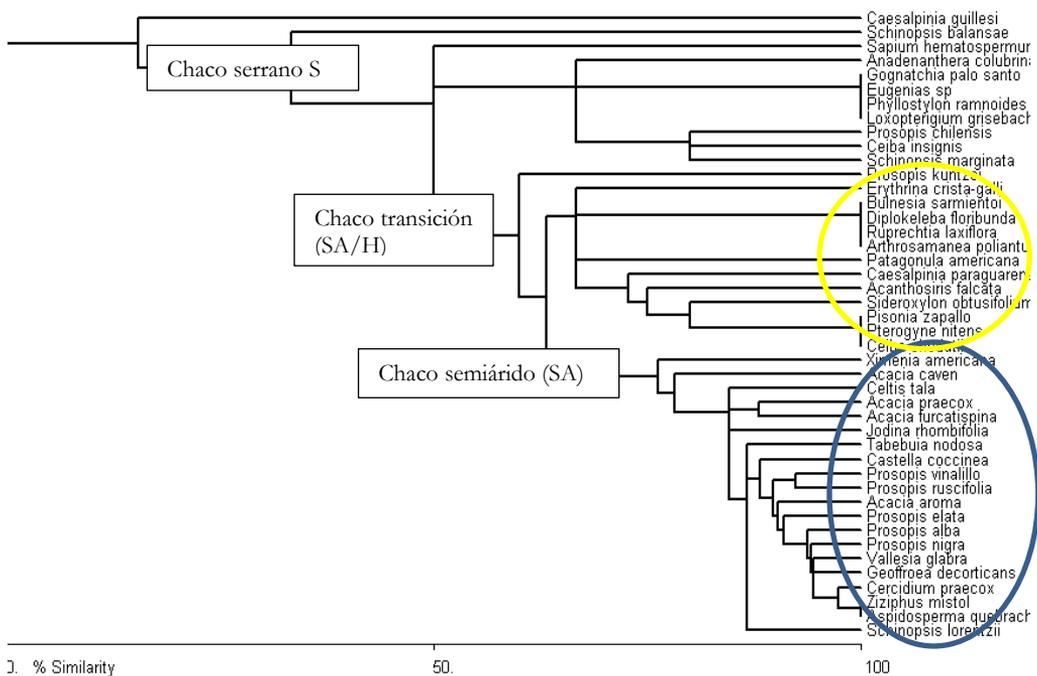


Figura 7. Especies del estrato arbóreo por áreas

Para el Chaco semiárido la matriz básica de especies arbóreas está constituida por: *Aspidosperma quebracho- blanco*; *Ziziphus mistol*; *Prosopis nigra* y *Schinopsis lorentzii*, en ese orden de frecuencia.

Con la matriz de presencia de especies y los tipos de bosques estudiados, el análisis de Conglomerados (AC) indica una similitud entre bosques de llanura y serranos, y diferencia en la asociación con los bosques de influencia salina (Figura 8).

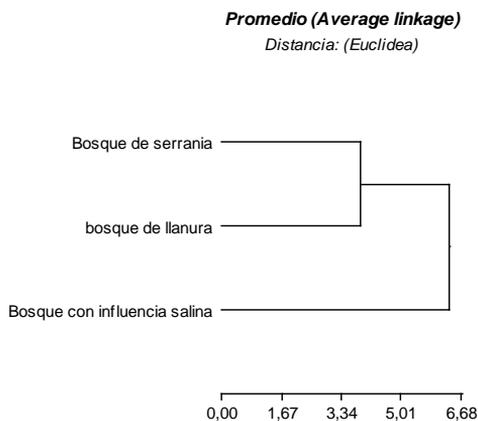


Figura 8. Especies del estrato arbóreo y los tipos de bosques

El análisis de conglomerados (AC) realizado con la matriz de abundancia de especies por sitio, demuestra que: el grupo 1 relaciona especies y estructura del estrato arbóreo a diferentes situaciones de bosques presentes en el área. Los otros 3 ambientes, han modificado su estructura por una corta muy pronunciada de las especies principales (Figura 9).

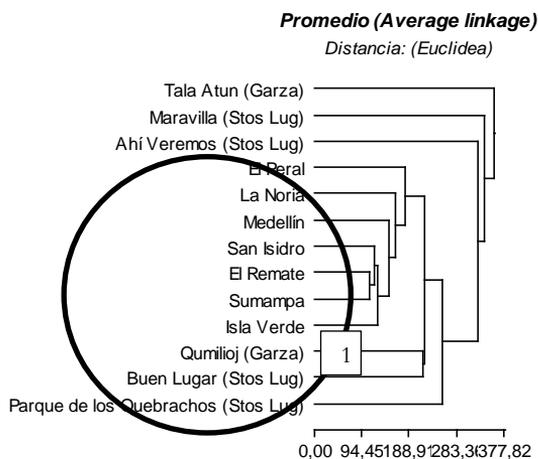


Figura 9. Matriz de abundancia por sitio

Riqueza de especies

La riqueza total (ST) corresponde a las especies censadas para los biotipos: arbóreo (SA), arbustivo, cactáceas, crasas y palmeras. Los valores de SA varían de 12 a 31 especies arbóreas según los sitios de estudio. La diversidad del bosque según biotipos está representada por 28,6 % de árboles, 48,3 % de arbustos, 21,76 % de plantas crasas y 1,3 % de palmeras. Los árboles representan el 41 % de las leñosas presentes.

Con la base de datos propia (30 sitios de muestreo), se modela la riqueza del estrato arbóreo (SA) con la riqueza total (ST). Ambas variables presentan una correlación de 0.85 (Figura 10).

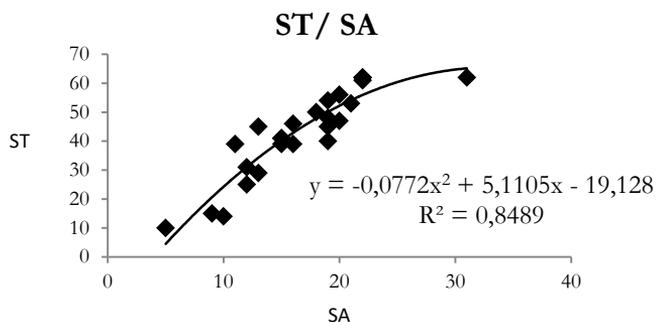


Figura 10. Riqueza arbórea (SA) y total (ST)

Torrella *et al.* (2011) en un bosque de tres quebrachos en el SO de la Provincia de Chaco (Chaco de transición), detectaron 36 especies leñosas, con un área basal de 24.73 m²/ha y una densidad de 13459 individuos/ha. Estos valores son similares a los obtenidos. Por AC se analizó las Variables SA, ST y Cobertura para el criterio de clasificación tipo de bosque (Morello, 1970), resultando diferente el bosque alto (Figura 11).

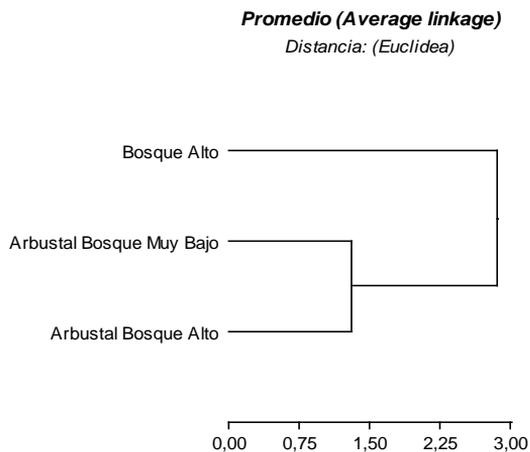


Figura 11. Riqueza para tipo de bosques

Los tipos arbustal bosque alto o muy bajo, presentan una estructura similar en riqueza, composición y estructura por factores de salinidad y corta excesiva.

El análisis multivariado por CP según tipo de bosque para las variables SA, ST, Cobertura y Áreas homogéneas, representa para la 1 componente el 89 % de la variabilidad total. Riqueza arbórea es la variable de mayor significancia, corroborando la hipótesis planteada originalmente (Figura 12).

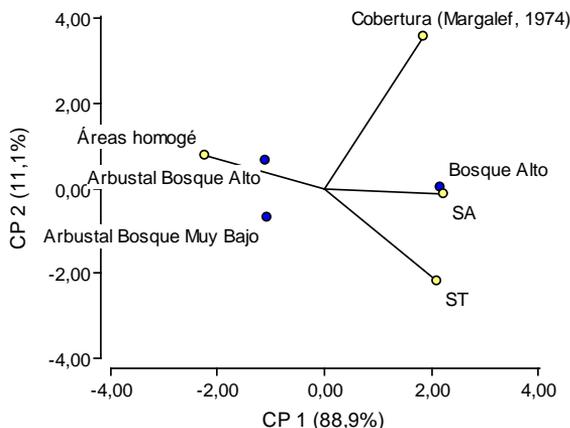


Figura 12. CP para tipos de bosques

Índices

Se calcularon diferentes índices de diversidad, presentando el Índice Shannon H' y H_{max} , por ser su aplicación generalizada. El índice H aumenta a medida que: 1) aumenta la riqueza y 2) los individuos se distribuyen más homogéneamente entre todas las especies.

H se ha calculado en muchos estudios ecológicos, con valores que varía entre 1.5 y 3.5 y que raramente pasa de 4.5 (Magurran, 1988). En los sitios estudiados H' varía entre 0,40 a 0,98; para H_{max} varía entre 0.8 a 1.57 (Figura 13).

Moscovich *et al.* (2010) calculan $H' = 3$ para la selva paranaense y 68 especies arbóreas, pertenecientes a 55 géneros y 30 familias botánicas, en un bosque secundario, con intervención antrópica.

En bosques tropicales secos de Costa Rica, William Fonseca *et al.* (2014) informan un $H' = 2.8 / 3.10$ en diferentes unidades de muestreo, para un área basal de 19 a 29 m²/ha. Los bosques con mayor clases de edad (maduros), presentan mayor diversidad florística.

Muñoz *et al.* (2014) para un bosque seco de Ecuador, indican una riqueza de 21 sp arbóreas y 9 familias; $H' = 2/2.5$ lo que según Magurran (1998) podría interpretarse como una diversidad media y AB/m² de 42.27.

Garcés (2004) analiza la diversidad de un bosque seco Masicarán, Valle del Yeguaré, Honduras, con una riqueza de especies leñosas de 45 y $H' = 1.86$ a 2.12.

Según estas referencias, los valores de H' son bajos para el chaco.

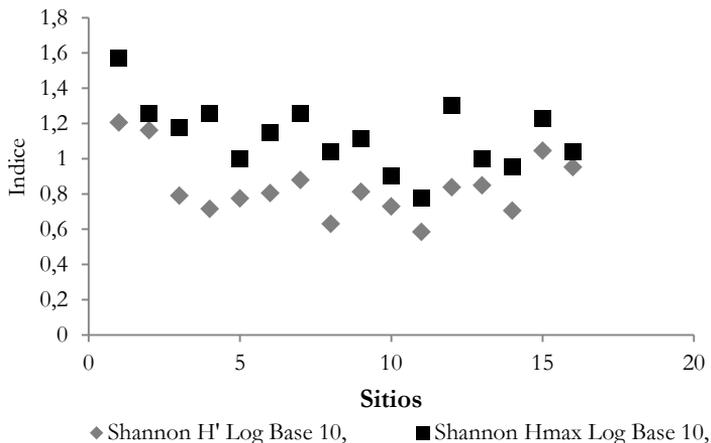


Figura 13. Índice de diversidad de Shannon por sitios

Considerando valiosa la base lograda en tantos años, se propone un índice IB cuya fórmula es la siguiente:

$$IB (\text{índice de biodiversidad}) = \frac{\text{total sp. presentes en un sitio} * 100}{\text{total sp inventariadas en la región de estudio}}$$

Como total de especies muestreadas, se propone el denominador de 162 sp. IB varía en el caso propuesto entre 6 y 40, indicando el mayor valor, la mayor diversidad (Figura 14). A medida que se incrementa el número de especies por sitio el índice aumenta, para un máximo de 100 cuando el nº de sp presentes es igual al número de sp censadas en la región y 0 cuando solo existe 1 especie. Los valores obtenidos para la región, son indicadores de diversidad baja a media (inferior al 50 % de lo censado).

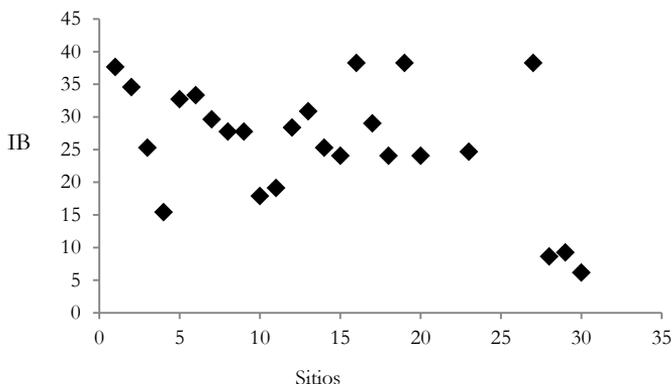


Figura 14. IB índice biodiversidad

El histograma de IB indica una frecuencia relativa del 40 % a valores entre 26.3 (Figura 15).

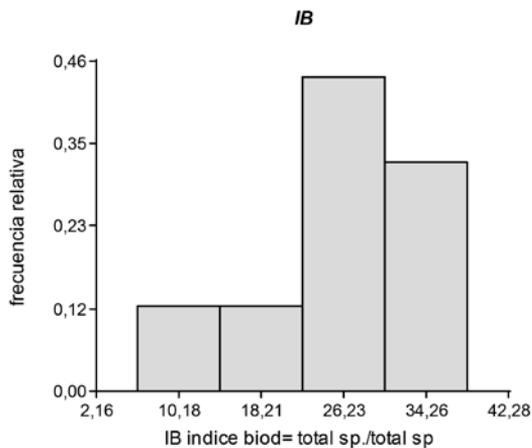


Figura 15. Histograma de IB

Diversidad arbórea y productividad

Buscando relaciones entre diversidad y crecimiento o producción de biomasa, se analiza la riqueza de especies arbóreas (SA) y las variables dasométricas: AB/ha y VolF/ha. La correlación es baja y mejor ajusta a la variable AB y H' (Figura 16).

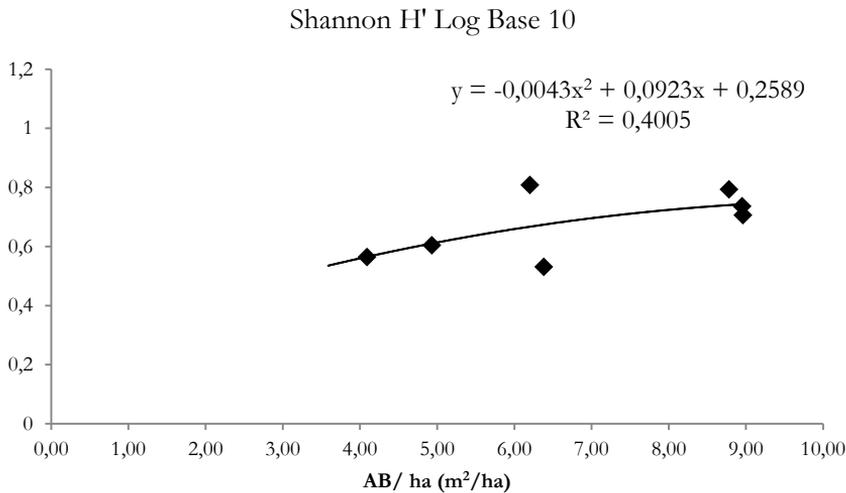


Figura 16. Área basal y Shannon

El mejor ajuste lo presenta el AB y SA, con una ecuación polinómica de segundo grado y R^2 : 0,8. Estas funciones matemáticas permiten estimar relaciones entre productividad y diversidad (Figura 17).

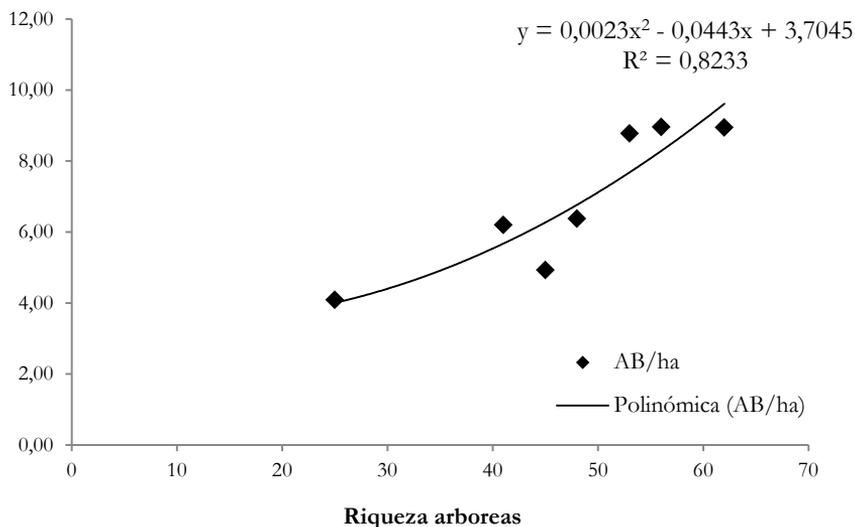


Figura 17. Correlación riqueza arbórea (SA) y AB/ha

Este resultado corrobora lo obtenido por Vilà *et al.* (2013) en bosques europeos. En cambio la relación SA y Vol F/ha no es buena.

¿Qué ocurre con la diversidad vegetal cuando los bosques se degradan en el Chaco semiárido?

Las formaciones naturales vegetales, en sus diversas fisonomías, van sufriendo una fuerte acción antrópica. El desmonte parcial y con él, la reducción de la extensión del hábitat lleva a la pérdida de parte de las especies complementarias, aunque también de especies mayores que ocupan el área restante, que se convierte en un gran riesgo para la biodiversidad (Giménez *et al.* 2014).

El bosque chaqueño argentino está sufriendo un acelerado proceso de degradación, evidente en el reemplazo de la fisonomía boscosa original por arbustales con bajo potencial de uso (Boletta *et al.*, 2006; Giménez *et al.*; 2008, 2011). La acción antrópica y el cambio de uso de la tierra, asociado a perturbaciones tales como el fuego tienen gran impacto en la diversidad local y regional. En este ambiente, dos de los usos de la tierra más comunes son la ganadería extensiva y la extracción de maderas duras (Morello, Adámoli, 1968; Tálamo *et al.*, 2012).

El comprender cuánto influye la corta selectiva de las especies principales en la diversidad de los bosques es una incógnita que autores han tratado de develar. La escasez de trabajos sobre el impacto del aprovechamiento selectivo sobre la biodiversidad de leñosas en bosques semiáridos, lleva a la necesidad de ensayar respuestas sobre las

especies, su reemplazo y cómo se modifica la estructura, teniendo como base de comparación el efecto de clausura con 20 años de antigüedad en un bosque de la misma área.

El objetivo del trabajo es analizar la diversidad forestal en el área de influencia del Río Salado, localidad Santos Lugares, Alberdi, Santiago del Estero, en bosques con diferentes historias de uso (Giménez *et al.* 2014).

La zona de estudio corresponde a un área homogénea (cono de deyección del río Salado), departamento Alberdi, Santiago del Estero, Argentina (Figura 18). Presenta una superficie de 66.984 ha, donde se estudiaron 4 sitios (Piarfon, 2005).

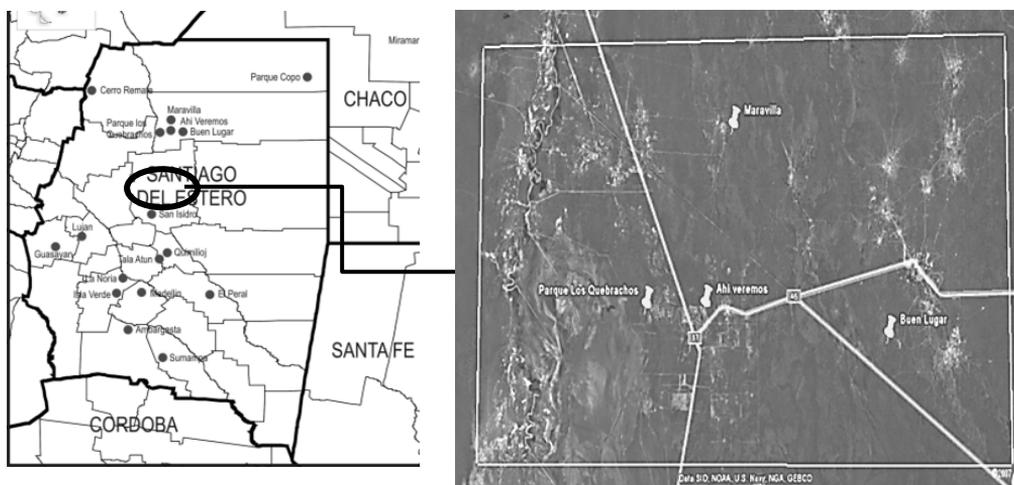


Figura 18. Área de estudio

La matriz boscosa corresponde a un bosque original seco semidecídulo de dos quebrachos. Resulta de interés esta área boscosa, que forma un continuo, donde ha impactado en los últimos 100 años: el aprovechamiento forestal intensivo y selectivo y la ganadería dentro del bosque. La influencia de los derrames del río Salado produce un proceso de salinización en avance, en toda el área. Estas causas producen en el recurso un paulatino proceso de degradación

El estudio se basa en el análisis de la diversidad α , β , γ esquematizado en Figura 19.

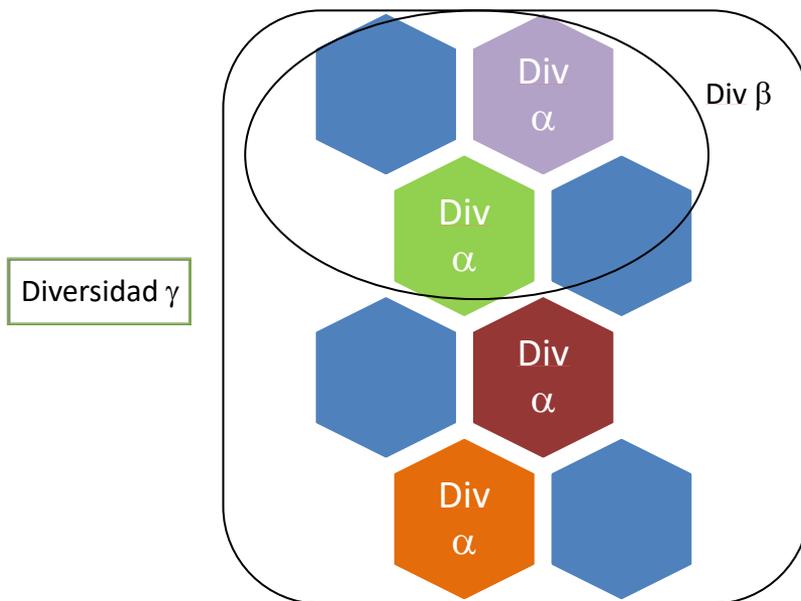


Figura 19. Esquema de estudio de diversidad

Se estudian 4 unidades: dos sitios con bosques de dos quebrachos, uno como testigo con un área de clausura de 20 años y 2 sitios donde la estructura ha sido alterada por aprovechamiento extensivo.

La información sobre la situación de cada bosque ha sido informada por los pobladores locales y el aprovechamiento se ha realizado según las prácticas locales de corta selectiva e irracional, que ha dejado a los bosques de la región en un estado de degradación alarmante. Los datos de los sitios de análisis se indican en Tabla 1.

Tabla 1. Tipo de tratamiento por sitio

Sitios	Tipo de bosque	Tratamiento	Degradación
T0 Parque Quebrachos (PQ)	bosque secundario de dos quebrachos	con clausura de 20 años Testigo	1
T1 Buen Lugar (BL)	bosque secundario de dos quebrachos	corta selectiva hace 30 años	2
T2 Maravilla (MA)	bosque secundario de quebracho blanco	con extracción selectiva intensa desde hace 50 años	3
T3 Ahi Veremos (AV)	bosque secundario de quebracho blanco, suelos con influencia salina	Corta selectiva muy intensa desde hace 50 años	3

Se calculó la diversidad α por sitio con los parámetros riqueza (S) y diversidad de especies mediante el índice de Shannon-Weaver (Magurran, 1988). Se empleó el programa BIODIVERSITY PRO Vs. 2. Para representar visualmente las diferencias (o similitudes) de la flora entre sitios, se utilizó un análisis multivariado de (CA) agrupamiento. En el análisis de agrupamiento se usó el índice de distancia de Bray-Curtis con datos de abundancia para calcular la similitud florística entre sitios.

Diversidad β compara la diversidad de la especie entre ecosistemas o en gradientes ambientales. La diversidad (β) se calculó para cada par de sitios con los coeficientes de similitud de Jaccard (usando datos de presencia/ausencia) y el Índice de similitud de Sorensen (usando datos de abundancia) (Magurran, 1988).

La diversidad γ se refiere a la biodiversidad total sobre un área o una región, empleando Lande (1996) para el cálculo.

$$\text{Diversidad } \gamma = \text{div } \alpha + \text{div } \beta$$

En la región de estudio se registraron 20 familias, 43 géneros y 65 especies. Según la matriz de abundancia (Figura 19) los sitios afines en composición y estructura son Pq y Bl (bosques de dos quebrachos) y otro grupo Ma y Av (bosques de un quebracho).

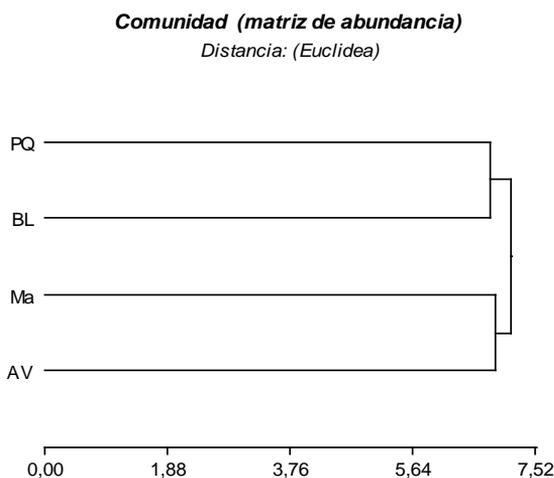


Figura 19. Sitios de similaridad florística

Se considera el paso de un bosque de dos a un quebracho, un indicador de degradación. El análisis exploratorio multivariado de agrupamiento (Figura 20) en función de la presencia de especies, permitió discriminar 2 grupos de especies: (1) de las dominantes y (2) secundarias.

Bray-Curtis Cluster Analysis (Single Link)

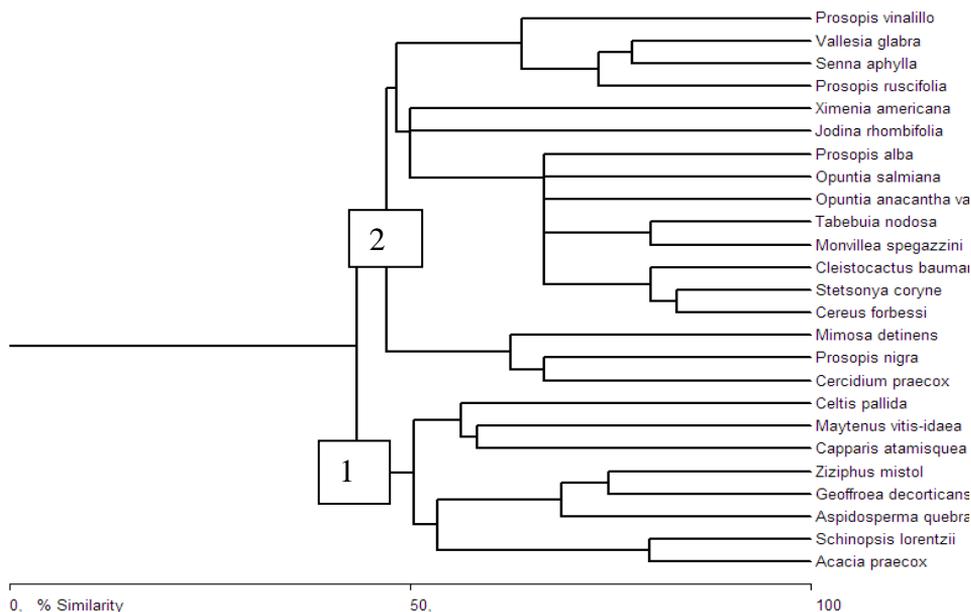


Figura 20. Análisis de afinidad florística

Son compartidas en los 4 sitios 17 sp. Para el estrato arbóreo siete son las que caracterizan la comunidad: *Aspidosperma quebracho-blanco*, *Schinopsis lorentzii*, *Cercidium praecox*, *Prosopis nigra*, *Prosopis ruscifolia*, *Ziziphus mistol*, *Acacia caven*. Las crasas compartidas son 4: *Bromelia hieronymi*, *Cereus forbessi*, *Stetsonya coryne*, *Harrisia pomaniensis*. Los arbustos compartidos (6) son: *Baccharis salicifolia*, *Capparis atamisquea*, *Capparis salicifolia*, *Vallesia glabra*, *Castella coccinea*, *Solanum argentinum*. El estrato arbustivo es el de mayor amplitud y variabilidad en cuanto a la composición de especies.

La diversidad β representa el recambio de especies a escalas espaciales intermedias. Se calculó la diversidad β (Tabla 2), con los coeficientes de similitud de Jaccard (presencia/ausencia) y el Índice de similitud de Sorensen (datos de abundancia) (Magurran 1988).

Tabla 2. Cuadro comparativo de diversidad β

Sitios A	B	I Jaccard	I Sorensen
AV	BL	0.47	0.173
MA	BL	0.41	0.339
AV	MA	0.41	0.249
AV	PQ	0.44	0.129
PQ	MA	0.59	0.135
PQ	BL	0.68	0.190

Con relación al índice de similitud de Sorensen, los resultados manifiestan una mejor concordancia de especies. PQ y BL son los sitios de mayor similitud de especies (68 % de las sp compartidas), en segundo orden PQ y MA (0.59). Este resultado es expresado por el cluster en base a la matriz de especies.

Según el Índice de similitud de Sorensen, donde interviene la matriz de abundancia de especies, los valores son menores, lo que implica que a nivel estructura del bosque la abundancia de especies varía ampliamente. MA y BL son los sitios de mayor similitud en función a las sp y la abundancia de c/u. Estos resultados son concordantes con el análisis cluster por abundancia.

Se realizó el Análisis de agrupamiento con la matriz de abundancia y presencia de sp. Los bosques con estructura similar T0 y T1 forman un grupo.

El número de arbóreas presentes son coincidentes y óptimas en abundancia en los dos sitios menos degradados (T0 y T1), donde se mantiene la composición del bosque original.

En T3 y T4 la corta ha hecho desaparecer el quebracho colorado transformándose en un bosque de quebracho blanco. La estructura de las especies arbóreas principales ha sido modificada por la extracción de madera, la riqueza de especies disminuye ampliamente. De una matriz original de 65 sp en el área de estudio, los bosques con estructura de dos quebrachos mantienen más del 80 % de la riqueza de especies. Los sitios (T2 y T3) con un solo quebracho, mantienen entre 40 y 60 % de las especies del patrón original.

La diversidad γ es la diversidad intrínseca de un paisaje, e integra las componentes α y β . Estima la variedad de especies en una zona determinada, incluyendo todas las comunidades que se encuentran en ella.

$$\gamma = 35 + 13 = 48$$

El valor de la Diversidad gamma (γ) en la zona de estudio, es de 48 sp, repartida entre la diversidad α (35 sp) que representa el 70 % de la diversidad y β solo el 30 % (13 sp).

Esto significa que la riqueza del sitio de estudio es preponderante en el análisis integral del área y que las diferencias entre sitios de una misma área (diversidad β) representa un bajo porcentual. Si esto se relaciona con la degradación, prevalece la historia local.

Similares resultados son indicados por Tálamo *et al.* (2012) que calcula la diversidad gama para leñosas en 16 sitios del Departamento Copo con un valor de 35 sp (considerando exclusivamente las leñosas); 12 sp. para diversidad β (41 %) y 22 sp. α (59 %).

Giménez *et al.* (2014) indican que la diversidad γ es mayor debido a que se incorporan cactáceas y palmeras (48 sp.). La diversidad α comprende (35 sp.) representa el 70 % de la diversidad y la β solo el 30 % (14.5 sp).

Según Tálamo *et al.* (2012) en referencia a la composición florística, los diferentes sitios con bosque se comportan de manera similar, independientemente de la historia de aprovechamiento.

Esto concuerda con lo estudiado, ya que las sp. compartidas son 19 y para el estrato arbóreo 7. La matriz básica está siempre presente, sin interesar el grado de aprovechamiento que ha soportado el bosque. Lo que varía es la abundancia y la distribución de las clases diamétricas. La riqueza disminuye con la degradación.

Interesa relacionar la diversidad con los atributos dasométricos del bosque estudiado (Tabla 3).

Tabla 3. Variables dasométricas

	Parque Quebrachos (1)	Buen Lugar (2)	Maravilla (3)	Ahí Veremos (4)
N° pies ha-1	339	328	104	188
Área basal (m ² /ha)	8,96	8,78	6,2	4,09
VF (m ³ /ha)	42,7	30,57	17,92	18,72
Altura máxima del dosel	13,5	13,	12,5	13,2
Altura media del dosel	7,02	6,91	8,31	6,8
Cobertura %	70	50	45	35

La distribución diamétrica se expresan en Figura 21 según los tratamientos .

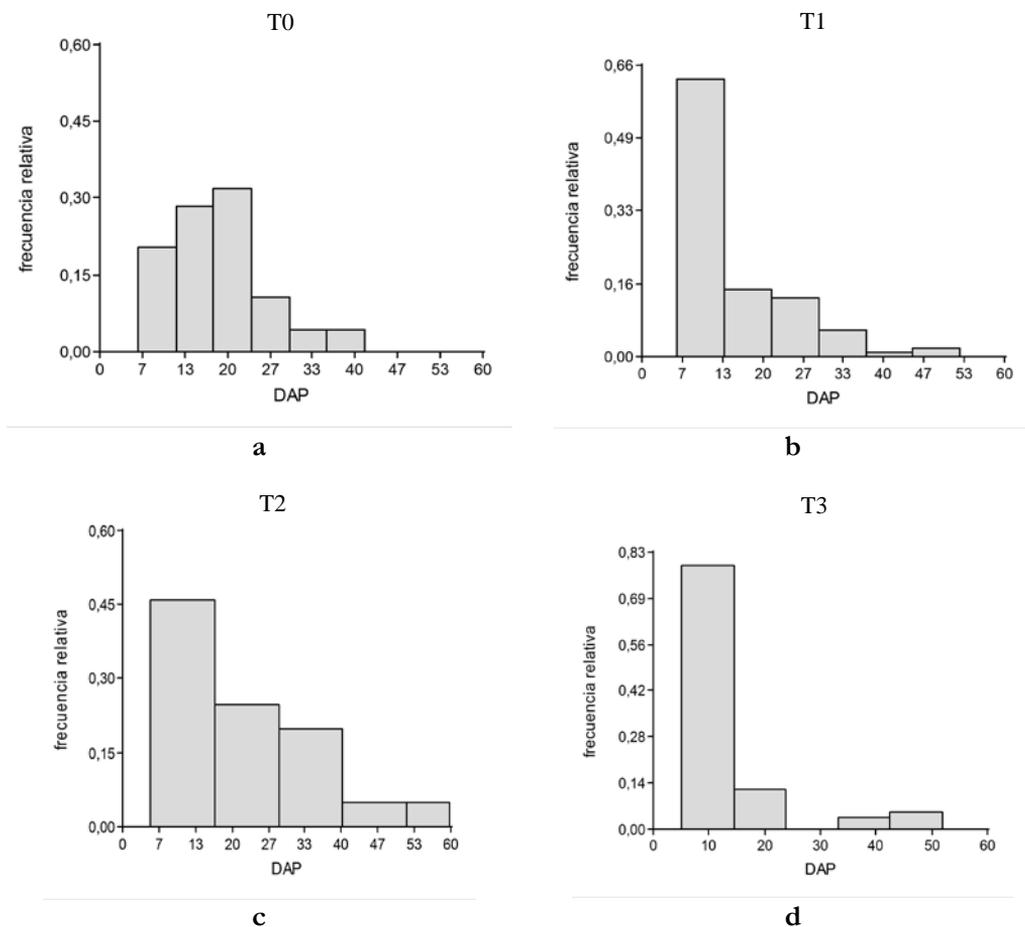


Figura 21. Histograma de clases diamétricas en tratamientos

La distribución diamétrica para el sitio T0 es ascendente positiva, hay un importante aporte de las clases inferiores, consecuente con los años de clausura, donde la regeneración natural pudo establecerse adecuadamente. La ausencia de clases mayores a 45 cm indica un aprovechamiento intenso en los 50 y 100 años anteriores. En los sitios T1, 2 y 3, la distribución diamétrica es del tipo L descendente. En T3 falta la clase de edad entre 25 y 35 cm (está indicando una corta intensiva a los 60 años). La Prueba de Kruskal Wallis para la variable Volumen de fuste/ha (VFHA) presenta diferencias significativas para los 4 sitios (Tabla 4). El bosque testigo es el de mayor volumen de fuste, probablemente el efecto de la clausura, permitió la regeneración natural y el progreso de las clases diamétricas inferiores.

Tabla 4. Estadísticos y Prueba de Kruskal Wallis para la variable VFHA

T	Medias	D.E.	
0	1,27	1,4	D
1	0,37	0,89	B
2	0,66	0,76	C
3	0,41	1,21	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Conclusiones

Los diferentes estudios presentados anteriormente, permiten concluir que:

La biodiversidad de leñosas arbóreas es un indicador efectivo para la estimación de la riqueza total (arbustos, arboles, cactáceas, crasas y palmeras).

La matriz de especies dominantes del chaco seco está presente en todas las áreas de estudio y la constituyen las siguientes especies arbóreas: *Aspidosperma quebracho- blanco*; *Ziziphus mistol*; *Prosopis nigra* y *Schinopsis lorentzii*, en ese orden de frecuencia.

Se propone un índice de diversidad IB.

La matriz florística se mantiene en todos los ambientes estudiado del Chaco, no así la estructura del rodal.

Los factores edáficos (salinidad) y antrópicos (corta extensiva), ganadería, modifican la matriz de abundancia, no así de presencia de especies a mediano plazo.

La diversidad arbórea está relacionada con la productividad del bosque, existe una correlación positiva entre la riqueza arbórea y el área basal.

El aprovechamiento y la degradación modifican la estructura del bosque, no la composición florística.

La diversidad de leñosas y crasas disminuye con la corta selectiva del estrato arbóreo

La corta selectiva prolongada reduce el VFHA

La diversidad γ en la zona de estudio, se repare entra la diversidad α que representa el 70 % y la β solo el 30 %.

Desde lo florístico, hay áreas regionales con elementos de alto valor científico, dignos de ser conservados.

Se requiere ampliar el estudio a otros bosques de la región para investigar distintos factores que influyen sobre la diversidad de los bosques y el aprovechamiento intensivo.

Referencias Bibliográficas

- Adamoli, J.; E. Sennhauser; J. Acero y A. Rescia. 1990. Stress and disturbance: vegetation dynamics in the dry Chaco region of Argentina. *J. Biogeogr.* 17: 491-500.
- Barberis, I. M.; J. P. Lewis y W. B. Batista. 2005. Heterogeneidad estructural de los bosques de la Cuña Boscosa de Santa Fe en distintas escalas espaciales. La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas: un homenaje a Rolando J.C. León. M. Oesterheld, M. R. Aguiar, C. M. Ghersa & J. M. Paruelo. Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires: 43-58.
- Barreto Sánchez, L.; A. Duque Montoya. 2011. *Especies arbóreas como bioindicadores de la variación de la composición florística de otras formas de crecimiento: estudio de caso en la amazonía colombiana*. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias Maestría en Bosques y Conservación Ambiental. 30 p.
- Boletta P, A Ravelo; A Planchuelo y M. Grilli. 2006. Assessing deforestation in the Argentine Chaco. *Forest Ecology and Management* 228: 108-114.
- Brassiolo, M. 2005. Propuestas para la conversión de bosques degradados. Los bosques del Chaco Semiárido. *IDLA XXI* 8: 23-28.
- Burley, J. 2002. Panorámica de la diversidad biológica forestal. *Unasyha* (FAO), v. 53 N° 209: 3-9.
- Cabrera, Á. L. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. En: Kugler WF (Ed.) *Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería*. Tomo 2. 2a edición. Acme. Buenos Aires. Argentina. Fascículo 1. pp. 1-85.
- Carnevale; C. Alzugaray (ex aqueo) y N. Di Leo. 2009. Evolución de la deforestación en la cuña boscosa santafesina. Pag: 203-228 En: *El Chaco sin bosques*. Ed. J. Morello y A. F. Rodríguez. 1a ed. - Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora.
- Del Pino, J. O.; R. Zamora y J. Oliet, J. 2004. *Empleo de diferentes índices de biodiversidad en los modelos basados en técnicas de decisión multicriterio*. [en línea]. Disponible en: <http://www.gruponahise.com/simposio/>
- EM (Evaluación de Ecosistemas del Milenio). 2005. *Ecosystems and human wellbeing: synthesis*. Island Press, Washington, DC. (Disponible también en: www.millenniumassessment.org/).
- Estevan Bolea, M. T. 1984. *Evaluación del impacto ambiental*. Madrid: Editorial MAPFRE, D.L.
- FAO. 2009. *Documento de trabajo Evaluación de los Recursos Forestales 154* (también disponible en: [ftp.fao.org/docrep/fao/012/k6217s/k6217s00.pdf](ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/k6217s/k6217s00.pdf)).
- FAO. 2002. *Evaluación de los recursos Forestales Mundiales 2000 – informe principal*. Roma. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/fra2000report/es/>
- Galizzi, F. A.; C. Angueira y D. Prieto. 1999. Suelos de la planta piloto de drenaje del INTA Santiago del Estero. *Quebracho* 7:52-60
- Garcés, P. 2004. *Composición del bosque seco "Masicarán", Valle del Yeguaré, Honduras, C.A.* Trabajo de Graduación Carrera de Desarrollo Socio económico y Ambiente. Yalle del Yeguaré, Honduras, 37p.

- Gardtland, M. y A. Bohren. 2009. Consideraciones sobre de biodiversidad forestal a nivel de especies arbóreas, en la selva paranaense de Misiones, Argentina. *Ytyrareta* 15: 39-49.
- Gentry A. H. 1995. Diversity and floristic composition of Neotropical dry forests. In: Bullock S.H.; H. A. Money H. A. & E. Medina E. (Eds.) *Seasonally Dry Tropical Forests*, pp. 146-194. Cambridge, Cambridge University Press.
- Giménez, A. M.; Moglia, J. G. 2003. *Árboles del Chaco Argentino. Guía para el reconocimiento dendrológico*. Ed. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable del Ministerio de Desarrollo Social, Facultad de Ciencias Forestales. ISBN: 987 95852-9-1. 310 p.
- Giménez, A. M.; P. Hernández. 2008. *Biodiversidad en Ambientes naturales del chaco Argentino. Vegetación del Chaco semiárido, Provincia de Santiago del Estero. Fascículo 1*. Editores: FONCYT. FCF, UNSE. 120 p.
- Giménez, A.M.; P. Hernández, M. E. Figueroa y I. Barrionuevo. 2011. Diversidad del estrato arbóreo en los bosques del Chaco Semiárido. *Revista Quebracho* 19 (1,2): 24-37.
- Giménez, A. M.; Ríos, N. A.; Hernández, P.; Figueroa, M. E.; Díaz Zírpolo, J. 2014. *Diversidad de leñosas en bosques degradados del Chaco Semiárido Argentino*. Anales del 1 Congreso Internacional del Gran Chaco Americano: territorio e innovación. - 1a ed. - Santiago del Estero: Universidad Nacional de Santiago del Estero - UNSE, 2014. E-Book. ISBN 978-987-1676-21-7 1. Desarrollo Regional. 2. Ciencias. I.: 1:13.
- Hueck, K. 1997. *Los bosques de Sudamérica: ecología composición e importancia económica*. Ed. GTA, Alemania. 476p.
- Hueck, K. & P. Seibert, 1981. *Vegetationskarte von Südamerika. Mapa de la Vegetación de América del Sur. Vegetationsmonographien der einzelnen Grossräume Band II a*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. 90 pp.
- Latham, R. E. & R. E. Ricklefs. 1993. Global patterns of tree species richness in moist forests: Energy-diversity does not account for variation in species richness. *Oikos*, 67.
- Lewis, J. P. y E. F. Pire. 1981. *Reseña sobre la vegetación del Chaco santafesino*. Serie Fitogeográfica N° 18. INTA, Buenos Aires. 42 p.
- López, R. P., Alcázar, D. L., Macía, M. J. 2006. The arid and dry plant formations of South America and their floristic connections: new data, new interpretation? *Darwiniana* 44: 18-31.
- Maass, J. M.; H. D. Mooney & E. Medina. 1995. Conversion of tropical dry forest to pasture and agriculture. p: 399-422 In: S. H. Bullock editors. *Seasonally Dry Tropical Forests*. Cambridge University Press, New York.
- Magurran, A. E. .1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- Marino, G. y J. Pensiero. 2003. Heterogeneidad florística y estructural de los bosques de *Schinopsis balansae*(Anacardiaceae) en el sur del Chaco Húmedo. *Darwiniana* 41: 1-4: 17-28.
- Morello, J. 1970. Ecología del Chaco. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. Vol XI (Supl.) pp. 161-174.
- Morello, J. y J. Adámoli, 1974. *Las grandes unidades de vegetación y ambiente del Chaco argentino. Parte II. Provincia del Chaco*. Serie Fitogeográfica N°13. INTA, Buenos Aires, 130 p.
- Morello, J. y A. Rodríguez. 2009. Clasificación de ambientes en áreas protegidas de las ecorregiones del chaco húmedo y chaco seco. Pag: 53-92 En: *El Chaco sin bosques*. Ed. J. Morello y A. F. Rodríguez. 1ª ed. - Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora.
- Moscovich, F.; C. Dummel; M.; Pinazo; O.; Knebel y R. Alcaraz. 2010. Caracterización fitosociológica de una porción de bosque nativo misionero secundario, con intervención antrópica. *Quebracho* 18 (1,2): 24-36.
- Moser, J. W.; H. C. Hitchcock and M. H. Rauscher. 1993. Microcomputers: Their potential for foresters. *Journal of Forestry* 81(6): 362-378

- Muñoz, J.; S. Erazo y D. Armijos. 2014. Composición florística y estructura del bosque seco de la quinta experimental “El Chilco” en el suroccidente del Ecuador. *Revista CEDAMAZ* Vol. 4 (1): 53-61.
- Nieder, J.; S. Engwald & W. Barthlott. 1999. Patterns of neotropical epiphyte diversity. *Selbyana* 20: 66-75.
- Pennington, R.; D. Prado and A. Colin Pendry. 2000. Neotropical Seasonally Dry Forests and Quaternary Vegetation Changes. *Journal of Biogeography*, Vol. 27 (2): 261-273 Published by: Wiley Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/2656258> Accessed: 16-05-2016 15:30 UTC.
- Pitman, N. C. A.; J. Terborgh; M. R. Silman and P. Núñez. 1999. Tree species distributions in an upper Amazonian forest. *Ecology* 80: 2651-2661.
- Prado, D. E. & P. E. Gibbs. 1993. Patterns of species distributions in the dry seasonal forests of South America. *Annals of the Missouri Botanic Garden* 80: 902-927.
- Prado, D. E. 1991 *A critical evaluation of the floristic links between chaco and caatingas vegetation in South America*. PhD Thesis. University of St. Andrews, Scotland.
- Prado, D. E. (1993a) What is the Gran Chaco vegetation in South America?. I. A review. Contribution to the study of flora and vegetation of the Chaco. V. *Candollea* 48: 145-172.
- Prado, D. E. (1993b) What is the Gran Chaco vegetation in South ? Blackwell Science Ltd 2000, *Journal of Biogeography* 27: 261-273 16 May 2016 15:30:54 UTC All use subject to <http://about.jstor.org/terms> Neotropical seasonal forest biogeography 273 America?. II. A redefinition. Contribution to the study of flora and vegetation of the Chaco. VII. *Candollea* 48: 615-629.
- Prado, D. E. 2000. Seasonally dry forests of tropical South America: from forgotten ecosystems to a new phytogeographic unit. *Edinburgh Journal of Botany* 57:437-461.
- Prado, D. E. 2010. Bosques Secos Neotropicales: florística, biogeografía e implicaciones sobre biodiversidad. *Huayllu-Bios* 4: 17-18.
- Rondeux, J. 1999. Forest inventories and biodiversity. *Unasyha* 50 (196): 35-41. (E), (F), (S).
- Sarmiento, G. 1975. The dry plant formations of South America and their floristic connections. *Journal of Biogeography* 2: 233-251
- Tálamo, A. y S. Cazziani. 2002. Variation in woody vegetation among sites with different disturbance histories in the Argentine Chaco. *Forest Ecology and Management* 184: 79-92.
- Tálamo, A.; J. López de Casenave y S. Cazziani. 2012. Components of woody plant diversity in semi-arid Chaco forests with heterogeneous land use and disturbance histories. *Journal of Arid Environments* 85: 79-85.
- Terradas, J. 2001. *Ecología de la vegetación. De la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisaje*. Primera edición. Omega, Barcelona. 703 p.
- Torrella, S.; L. Oakley y R. Ginzburg. 2011. Estructura, composición y estado de conservación de la comunidad de plantas leñosas del bosque de tres quebrachos en el Chaco Subhúmedo Central. *Ecología Austral* 21: 179-188.
- Vilà, M.; A. Carrillo-Gavilán; J. Vayreda; H. Bugmann; J. Fridman; W. Grodzki y A. Trasobares. 2013. Disentangling Biodiversity and Climatic Determinants of Wood Production. *PLoS ONE*, 8(2), e53530. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0053530>
- William Fonseca, G.; E. Chavé; F. Mora; V. Meza 2014. *Dinámica y composición del bosque seco tropical*. XII Congreso Forestal Mundial Quebec. 10 p. 0203-B4.
- Zuloaga, F. O. y O. Morrone (eds.). 2004. *Catálogo de las Plantas Vasculares de la República Argentina*. II.

Zona de Copo





Scb. lorentzii *Caparis retusa* *Cercidium praecox*

Zona de salinas



Guasayán, Guampacha (Chaco serrano)



Seb marginata (horco cebil)



Anadenanthera colubrina (cebil)



Ruprechtia apetala



O. anakanta var utquillo



Mortero de quebracho colorado

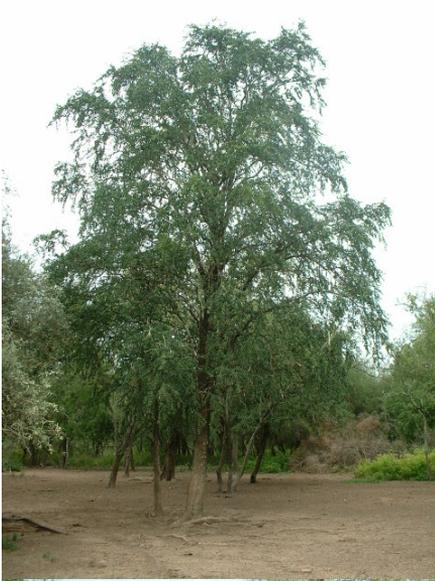


Exudado de brea

Quimili Paso, Salavina



Palosantal en Bermejito Chaco



Cathormium polyantum

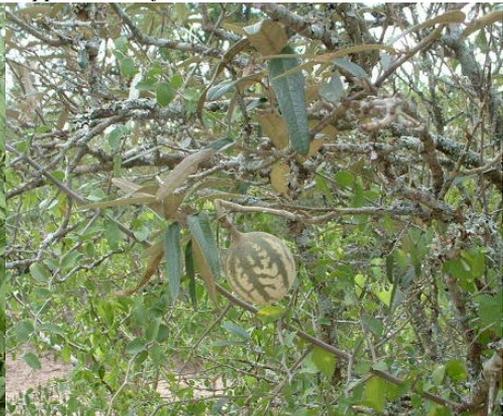
Aspidosperma tritermatum



Capparis speciosa



Capparis salicifolia



Los bosques del Chaco Serrano Santiagueño

Propuesta metodológica

Hernández, P.¹ y A. M. Giménez²



Introducción

La eco-región del Gran Chaco abarca 600.000 km², ocupa el 22 % de la superficie continental de Argentina, su gran amplitud y heterogeneidad interna genera dos grandes subregiones: Chaco Seco y Chaco Húmedo.

El Chaco Seco, ubicado en el lado occidente de la región, es en su mayor parte una vasta llanura sedimentaria, modelada esencialmente por la acción de los ríos que la atraviesan en sentido noroeste-sudeste. Según sus condiciones climáticas en el Chaco Seco se pueden distinguir tres subregiones: **Chaco Semiárido, Chaco Serrano y Chaco Árido**. (Torrela y Adámoli, 2005).

En los faldeos de las sierras Pampeanas y Subandinas, que se extienden desde el sur de Bolivia hasta el centro de Argentina, se desarrolla uno de los ecosistemas montanos más importantes de Sudamérica, denominado como Distrito Chaqueño Serrano por Cabrera (1976) y Parque Chaqueño Serrano por Ragonese y Castiglioni (1970). La vegetación característica de este Distrito es un bosque xerófilo a subxerófilo dominado por *Schinopsis marginata* Engl. y *Litbraea molleoides* (Vell.) Engl. La composición florística de este bosques cambia con la latitud y la altitud a escala regional (Cabrera, 1976) y con las características edáficas y la historia de disturbio a escala local (Giorgis *et al.*, 2011). Esto determina que el sistema sea altamente heterogéneo y que haya variaciones importantes en la composición de especies en distancias muy cortas

¹ Dra. Ing. Ftal. Docente de Dasometría, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero. Argentina. E-mail: phernandez@unse.edu.ar

² Dra. Ing. Ftal, Profesora Titular de la Cátedra de Dendrología, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero. Argentina. E-mail: amig@unse.edu.ar

Chaco Serrano: geografía y geología

En la provincia de Santiago del Estero existen serranías localizadas en el oeste, pertenecientes a la bajada de las Sierras Subandinas y en la zona sur, las que corresponden al extremo norte de las Sierras Pampeanas. El Chaco Serrano está conformado por serranías y valles donde el pie de monte es una zona de transición de las últimas estribaciones de las serranías hacia la llanura chaqueña, y tienen una gran afinidad florística con los sectores más áridos de las Yungas. La provincia posee tres zonas serranas: Sierras de Guasayán, Sierras de Sumampa - Ambargasta y Cerro Remate.

En el informe elaborado por la Red Agroforestal Chaco realizado en el año 1999 para la Secretaría de Ambiente y Desarrollo, se delimita la superficie de las Subregiones del Gran Chaco basándose en el análisis realizado por el INTA (1982). De acuerdo a estos datos el Chaco Serrano ocupa un 9,57 % del total de la superficie del Gran Chaco. Este tipo de ecosistema se encuentra en las provincias de Córdoba, Catamarca y San Luis. Al ser sus características diferentes del Chaco Serrano de las provincias de Santiago del Estero, Tucumán y Salta, se denomina Chaco Serrano sur al primero de ellos y Chaco Serrano norte al segundo.

De norte a sur esta formación vegetal se vuelve más evidente en las provincias Córdoba, San Luis, San Juan y Santiago del Estero dado que en ellas el bosque es más biodiverso y más próximo a una selva, más allá de sus componentes claramente de origen chaqueño que lo emparentan con esa gran formación biogeográfica.

En el bosque serrano está presente el horco-quebracho (*Schinopsis marginata*), junto con el molle de beber (*Lithraea molleoides*), especialmente en el sur y gran cantidad de especies de las familias Cactaceae y Fabaceae espinosas, en el norte. En el estrato arbustivo y herbáceo aparecen varias especies de otros distritos biogeográficos. A mayor altitud, el bosque es reemplazado por pastizales o estepas gramíneas con predominio de especies de los géneros *Stipa* y *Festuca*. El mismo juega, posiblemente, un rol importante en la conectividad norte-sur entre los distintos sectores de Yungas (Torrela y Adámoli, 2005).

Las zonas serranas de Santiago del Estero son caracterizadas por la Secretaría de Minería de la Nación, considerando diferentes aspectos:

1. Las **Sierras de Guasayán** se encuentran ubicadas en el oeste de la provincia de Santiago del Estero, en los departamentos de Guasayán y Choya; tienen una altura máxima sobre el nivel del mar de 630 m, una extensión de 100 km de largo y 10-30 km de ancho. Estas sierras poseen un clima benigno debido al agua de manantiales que forma arroyos en las quebradas, el microclima también es consecuencia de la intercepción de los vientos húmedos del Este, donde las laderas son más abruptas.
2. Las **Sierras de Sumampa-Ambargasta**, de acuerdo a la relación geomorfológica estructural, pertenecen al sistema de las Sierras Pampeanas o Subandinas. Constituyen el apéndice Norte de las Sierras de la provincia de Córdoba, de las cuales, particularmente con la Sierra Norte de Córdoba o Sierra de San Pedro, son una continuidad orográfica y geológica. Se localizan en el sur

de la provincia, en los departamentos Quebrachos y Ojo de Agua ocupando una superficie aproximada de 4.200 km²; a lo largo de más de 100 km y con un ancho variable.

3. El **Cerro Remate** se ubica al noroeste de la provincia de Santiago del Estero. Probablemente este cerro sea consecuencia de las últimas y muy recientes manifestaciones de la tectónica andina terciaria, que se prolonga hasta nuestros días. Tiene 500 a 600 m de altura sobre el nivel del mar y de 7 km de longitud. Está constituido en su parte principal por: cuarcitas córneas, de color blanco a rojo, de edad presumiblemente Devónica; cuarcitas blancas y abigarradas, esquistosas; calizas oolíticas con margas arcillosas, con intercalaciones de yeso. Las arcillas son de color gris a verde, predominando este último, por sus características y posición, deben pertenecer al Mioceno (Mon y Urdaneta, 1972).
4. **Cerro Cantero**, la bibliografía escasamente menciona su pertenencia a la provincia de Santiago del Estero, sus límites indican que una porción integra a la misma y otra a la provincia de Salta. Ello se puede verificar en el mapa de zonificación de la provincia de Santiago del Estero según Ley Provincial N° 6841/06. Las coordenadas del punto central son 26°3'24.43"S y 64°26'31.88"O, a 10 km al N del Cerro Remate, quedando así ambos cerros entre los ríos Horcones y Urueña. Estos ríos abastecen de agua a la zona a pesar de su corto trayecto, luego desaparecen en bañados pocos kilómetros más al Sur. Cerro Cantero alcanza 800 msnm y posee una longitud de aproximadamente 9 km. Mon y Gutiérrez (2007) afirman que en los Cerros Remate y Canteros existen cuarcitas devónicas y afloramientos terciarios, al igual que a lo largo del río Horcones.

Un aspecto destacable de este Cerro Cantero es la presencia de trazas fósiles que fueron objeto de análisis y en las cuales se determinaron formas cámbricas, tal como lo mencionan Mon y Urdaneta (1972). Su nombre probablemente proviene de la presencia de afloramientos de rocas que van desde poco permeables o totalmente impermeables, tales como calizas, cuarcitas y yeso. Al Norte de Cerro Remate se encuentran grandes explotaciones de calizas con hornos para la transformación de cal, actualmente en desuso, tal como lo menciona Tarchini (2011). En Figura 1 se indica las áreas de este estudio en la provincia de Santiago del Estero.

El Chaco Serrano se localiza en la zona con bosques de protección según la Ley N° 6841/06, pertenece a la Categoría I (color rojo) según el plan de ordenamiento territorial.

Cagnolo *et al.* (2006) afirman que la superficie del Chaco Serrano se ha reducido drásticamente durante los últimos 30 años y en la actualidad se limita a varios parches de diferentes tamaños. Por lo que ante la fuerte presión que las actividades humanas están provocando en las comunidades en esta ecorregión, es deseable que se realicen investigaciones profundas en el mínimo plazo posible a fin de elaborar estrategias de conservación o restauración. Hernández y Giménez *et al.* (2008) realizaron estudios de base para elaboración de estrategias de conservación de la biodiversidad de leñosas en esta zona.

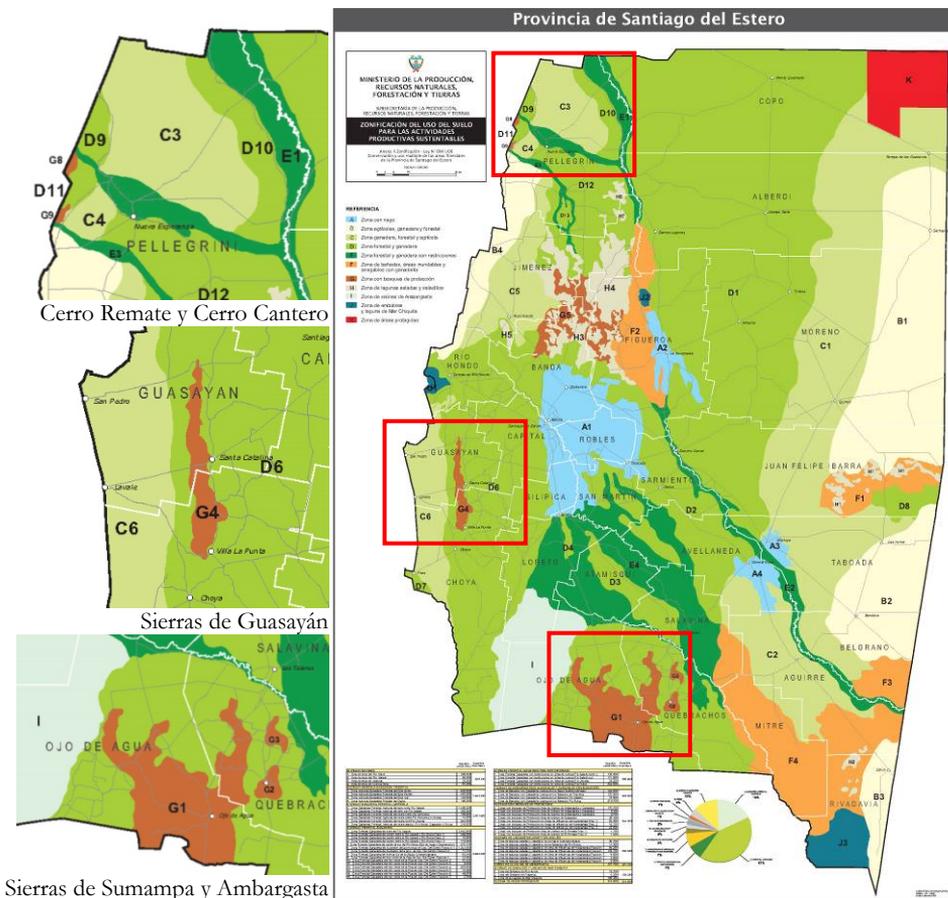


Figura 1. Mapa de zonificación de la Provincia de Santiago del Estero según Ley N° 6841/06

Chebez (2008) afirma que en las provincias del norte, la presencia del Chaco Serrano se diluye ante la magnificencia de la vecina selva tucumano-oranense o Yungas, que es la que en su riqueza paisajística y su alta biodiversidad lo opaca sin querer. De allí que casi no se hable en la literatura de esa formación que quedó injustamente postergada y que sin dudas debe tener diferencias en sus comunidades vegetales que merecerían mayor atención y estudio.

Composición florística del bosque serrano en Santiago del Estero

La composición florística de especies leñosas del Chaco Serrano en Santiago del Estero posee identidades taxonómicas que las diferencian (Tabla 1).

Tabla 1. Composición florística de especies leñosas del Chaco Serrano Santiagueño

Nombre Científico	Guasayán	Sumampa	Remate
Arboles			
<i>Acanthosyris falcata</i>		1	1
<i>Anadenanthera colubrina var cebil</i>	1		
<i>Aspidosperma quebracho blanco</i>	1	1	1
<i>Libidibia paraguariensis</i>	1		1
<i>Ceiba chodatii</i>	1		1
<i>Celtis ehrenbergiana</i>	1	1	1
<i>Cercidium praecox</i>	1	1	1
<i>Coccoloba cordata</i>			1
<i>Geoffroea decorticans</i>	1	1	1
<i>Jodina rhombifolia</i>		1	1
<i>Loxopterygium grisebachii</i>			1
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>			1
<i>Prosopis alba</i>	1	1	1
<i>Prosopis chilensis</i>	1		
<i>Prosopis kuntzei</i>			1
<i>Prosopis nigra</i>	1	1	1
<i>Prosopis ruscifolia</i>			1
<i>Ruprechtia laxiflora</i>			1
<i>Sapium baematospermum</i>		1	
<i>Schinopsis lorentzii</i>	1	1	1
<i>Schinopsis marginata</i>	1	1	1
<i>Sideroxylon obtusifolium</i>			1
<i>Tabebuia nodosa</i>	1		1
<i>Ziziphus mistol</i>	1	1	1
Arbolitos			
<i>Acacia aroma</i>	1	1	1
<i>Prosopis elata</i>	1		1
<i>Prosopis torquata</i>	1	1	1
Arbustos o Arbolitos			
<i>Acacia caven var caven</i>	1	1	
<i>Acacia guilliesii</i>	1	1	1
<i>Acacia praecox</i>	1	1	1
<i>Jatropha hieronymi</i>	1		1
<i>Jatropha macrocarpa</i>	1	1	
<i>Maytenus vitis-idaea</i>			1
<i>Prosopis vinalillo</i>			1
<i>Ruprechtia apetala</i>	1	1	1
<i>Ruprechtia triflora</i>	1		1
<i>Schinus molleoides</i>			1
Arbustos			
<i>Vallesia glabra</i>	1	1	1
<i>Achatocarpus praecox</i>			1
<i>Aloysia gratissima</i>	1	1	
<i>Bulnesia bonariensis</i>	1		
<i>Capparis atamisquea</i>	1	1	1

Nombre Científico	Guasayán	Sumampa	Remate
<i>Cynophalla retusa</i>			1
<i>Sarcotoxikum salicifolium</i>			1
<i>Anisocapparis speciosa</i>			1
<i>Capparicordis tweediana</i>	1		1
<i>Capsicum chacoense</i>		1	
<i>Castela coccinea</i>	1	1	1
<i>Celtis pallida</i>	1	1	1
<i>Cestrum parqui</i>	1	1	
<i>Cnidocolus tubulosus</i>	1		
<i>Cnidocolus vitifolius</i> var. <i>cnicodendron</i>			1
<i>Condalia microphylla</i>	1	1	1
<i>Gochnatia palosanto</i>			1
<i>Larrea divaricata</i>	1	1	
<i>Lycium</i> sp		1	1
<i>Lippia salsa</i>	1	1	
<i>Lippia turbinata</i>	1	1	
<i>Maytenus spinosa</i>			1
<i>Mimosa detinens</i>	1	1	1
<i>Mimosa farinosa</i>	1		
<i>Nicotiana glauca</i>			1
<i>Porlieria microphylla</i>	1	1	1
<i>Prosopis sericantha</i>		1	1
<i>Schinus molle</i>		1	
<i>Senna</i> sp	1		
<i>Solanum argentinum</i>	1	1	1
<i>Tecoma stans</i>	1		1
<i>Ximenia americana</i>	1	1	1

Es importante destacar que el 33 % de las 69 especies localizadas, son comunes a las tres zonas.

La matriz arbórea típica del Chaco está presente (Tabla 1), según lo afirma Giménez *et al.* (2011), Giménez y Hernández (2008). Esta matriz está conformada por *Schinopsis lorentzii*, *Aspidosperma quebracho-blanco*, *Ziziphus mistol*, *Prosopis alba*, *Prosopis nigra*, *Cercidium praecox* y *Celtis ehrenbergiana*. Por el contrario algunas de las especies típicas del Chaco Serrano como es el caso de *Anadenanthera colubrina* var *cebil*, *Libidibia paraguariensis*, *Ceiba chodatii* y *Litrabea molloides*; no siempre están presentes.

En Cerro Remate es muy notoria la influencia de las Yungas, lo que se pone en evidencia por la presencia de *Loxopterygium grisebachii*, *Phyllostylon rhamnoides* y *Coccoloba cordata*.

Hernández, Giménez (2009) mencionan que *Phyllostylon rhamnoides* es una especie abundante y frecuente en Cerro Remate, y que *Schinopsis marginata* aumenta su abundancia con la altitud en este sitio. Destacan que en esta zona se asocian especies del Chaco Semiárido con otras típicas de ecorregiones más húmedas como la Selva de Yungas y el Chaco Húmedo, donde se localizaron especies arbóreas y arbustivas que no se registran en otros sitios de la provincia.

Las especies de la Tabla 1 pertenecen a 19 familias taxonómicas, de las cuales la más representada es Fabaceae con el 28.98 %, le siguen cuatro familias con el 7.2 % y el porcentaje restante se distribuye 14 familias.

Una característica importante es que el 45 % de las especies leñosas censadas son arbustivas; el 35 % son árboles y un 20 % son especies que se pueden presentar como arbustos o arbolitos conformando un estrato intermedio entre el arbóreo y el arbustivo.

Estos substratos de vegetación son sustanciales desde el punto de vista ecológico y socio-económico; pues de ellos es posible obtener Productos Forestales no Maderables (PFNM) que disminuyen la presión sobre el estrato arbóreo al ser aprovechados por las comunidades que viven de lo que se extrae del bosque.

Hernández *et al.* (2015) enuncian que la diversidad de especies leñosas en las Sierras de Sumampa toma valores de 0.75 para el índice de Equitatividad, 0.87 para la inversa de Simpson y 2.51 para Shannon; mientras que en Cerro Remate estos valores son superiores. El índice de Jaccard revela que el recambio de especies es inferior al 40 %, por lo que se consideran ambientes diferentes.

Estos resultados muestran la potencialidad productiva del bosque serrano desde el punto de vista ecológico y socioeconómico, ya que la diversidad de leñosas amplía las posibilidades económicas de la comunidad campesina.

Otro grupo importante ecológica y económicamente son las especies de la familia Cactaceae ya que son parte relevante de la composición florística de la región. Hernández y Giménez (2008) afirman que en algunos sitios alcanza el 20 % del total cuando se analizan especies leñosas y Cactaceae. En los bosques serranos de Santiago del Estero se localizaron las especies detalladas en la Tabla 2. Se siguió la nomenclatura de Zuloaga y Morrone (2008) y en la identificación se consultó a Kiesling (1975).

Tabla 2. Especies de la familia Cactaceae localizadas en los bosques serranos de la provincia de Santiago del Estero.

Nº	Nombre Científico	Sumampa y			Biotipo
		Remate	Guasayán	Ambargasta	
1	<i>Cereus forbesii</i>	1	1	1	Árbol suculento
2	<i>Cleistocactus baumanni</i>	1	1	1	Subarbusto suculento
3	<i>Gymnocalycium schickendantzii</i> var <i>schickendantzii</i>		1		Hierba suculenta
4	<i>Harrisia bonplandii</i>	1		1	Subarbusto suculento
5	<i>Harrisia pomanensis</i> subsp <i>pomanensis</i>	1	1	1	Subarbusto suculento
6	<i>Monvillea spegazzini</i>	1			Arbusto suculento
7	<i>Opuntia anacantha</i> var <i>retrorsa</i>	1	1	1	Subarbusto suculento
8	<i>Opuntia anacantha</i> var <i>utkilio</i>	1	1	1	Subarbusto suculento
9	<i>Opuntia quimilo</i>	1	1	1	Arbol suculento
10	<i>Opuntia salmiana</i>		1	1	Subarbusto suculento
11	<i>Opuntia sulphurea</i> var <i>pampeana</i>			1	Subarbusto suculento
12	<i>Stetsonia coryne</i>	1	1	1	Árbol suculento
13	<i>Opuntia</i> sp			1	Arbusto suculento

N°	Nombre Científico	Remate	Guasayán	Sumampa y Ambargasta	Biotipo
14	<i>Parodia microsperma subsp microsperma</i>	1			Arbusto suculento
15	<i>Opuntia sulfurea var sulfurea</i>			1	Arbusto suculento
16	<i>Gymnocalycium ssp</i>			1	Arbusto suculento
17	<i>Echinopsis silvestrii</i>			1	Arbusto suculento
18	<i>Cleistocactus smaragdijlorus</i>			1	Subarbusto suculento
19	<i>Echinopsis rhodotricha</i>			1	Subarbusto suculento
20	<i>Echinopsis leucantha</i>	1			Arbusto suculento
21	<i>Rhipsalis aculeata</i>	1	1		Hierba suculenta
TOTAL		12	10	16	

Nota: 1 significa presencia de la especie

Las cactáceas son de gran potencialidad como PFSM, ya que muchas de ellas poseen propiedades medicinales, frutos comestibles, o son utilizadas como forraje para animales. Son muy apreciadas como plantas ornamentales, para lo cual se cultivan en viveros rurales.

Caso de estudio: Cerro Remate. Propuesta metodológica

En Cerro Remate es un área relevante para la Provincia por su diversidad florística, la presencia de especies raras, las potencialidades termales y culturales y por ser una de las áreas de protección a la diversidad (Figura 2).

Ello impulsó el interés de este grupo de investigadores, a desarrollar un estudio integral del área, a fin de sentar bases para una propuesta de gestión del bosque (Hernández, 2014).

Se pretende realizar un análisis complejo del bosque para comprender relaciones ecológicas y su potencialidad productiva, en base a una secuencia de estudios que permitirían definir pautas de manejo. Se analiza su composición florística, biotipos presentes, variables dasométricas, parámetros fitosociológicos, e índices de biodiversidad aplicadas a especies leñosas.

El análisis de la vegetación leñosa permite sentar las bases para un plan de manejo acorde con su condición de Reserva Natural Provincial. Es importante mencionar que es el único bosque serrano de la provincia que está totalmente incluido como zona con bosques de protección según la Ley N° 6841/06, pertenece a la Categoría I (color rojo) según el plan de ordenamiento territorial.

Analizando la proporción de los estratos de vegetación leñosa, el 70 % de ellos corresponde al substrato arbustivo (Figura 3).

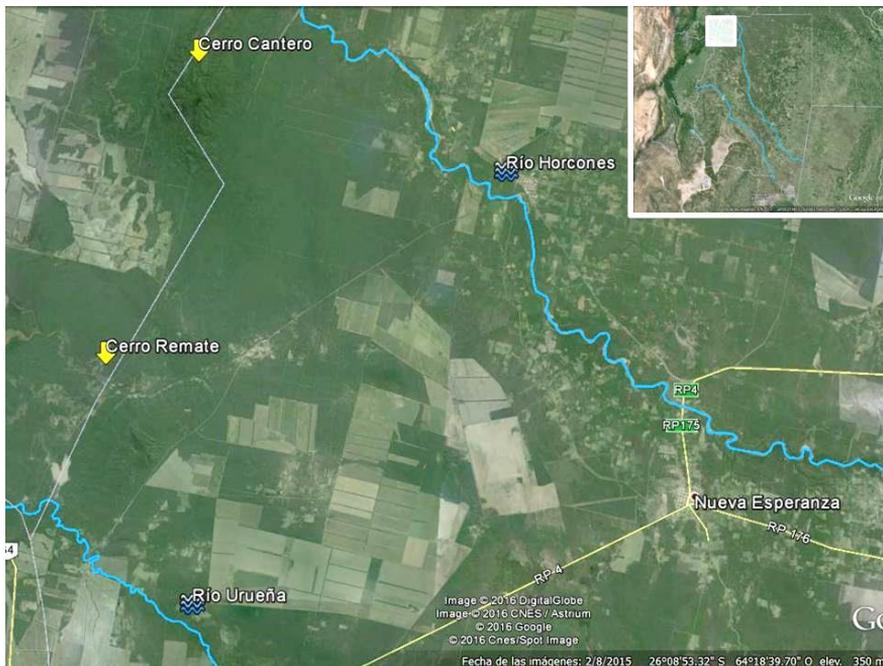


Figura 2. Ubicación de Cerro Remate y Cerro Cantero en el Departamento Pellegrini, Santiago del Estero

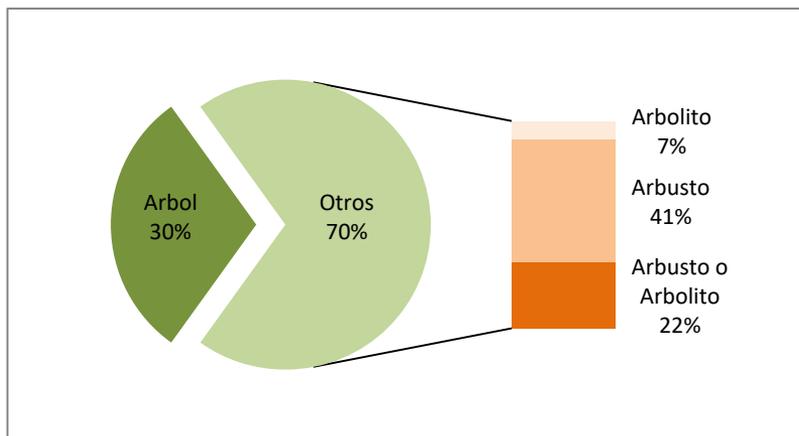


Figura 3. Representación de los estratos de vegetación leñosa

Un 30 % del total de las especies leñosas identificadas se definen como árboles y aproximadamente un 19 % se presentan en ambas formas. El alto porcentaje de especies de bajo porte, es importante tenerlo en cuenta a la hora de elaborar un plan de manejo integral para este tipo de bosque. La familia taxonómica Fabaceae es la más representada; le siguen Anacardiaceae y Solanaceae. Gran proporción de especies arbustiva son las Capparaceae y es importante mencionar que las Euphorbiaceae, Polygonaceae incluyen el mayor número de especies que pueden crecer como arbustos o arbolitos.

Estructura horizontal del estrato arbóreo

La **estructura horizontal** del bosque se define con la distribución de diámetros, el área basal y la cobertura de copa. En Tabla 3 se resumen las variables dasométricas: densidad, área basal, dap (min y max), ht (min y max), hf max y % de árboles bifurcados.

La densidad arbórea es de 145 arb/ha y su área basal es de 7.87 m²/ha. *Schinopsis marginata* es la especie arbórea de mayor densidad, y le sigue *Libidibia paraguariensis*, ambas son las que mayor aporte hacen en área basal. *Ceiba chodatii* por el contrario tiene baja densidad pero es la tercera especie que aporta en área basal, por lo distintivo de su diámetro.

Tabla 3. Resumen de variables dasométricas del estrato arbóreo de Cerro Remate

Especie	Densidad (arb/ha)	Área basal (m ² /ha)	dap (cm)		ht (m)		hf max (m)	% arb/ha Bifurc
			min	Max	min	max		
<i>Aspidosperma quebracho blanco</i>	17	0,65	11,14	36,1	6,01	16	6	3,14
<i>Libidibia paraguariensis</i>	26	1,54	10,19	56,2	3,77	13	3,5	33,02
<i>Ceiba chodatii</i>	4	1,41	10,19	134,33	5,6	13	4,03	0,00
<i>Cercidium praecox</i>	1	0,03	25,15	25,15	9	9	1	0,00
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	17	0,47	10,19	29,6	4,72	14	3,5	9,43
<i>Prosopis alba</i>	6	0,15	10,22	26,1	5	9,5	2	5,03
<i>Prosopis elata</i>	1	0,06	12,73	28,65	10,01	11	1,45	2,52
<i>Prosopis ruscifolia</i>	6	0,12	10,19	24,19	5,5	14	2,95	4,72
<i>Prosopis torcuata</i>	2	0,02	11,46	12,1	3,85	3,85	0,2	0,00
<i>Schinopsis lorentzii</i>	11	0,64	15,60	48,68	6,01	14	6,5	2,52
<i>Schinopsis marginata</i>	31	1,94	10,50	54,75	4,7	16	4,25	22,01
<i>Sideroxylon obtusifolium</i>	9	0,34	10,19	28,33	4,7	9	2,75	7,55
<i>Tabebuia nodosa</i>	1	0,05	14,96	17,51	4,5	8	3,14	2,52
<i>Ziziphus mistol</i>	14	0,44	10,19	38,52	4,2	14	3,6	7,55
Total	145	7,87						100

Se analizó la distribución de diámetros por especies según clases (Figura 4).

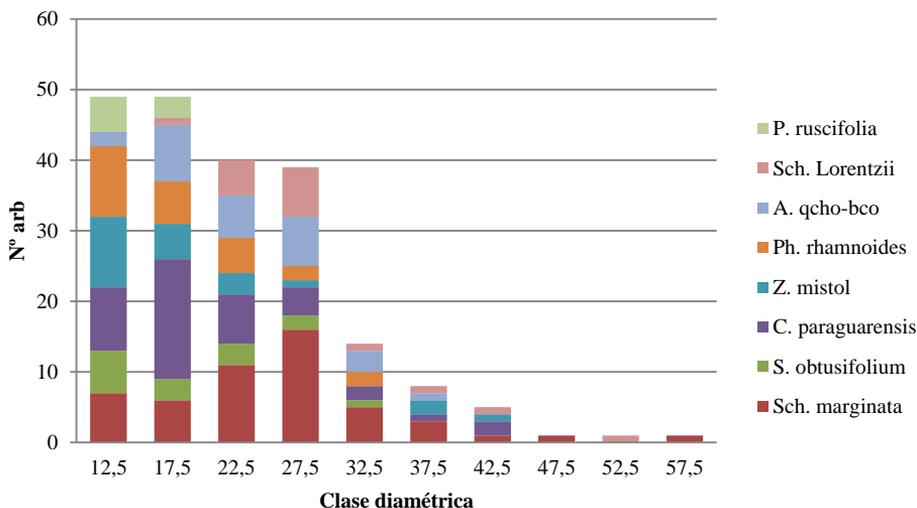


Figura 4. Distribución diamétrica de las especies arbóreas de Cerro Remate

La mayoría de los individuos se registraron en las clases diamétricas de 10 a 20 cm con preponderancia de *Schinopsis marginata*, *Phyllostylon rhamnoides*, *Ziziphus mistol* y *Libidibia paraguariensis*, este último en mayor cantidad en la clase de 15 a 20 cm. Un 39 % se registró en las clases entre 20 y 30 cm; los individuos restantes corresponden a clases mayores entre 30 y 60 cm. La brusca caída en las clases a partir de los 30 cm de diámetro podría estar indicando que hubo explotación.

En la Figura 5 se expresa la amplitud de diámetros por especie.

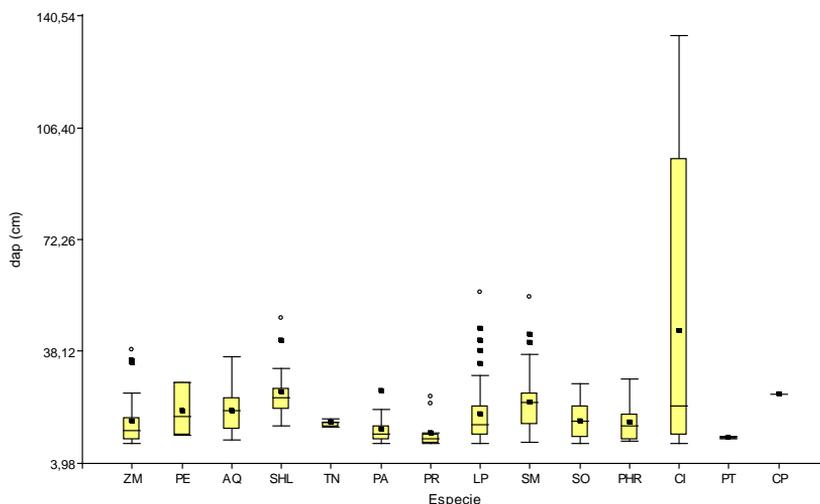


Figura 5. Gráfico de cajas (box plot) de los DAP por especie.

Ceiba chodatii, especie de importancia ecológica, de escaso valor como productor de madera de baja densidad y corta durabilidad, registra diámetros de hasta 1 m. Ello determina alto porcentaje de área basal, con pocos individuos por hectárea (2,2 % del total).

En la Tabla 4 se indican **parámetros fitosociológicos** que aportan al análisis de la estructura horizontal del bosque bajo análisis: Abundancia; Frecuencia, Dominancia e IVI (Índice de Valor de Importancia) absoluta y relativa.

La especie más frecuente es *Libidibia paraguariensis* presente en el 75 % de las unidades muestrales, le siguen *Schinopsis marginata*, con el 50 %; y *Sideroxylon obtusifolium* y *Ceiba chodatii*, presentes en el 38 %.

El IVI es un índice que expresa la importancia de las especies en su estructura horizontal, en este sitio *Schinopsis marginata* es la especie de mayor importancia desde el punto de vista ecológico, en segundo lugar se encuentra *Libidibia paraguariensis*, baja abruptamente y en tercer lugar se encuentra *Ceiba chodatii*, luego *Aspidosperma quebracho-blanco* y *Phyllostylon rhamnoides*.

El 62 % del área basal total se concentra en tres especies, *Schinopsis marginata*, *Libidibia paraguariensis* y *Ceiba chodatii*; un 32 % se concentra en las siguientes cinco especies: *Aspidosperma quebracho-blanco*, *Schinopsis quebracho colorado*, *Phyllostylon rhamnoides*, *Ziziphus mistol* y *Sideroxylon obtusifolium*.

Tabla 4. Parámetros fitosociológicos: Abundancia absoluta (Aa), Abundancia relativa (Ar %), Frecuencia absoluta (Fa), Frecuencia relativa (Fr%), Dominancia absoluta (DoA), Dominancia relativa (DoR%) e Índice de Valor de Importancia (IVI, IVI %)

Especie	Aa	Ar (%)	FA	FR (%)	DoA	DoR (%)	IVI	IVI (%)
<i>Schinopsis marginata</i>	40.83	21.12	0.67	13.79	1.942	24.69	43	59.60
<i>Libidibia paraguariensis</i>	35.00	18.10	1.00	20.69	1.536	19.52	38	58.32
<i>Ceiba chodatii</i>	5.83	3.02	0.50	10.34	1.414	17.97	8	31.34
<i>Aspidosperma quebracho blanco</i>	22.50	11.64	0.42	8.62	0.647	8.22	24	28.48
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	22.50	11.64	0.42	8.62	0.469	5.96	23	26.21
<i>Ziziphus mistol</i>	18.33	9.48	0.42	8.62	0.437	5.56	19	23.66
<i>Schinopsis lorentzii</i>	14.17	7.33	0.33	6.90	0.637	8.10	15	22.32
<i>Sideroxylon obtusifolium</i>	12.50	6.47	0.50	10.34	0.344	4.37	13	21.18
<i>Prosopis alba</i>	7.50	3.88	0.17	3.45	0.148	1.88	8	9.21
<i>Prosopis ruscifolia</i>	7.50	3.88	0.17	3.45	0.124	1.57	8	8.90
<i>Prosopis torcuata</i>	2.50	1.29	0.08	1.72	0.020	0.26	3	3.28
<i>Tabebuia nodosa</i>	1.67	0.86	0.08	1.72	0.053	0.67	2	3.26
<i>Cercidium praecox</i>	0.83	0.43	0.08	1.72	0.031	0.39	1	2.55
<i>Prosopis elata</i>	1.67	0.86	0.00	0.00	0.065	0.83	2	1.69

Según los valores absolutos de los parámetros fitosociológicos, a partir de un análisis multivariado de conglomerados (AC), las especies del estrato arbóreo se agrupan de la siguiente manera: 1: especies de mayor valor de importancia, 2: el resto con 2 subgrupos bien definidos: 3 de las especies de importancia media, 4: especies con poca representación (Figura 6).

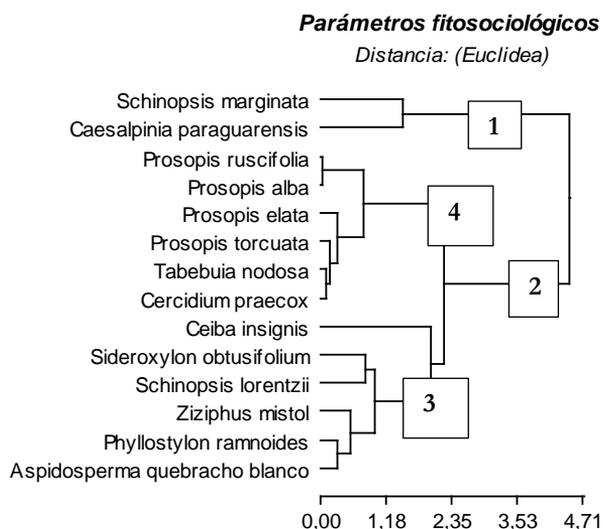


Figura 6. Análisis Conglomerados de las especies arbóreas según parámetros fitosociológicos

Estructura vertical del estrato arbóreo

La estructura vertical está definida por las alturas totales de los individuos que conforman la masa. Se analiza con el índice denominado **Posición Sociológica** el cual divide en 3 substratos definidos por las alturas totales de los individuos. Se considera los siguientes porcentajes: 50, 30 y 20 % que representan el substrato superior, medio e inferior respectivamente (Tabla 5).

Una especie tiene posición sociológica regular cuando hay mayor número de individuos en los estratos inferiores. Es el caso de *Libidibia paraguariensis* quien además tiene mayor valor de Posición Sociológica relativa. *Phyllostylon rhamnoides* posee mayor número de individuos en el estrato inferior, mientras que *Aspidosperma quebracho-blanco* en el estrato medio.

Schinopsis marginata ocupa el segundo lugar en valor de Posición Sociológica relativa, pero al igual que *Schinopsis lorentzii* posee menor número de individuos en los estratos inferiores por lo que se considera que no tienen una posición sociológica regular.

Tabla 5. Posición Sociológica Absoluta (PSA) y Posición Sociológica Relativa (PSR) del estrato arbóreo agrupando las alturas totales en 3 subestratos.

Especie	Subestrato inferior		Subestrato Medio		Subestrato Superior		PSA	PSR	N° arb/ha
	N° arb/ha	VFi	N° arb/ha	VFm	N° arb/ha	VF _s			
<i>Aspidosperma quebracho- blanco</i>	5	5	8	3	4	2	56	10.15	17
<i>Libidibia paraguariensis</i>	18	5	7	3	1	2	114	20.52	26
<i>Ceiba chodatii</i>	3	5	1	3	1	2	19	3.38	4
<i>Cercidium praecox</i>	0	5	1	3	0	2	2	0.34	1
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	11	5	3	3	3	2	71	12.74	17
<i>Prosopis alba</i>	3	5	2	3	0	2	21	3.83	5
<i>Prosopis elata</i>	0	5	1	3	0	2	4	0.68	1
<i>Prosopis ruscifolia</i>	3	5	2	3	1	2	23	4.06	6
<i>Prosopis torcuata</i>	2	5	0	3	0	2	9	1.69	2
<i>Schinopsis lorentzii</i>	2	5	3	3	6	2	30	5.41	11
<i>Schinopsis marginata</i>	9	5	10	3	13	2	102	18.38	32
<i>Sideroxylon obtusifolium</i>	7	5	3	3	0	2	42	7.55	9
<i>Tabebuia nodosa</i>	1	5	0	3	0	2	6	1.13	1
<i>Ziziphus mistol</i>	8	5	4	3	1	2	56	10.15	14
TOTAL	73		44		29		554	100	146

Índice de Valor de Importancia leñoso (IVIL)

Se efectúa un análisis integrando los estratos conformados por especies leñosas, implicando su estructura horizontal y vertical. El Índice de Valor de Importancia leñoso (IVIL) se obtiene mediante la sumatoria de los valores de estructura horizontal (densidad y frecuencia) y la estructura vertical de ambos estratos (Tabla 6). Este índice proporciona información sobre la importancia ecológica de las diferentes especies leñosas que conforman el bosque, siendo fundamental su conocimiento para acciones futuras sobre este ecosistema.

El IVIL expresa la situación actual de la masa leñosa, con tres arbustivas dominantes y colonizadoras (*A. praecox*, *R. apetala* y *R. triflora*) y 2 arbóreas propias del Chaco Serrano (*Schinopsis marginata* y *Libidibia paraguariensis*), concentrando el 50 % del total. El dendrograma de la Figura 7 representa las afinidades indicadas: 1: especies mejor representadas en la asociación (excepto *Sch. marginata*) y el grupo 2 con el resto.

Tabla 6. Índice de valor de importancia leñoso (IVIL); Frecuencia relativa (Fr); Densidad relativa (Dr); Nivel de Alturas (NA).

Especie	Fr	Dr	NA	IVIL	IVIL%
<i>Acacia praecox</i>	6.283	19.40	40.33	66.01	16.50
<i>Ruprechtia apetala</i>	6.806	15.87	26.04	48.72	12.18
<i>Ruprechtia triflora</i>	6.806	12.82	13.68	33.31	8.33
<i>Libidibia paraguariensis</i>	7.330	0.81	20.52	28.66	7.16
<i>Schinopsis marginata</i>	4.712	0.94	18.38	24.03	6.01
<i>Capparis retusa</i>	5.759	8.98	7.08	21.82	5.45
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	2.618	0.52	12.74	15.88	3.97
<i>Ziziphus mistol</i>	4.712	0.42	10.15	15.28	3.82
<i>Aspidosperma quebracho blanco</i>	4.188	0.52	10.15	14.85	3.71
<i>Capparicordis tvediana</i>	5.236	6.09	2.73	14.05	3.51
<i>Achatocarpus praecox</i>	4.188	5.77	2.72	12.68	3.17
<i>Sideroxylon obtusifolium</i>	3.141	0.29	7.55	10.98	2.75
<i>Bulnesia bonariensis</i>	4.188	4.33	1.45	9.96	2.49
<i>Schinopsis lorentzii</i>	3.141	0.33	5.41	8.88	2.22
<i>Gochnatia palosanto</i>	2.094	4.65	2.07	8.82	2.20
<i>Porlieria microphylla</i>	2.618	4.17	1.62	8.41	2.10
<i>Ceiba chodatii</i>	3.141	0.13	3.38	6.66	1.66
<i>Prosopis ruscifolia</i>	1.571	0.17	4.06	5.80	1.45
<i>Prosopis alba</i>	1.571	0.17	3.83	5.58	1.39
<i>Mimosa detinens</i>	2.618	2.24	0.49	5.36	1.34
<i>Celtis pallida</i>	2.094	2.08	0.45	4.63	1.16
<i>Anisocapparis speciosa</i>	2.618	1.12	0.12	3.86	0.97
<i>Castela coccinea</i>	1.571	1.92	0.27	3.76	0.94
<i>Maytenus vitis idaeae</i>	1.571	1.28	0.24	3.10	0.77
<i>Jatropha hieronymi</i>	2.094	0.64	0.06	2.79	0.70
<i>Sesbania virgata</i>	1.047	1.28	0.31	2.64	0.66
<i>Schinus molle</i>	0.524	1.60	0.24	2.36	0.59
<i>Prosopis torcuata</i>	0.524	0.06	1.69	2.27	0.57
<i>Tabebuia nodosa</i>	1.047	0.04	1.13	2.21	0.55
<i>Cnidocolus vitifolius var. cnicodendron</i>	1.571	0.48	0.02	2.07	0.52
<i>Prosopis elata</i>	0.524	0.04	0.68	1.24	0.31
<i>Cercidium praecox</i>	0.524	0.02	0.34	0.88	0.22
<i>Acacia aroma</i>	0.524	0.32	0.03	0.88	0.22
<i>Ximena americana</i>	0.524	0.32	0.02	0.86	0.22
<i>Capparis salicifolia</i>	0.524	0.16	0.01	0.69	0.17

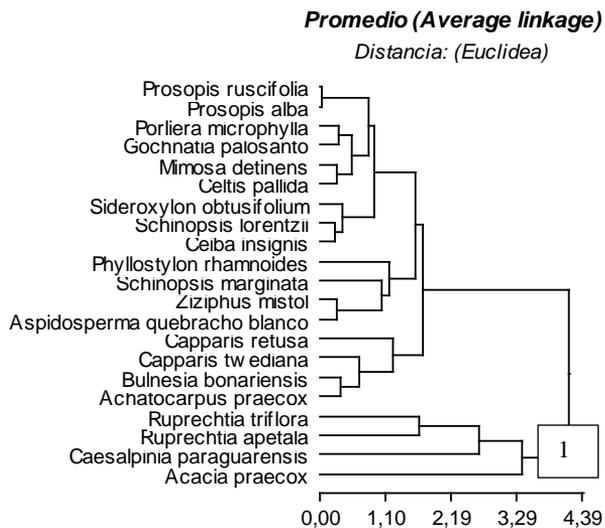


Figura 7. Análisis de Conglomerados para IVIL de las especies leñosas

Se define la relación de alturas totales para todos individuos de ambos estratos. Ajusta a una regresión exponencial con $R^2=0.99$ (Figura 8).

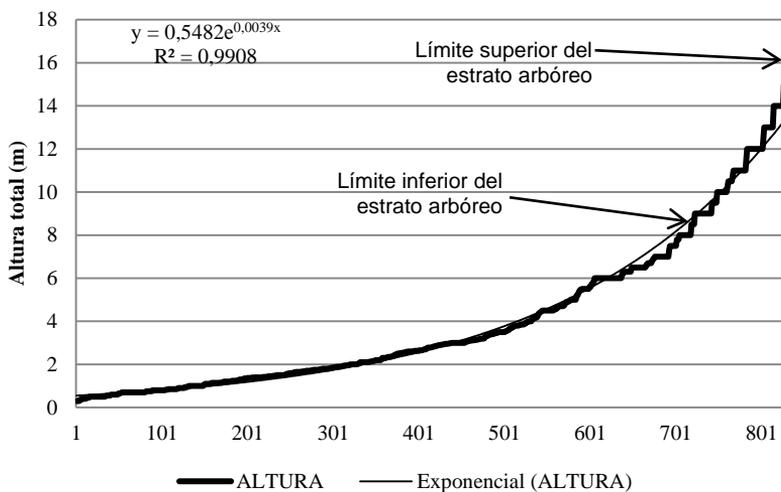


Figura 8. Estratos de alturas totales de las especies leñosas

Biodiversidad de especies leñosas

La evaluación de la biodiversidad se expresa en la Tabla 7 con los índices de diversidad alfa de las especies leñosas.

Tabla 7. Índices de diversidad alfa de especies leñosas

Índice	Total
Taxa_S	35
Individual	3252
Dominance_D	0.1024
Simpson_1-D	0.8976
Shannon_H	2.651
Margalef	4.204
Equitabilidad_J	0.7457
Berger-Parker	0.1937

Los índices de Equitatividad y la inversa de Simpson se mantienen cercanos a 1, lo cual indica que se mantiene la diversidad y no hay dominancia de las especies.

En cuanto al análisis de la biodiversidad basado en la aplicación de modelos de abundancia, propuestos por Magurran (1998), los resultados muestran que las especies leñosas en su conjunto ajustan al modelo serie normal logarítmica que caracteriza comunidades grandes, estables y en equilibrio, lo que sugiere que el bosque se encuentra efectivamente en buen estado (Tabla 8).

Tabla 8. Modelos de abundancia para especies leñosas

Modelo de Abundancia	p (0,05)	chi^2	k	alpha	x	Media	Varianza	Significancia
Serie geométrica	2.95E-19	202	0.0851					no ajustan
Serie logarítmica	4.68E-20	197.6		11.08	0.996			no ajustan
Vara quebrada (Broken stick)	1.95E-143	867						no ajustan
Serie normal logarítmica	0.585	3.75				1.714	0.6249	ajustan

La probabilidad más alta se da para la Serie Normal Logarítmica (Figura 9), por lo tanto se infiere que es la que ajusta mejor a los datos analizados

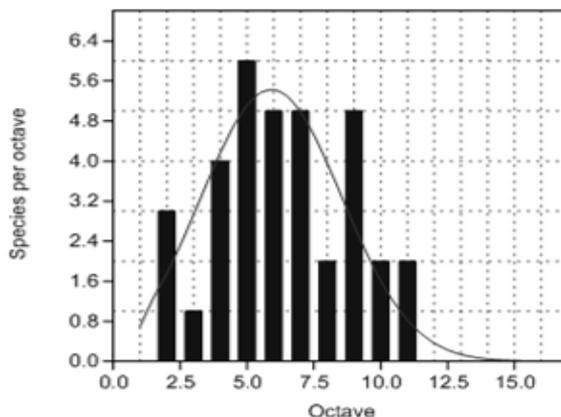


Figura 9. Modelo de abundancia de Serie Normal Logarítmica al cual se ajusta el estrato leñoso.

Resumiendo lo expresado en este apartado, Cerro Remate presenta una elevada diversidad de especies leñosas con una riqueza específica de 63 especies, de las cuales el 30 % de especies arbóreas y el restante 70 % son arbustos o arbolitos. Siendo estos valores muy cercanos a los esperados según índices no paramétricos como Chao y Jackknife.

En cuanto a la estructura horizontal la curva de distribución diamétrica adopta una forma de “J” invertida característica de bosques irregulares. El 47 % de los individuos se concentra en las clases diamétricas de 10 a 20 cm; el 40 % en las clases de 20 a 30 cm y los demás pertenecen a clases hasta los 60 cm. En las clase más altas, a partir de 40 cm, sólo se localizaron 4 especies, *Ziziphus mistol*, *Libidibia paraguariensis*, *Schinopsis marginata* y *Schinopsis lorentzii*, siendo estas dos últimas las únicas presentes a partir de los 45 cm de diámetro.

El área basal total es de 7,8 m²/ha, el 62 % se concentra en *Schinopsis marginata*, *Libidibia paraguariensis* y *Ceiba chodatii*. En los planes de manejo de esta área se debe poner especial atención en que existe un alto porcentaje de individuos bifurcados por debajo de 1.30 m, especialmente en *Libidibia paraguariensis*, el cual puede llegar a 55 % del total de los individuos.

Es un bosque alto cerrado con alturas totales hasta 16 m y con 52 % de cobertura arbórea; destacando que más del 50 % de este total está definido por *Schinopsis marginata* y *Libidibia paraguariensis*.

Las especies con mayor densidad son *Libidibia paraguariensis* y *Schinopsis marginata* sumando entre ambas el 45 % del total, seguidas por *Phyllostylon rhamnoides* y *Aspidosperma quebracho-blanco*.

Libidibia paraguariensis es además la especie más frecuente con una presencia de 75 % en las unidades muestrales, y le siguen *Schinopsis marginata*, con el 50 % de las unidades muestrales; *Sideroxylon obtusifolium* y *Ceiba chodatii*, presentes en el 38 %, y *Aspidosperma quebracho-blanco*, *Ziziphus mistol* y *Phyllostylon rhamnoides*, presentes en el 31,5 %.

Schinopsis marginata es la especie de mayor importancia desde el punto de vista ecológico de acuerdo a los valores del Índice de Valor de Importancia (IVI), en segundo lugar se

encuentra *Libidibia paraguariensis*, luego baja abruptamente al tercer lugar donde se encuentra *Ceiba chodatii*, *Aspidosperma quebracho-blanco* y *Phyllostylon rhamnoides*.

En cuanto a la estructura vertical se considera que una especie tiene posición sociológica regular cuando hay mayor número de individuos en los estratos inferiores como es el caso de *Libidibia paraguariensis* quien además tiene el mayor valor de posición sociológica relativa. *Phyllostylon rhamnoides* posee mayor número de individuos en el estrato inferior, mientras que *Aspidosperma quebracho-blanco* en el estrato medio.

Los valores de Shannon para el total de las leñosas del Cerro Remate es de 2.65, para el estrato arbóreo es de 2.25 y para el arbustivo alcanza 2.48.

Los datos del estrato arbóreo ajustan al modelo de vara quebrada, mientras que en el estrato arbustivo hay mayor probabilidad de ajuste para el modelo de la serie geométrica. Cuando se analizan los datos de todas las especies leñosas la probabilidad más alta se da para la serie normal logarítmica lo que sugiere que el bosque se encuentra efectivamente en buen estado.

En base a lo indicado anteriormente el Cerro Remate es una comunidad en equilibrio, estable y con posibilidad de permanencia futura. Cabe destacar que este cerro es un genuino reservorio de diversidad vegetal para Santiago del Estero, ya que es el hábitat de un gran número de especies vegetales que no están representadas en otros sitios de la provincia. Está localizada en la zona con bosques de protección según la Ley provincial n° 6841/06, pertenece a la Categoría I (color rojo) según el plan de ordenamiento territorial, y declarada Reserva provincial según Ley provincial N° 6321.

Es necesario ajustar e intentar reconciliar la diversidad de intereses que se generan desde los bosques. Para la conservación y gestión de los bosques y su biodiversidad, se realizan una gran variedad de actividades por distintos agentes con inclusión de gobiernos, organizaciones intergubernamentales, corporaciones, ONG, comunidades e individuos. (FAO, 2012)

Para gestionar y conservar los bosques de forma efectiva y para tratar las causas de la deforestación y la pérdida de biodiversidad, las pautas están continuamente evolucionando. Es fundamental contribuir con investigaciones que permitan elaborar planes de manejo integrales y para ello es esencial incluir en los inventarios forestales a las especies de los estratos bajos leñosos y definir desde un aspecto ecológico sobre que especies se intervendrá y de qué manera.

Referencias Bibliográficas

- Biodiversidad en México. Obtenido del Sitio Web: <http://www.biodiversidad.gob.mx/region/quees.html>
- Cagnolo L.; M. Cabido y Valladares G. 2006. Plant species richness in the Chaco Serrano Woodland from central Argentina: Ecological traits and habitat fragmentation effects. *Biological Conservation* 132 (2006) 510–519. [En línea]. Disponible en: <http://www.cricyt.edu.ar/interactivo/lcagnolo/pdf/CagnoloetalBiolCons.pdf>
- Chebez, C. 2008. *Los que se van*. [en línea] Fecha de consulta: abril de 2016. Disponible en: <http://www.losquesevan.com/articulos>

- FAO. 2012. *La diversidad forestal*. 2012. [en línea] Disponible en: ftp://ftp.fao.org/paia/biodiversity/forest_biod_es.pdf
- Giménez, A. M. y P. Hernández. 2008. *Biodiversidad en Ambientes naturales del chaco Argentino. Vegetación del Chaco Semiarido, Provincia de Santiago del Estero. Fascículo 1*. Editores: FONCYT. FCF, UNSE. 120 p.
- Giménez, A. M.; Hernández, P.; Figueroa, M. E.; I. Barrionuevo. 2011. Diversidad del estrato arbóreo en los bosques del Chaco Semiarido *Quebracho* 19(1,2): 24-37.
- Giorgis, M. A.; A. M. Cingolani; F. Chiarini; J. Chiapella; G. Barbosa; L. Ariza Espinar; R. Moreno; D. Gurbich y M. Cabido. 2011. Composición florística del Bosque Chaqueño Serrano de la provincia de Córdoba, Argentina. *Kurtzia*, Córdoba, v. 36, n. 1. [En línea][Fecha de consulta 9 de mayo de 2013]: Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S185259622011000100002&lng=es&nrm=iso.
- Hernández, P.; A. M. Giménez. 2008. Una isla al norte de Santiago del Estero: Cerro El Remate. *Revista Forestal Yvyrareta*. FacFor- UNAM. ISSN: 0328-8854
- Hernández, P.; A. M. Giménez. 2009. Biodiversidad vegetal en un ecotono de Santiago del Estero: Cerro El Remate. *Revista Forestal Yvyrareta* N° 16. Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales- Instituto Subtropical de Investigaciones Forestales. Argentina. ISSN: 0328-8854.
- Hernández, P.; A. M. Giménez. 2008. *Importancia de las Cactaceae en el bosque nativo- Santiago del Estero- Argentina*. Libro: III Jornadas Nacionales de Flora Nativa. IV Encuentro de Cactáceas. Pag. 109-122. Córdoba. Argentina. 1° Edición Octubre de 2008. ISBN 978- 987- 510- 0798- 4
- Hernández, P. 2014. *Diversidad estructural y composición de un bosque serrano de la provincia de Santiago del Estero, Argentina*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Forestales, UNSE. 200 pgs.
- Hernández, P.; Giménez, A.; Pintos, J. 2015. Análisis de diversidad de vegetación leñosa en el Chaco Serrano santiaguense. Argentina. 2015. *Revista Quipu*. Santiago del Estero. ISSN 2422-7560
- Kiesling, R. 1975. Los géneros de Cactaceae de la Argentina. *Boletín de la Sociedad Botánica*, XVI (3): 197-227
- Mon, R.; A. Gutiérrez. 2007. Estructura del extremo sur del sistema subandino (provincias de Salta, Santiago del Estero y Tucumán). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 62 (1): 62-68
- Mon, R.; A. Urdaneta. 1972. Introducción a la geología de Tucumán, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. Tomo XXVII N° 3. Pags 309- 329 <https://books.google.com.ar/books?id=1BCZUSj-22UC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Torrella, S y J. Adámoli. 2005. Capítulo: Situación ambiental de la Ecorregión del Chaco Seco. Libro: *La Situación Ambiental Argentina*. Editores: Brown A, Martínez Ortiz U, Acerbi M. y Corcuera J. Publicado por Fundación de Vida Silvestre.
- Zuloaga, F. O. y O. Morrone (eds.). 2007. *Catálogo de las plantas vasculares de la Argentina II*- Editado por Instituto de Botánica Darwinion. [En línea] [Fecha de consulta; abril de 2013]: Disponible en: <http://www2.darwin.edu.ar/Publicaciones/CatalogoVascII/CatalogoVascII.asp>



Figura 10. Consecuencias del sobre pastoreo en las Sierras de Ambargasta



Figura 11. Vertientes de agua en las Sierras de Ambargasta



Figura 12. Pinturas rupestres en las quebradas de las Sierras de Ambargasta



Figura 13. Huellas de los pueblos originarios en las rocas las Sierras



Figura 14. Quebrachales en las Sierras de Sumampa



Figura 15. Interior de la centenaria Capilla de Nuestra Señora de la Consolación de Sumampa.



Figura 16. Paisaje de las Sierras de Sumampa



Figura 17. El Rio Urueña, en el departamento Pellegrini, corre por el extremo S de Cerro Remate



Figura 18. Laguna Negra ubicada en el lado NO de Cerro Remate, donde en algunas épocas del año se observan flamencos.



Figura 19. Paisaje de Cerro Remate, en la provincia de Santiago del Estero



Figura 20. Antiguos hornos de cal en Cerro Remate, hoy abandonados



Figura 21. Frutos de *Ruprechtia laxiflora* en Cerro Remate



Figura 22. Quebrada de las Sierras de Guasayán



Figura 23. Ladera Este de las Sierras de Guasayán en la zona central



Figura 24. Embalse de aguas de vertientes en el sur de las Sierras de Guasayán



Figura 25. Estrato arbóreo en las laderas de las Sierras de Guasayán



Figura 26. *Schinopsis marginata* en la ladera E de las Sierras de Guasayán



Figura 27. Paisaje con varias especies del género *Capparis* en Los Cerrillos, Sierras de Guasayán

El valor de un bosque montano en Catamarca, Argentina

Barros J.¹ y A. M. Giménez²



Introducción

Los bosques montanos neotropicales están ubicados en gradientes altitudinales entre 800 y 3000 msnm (Hueck 1978, Gentry 1993) y se extienden latitudinalmente desde 20° de latitud Norte en México (en las Sierras Madre Oriental) hasta 25° latitud Sur en Argentina (Hueck, 1978; Webster, 1995). “El interés mundial para la conservación de los bosques montanos se debe a los valores de biodiversidad, endemismo, potencial biótico-genético, paisajes únicos, peligro de desertificación y erosión del suelo” (Chalukian, 1991; Dinerstein *et al.*, 1995). Tienen un papel importante como reguladores del régimen hídrico debido a la orografía (Stadtmuller, 1987).

En Argentina, la provincia fitogeográfica de las yungas, es de gran relevancia por su distribución, riqueza biológica y fragilidad. Adopta una forma de faja relativamente angosta en toda su extensión. Se caracteriza por presentar gran variabilidad en la fisinomía de la vegetación: selva de transición, selva nublada, bosques montanos y pastizales de altura. Estas formaciones con fuerte impacto antrópico, se desarrollan en faldeos orientales de montañas, valles, quebradas y áreas de pedemonte, bajo un clima cálido y húmedo. En la provincia de Catamarca, las Yungas ocupan el extremo NE del departamento Andalgalá, el NO de Paclín y el departamento Ambato, constituyendo el límite meridional de la formación.

Los bosques de montaña son relevantes por el valor de protección de las áreas bajas y la estabilidad de la cuenca hídrica.

En el presente capítulo se hará referencia a valores dasonómicos, de diversidad y ecosistémicos de un bosque montano de *Podocarpus parlatorei* Pilg., (Las Juntas, Catamarca), a través un estudio integral, para sentar bases de manejo y conservación.

¹ Cátedra de ecología general y ecología. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Catamarca. Av Belgrano 300, 4700 San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca. Argentina. E-mail: juanrb_568@yahoo.com.ar

² Dra. Ing. Ftal, Profesora Titular de la Cátedra de Dendrología, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero. Argentina. E-mail: amig@unse.edu.ar

El área de estudio es la localidad de Las Juntas, Departamento Ambato, Catamarca (Figura 1). Corresponde a un bosque montano de *Podocarpus parlatorei* (pino del cerro) y constituye su manifestación más austral. El bosque en estudio posee 511 hectáreas, se desarrolla en un gradiente altitudinal entre 1650 y 2500 msnm.

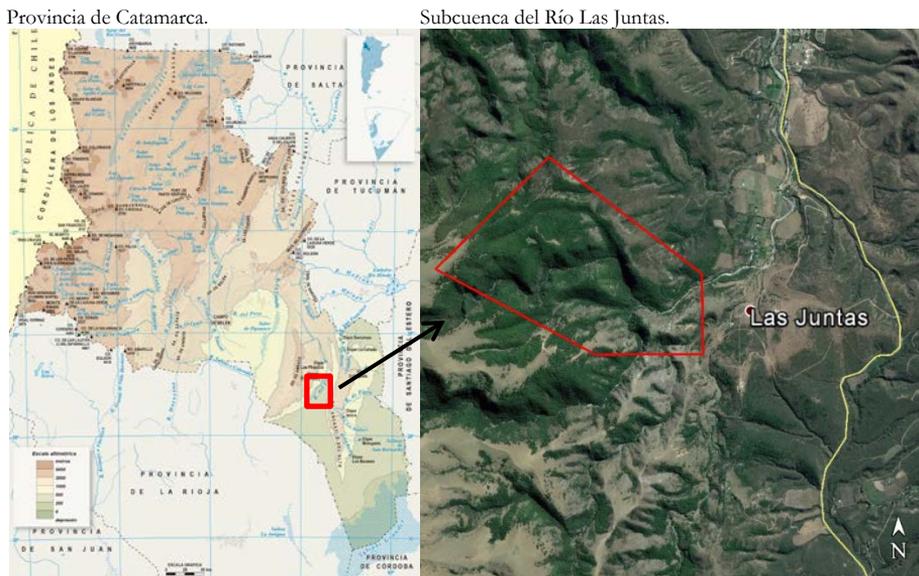


Figura 1. Ubicación del área de estudio

La distribución de los pisos altitudinales no es homogénea en las Yungas. Un caso especial es el bosque de las Juntas, ya que solo está presente en esa serranía, el bosque montano, no así los otros pisos altitudinales. El piso inmediato inferior (Selva montana) se encuentra a 50 kilómetros aproximadamente en línea recta hacia el punto cardinal Este, en Balcozna y en la Cuesta del Totoral. Asimismo se destaca que entre el bosque Las Juntas y la Cuesta del Totoral, también hay pequeñas áreas de pino de cerro (Figura 2).

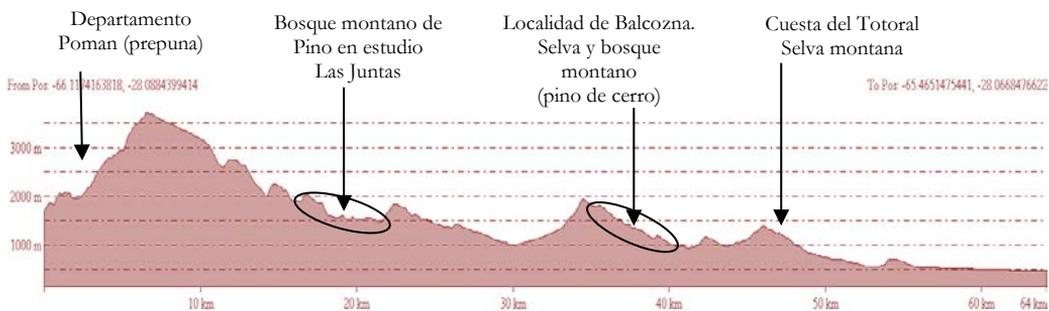


Figura 2. Perfil orográfico

A fin de analizar la estructura y diversidad se dividió la zona de estudio en 5 niveles altitudinales según se indica en Tabla 1. En cada nivel altitudinal se instalaron a lo largo de una transecta siguiendo las curvas de nivel y en forma perpendicular, 10 parcelas rectangulares de 50*2 m (1000 m²) distanciadas 500 m. Se procedió a realizar el inventario forestal y el muestreo de vegetación (Figura 3).



Figura 3. a-Vista general del bosque; b- zona alta; c- media; d- baja; e y f- bosque en invierno

Tabla 1. Niveles de estudio

Sitio	1	2	3	4	5
Altitud (msnm)	1650	1700	1750	1800	1850
Nombre	Cruce del río	Zona de Arrayan	Zona de Cascada	Terraza de Cultivos	Pastizales

La biodiversidad y estructura fueron analizadas a través de las variables: especie, abundancia, altura total, DAP (diámetro a 1.30 m). Los datos fueron analizados a través de análisis univariado y multivariado. Se calculó la curva de abundancia de las especies, el índice de diversidad de Shannon –Wiener, y el índice de valor de Importancia (IVP).

Para el estudio de germinación y viabilidad de *Podocarpus*, se probaron 6 tratamientos, con 100 semillas cada uno y 4 repeticiones según las normas del ISTA. La germinación se evaluó durante 40 días. Se calculó también el porcentaje de germinación (CG) y el tiempo medio de germinación (TMG).

Sobre la expansión de la superficie boscosa

Uno de los interrogantes a discernir hace referencia a la expansión de los bosques de altura. Los bosques montanos de las yungas argentinas constituyen un área fuertemente afectada por disturbios antrópicos (Grau, 1989; Molinillo y Vides-Almonacid, 1989) y tienen una escasa superficie incluida en reservas (Brown, 1995). Sin embargo, en numerosas áreas, el pastizal ha sido reemplazado por bosques de *Alnus acuminata*, reconocida por su capacidad de colonizar sitios recientemente perturbados en las últimas décadas (Grau, 1985). Los parches de distintos tipos de bosque podrían mantenerse vinculados a un régimen de disturbios y sucesión como ocurre en otros sistemas (Pickett y White, 1985).

P. parlatoresi también presenta características de especie pionera ya que su regeneración está asociada a grandes disturbios. Ramadori (en prep.) halló, que *P. parlatoresi* es una especie que coloniza tempranamente campos de pastoreo abandonados.

Con imágenes Landsat TM de fecha 27/08/98 y 28/08/2010, en la estación seca, se analizó la superficie del bosque montano de *Podocarpus parlatoresi* de las Juntas, Catamarca (Figura 4). El mismo ha registrado un claro incremento espacial de un 100 % en un período de 12 años; en el año 1998 con unas 511 hectáreas y en el año 2010 unas 1000 hectáreas.

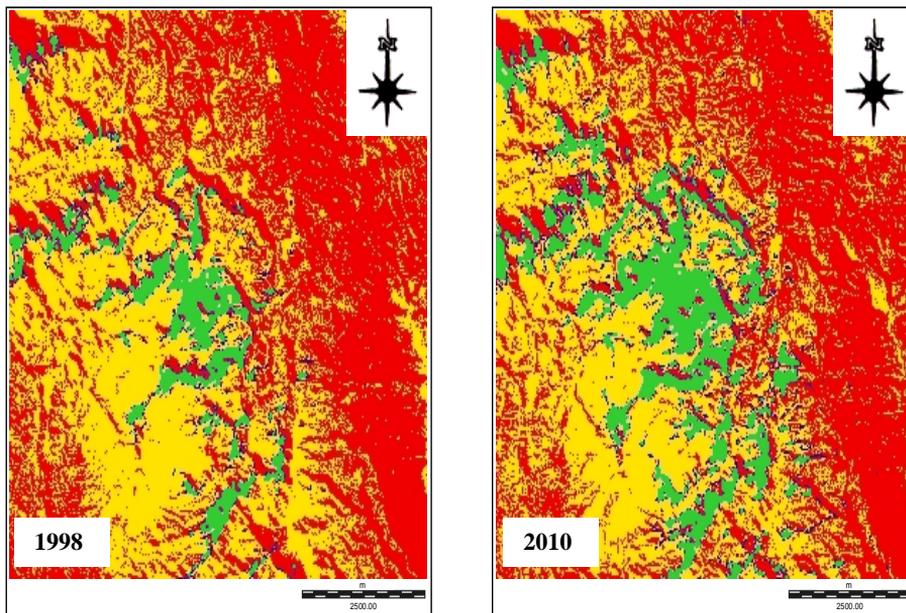


Figura 4. Distribución espacial de Yungas en la Subcuenca del Río Las Juntas, Catamarca 1998-2010
 Referencias: Rojo: montañas. Amarillo: prados montanos / pastizales de yungas. Verde: bosque de pino de cerro (*Podocarpus parlatorei*)

Esta situación confirma un proceso de expansión similar al que ya se ha detectado en otras regiones boscosas de las Yungas del Noroeste Argentino, como lo describen Grau *et al.* (2007) y Franco y Rodríguez (2005). Los mencionados autores señalan que se observa la recuperación de distintos ecosistemas naturales, históricamente degradados por usos agrícolas y ganaderos tradicionales en zonas marginales para la producción. Este proceso de expansión de los bosques sobre tierras agrícolas y pasturas, revierte la tendencia histórica de deforestación, se conoce como transición forestal.

Cabe destacar que la expansión del bosque de pino del cerro de Las Juntas, se produjo hacia los distintos puntos cardinales y niveles altitudinales, ocupando zonas de chaco serrano y pastizales de altura. Este fenómeno de remplazo del pastizal, coincide con lo observado por Arturi (1998); Grau (1985); y Fra *et al.* (2007), en bosques de *Alnus acuminata* y *P. parlatorei*.

El incremento de la superficie del bosque de *P. parlatorei* podría tener influencia en incrementar la captación de agua, la cual es utilizada por las zonas más bajas, para agricultura y agua potable. Coincidiendo con lo descrito por Brown (2009); esta situación permite una mejora en los servicios ecosistémicos ya que la eco-región se comporta como un potente regulador y estabilizador de caudales hídricos y ofrece, al mismo tiempo, un hábitat con capacidad para sustentar una rica diversidad biológica (Carreño y Viglizzo, 2010).

Por lo general, estos cambios ambientales están asociados con algunas tendencias socioeconómicas, que han contribuido al proceso de expansión del bosques de *P. parlatorei* en el área de trabajo. Ello se corrobora con la disminución de pobladores en la localidad

de Las Juntas (INDEC, 2010), por el fenómeno de abandono de tierras rurales por la urbe como la describe Grau *et al.* (2007).

Sobre la biodiversidad

Si bien los bosques montanos de las Yungas, son definidos como homogéneos en su composición florística; el caso de estudio presentó una riqueza específica de leñosas arbóreas de 13, para un total de 594 individuos censados. En Tabla 2 se indica la nómina de especies arbóreas presentes.

Tabla 2. Especies arbóreas registradas

Familia	Especies	Nombre vulgar
<i>Podocarpaceae</i>	<i>Podocarpus parlatoresi</i>	Pino de cerro
<i>Caprifoliaceae</i>	<i>Sambucus peruviana</i>	Sauco
<i>Myrtaceae</i>	<i>Myrcianthes mato</i>	Arrayán
<i>Anacardiaceae</i>	<i>Schinus gracilipes</i>	Molle del cerro
<i>Anacardiaceae</i>	<i>Schinus fasciculata</i>	Molle pispito
<i>Rutaceae</i>	<i>Fagara coco</i>	Coco
<i>Mimosaceae</i>	<i>Acacia visco</i>	Viscote
<i>Mimosaceae</i>	<i>Acacia caven</i>	Churqui
<i>Anacardiaceae</i>	<i>Lithraea molloides</i>	Molle de beber
<i>Juglandaceae</i>	<i>Juglans australis</i>	Nogal cimarrón
<i>Myrtaceae</i>	<i>Myrcianthes minimifolia</i>	Mato mulato
<i>Verbenaceae</i>	<i>Duranta Serratifolia</i>	Tala blanca
<i>Solanaceae</i>	<i>Iochroma australes</i>	Sacha pera

Las relaciones florísticas de las especies son variadas: 7 son específicas de la provincia de las Yungas: *Podocarpus parlatoresi*, *Sambucus peruviana*; *Myrcianthes matos*, *Schinus gracilipes*, *Myrcianthes minimifolia*, *Duranta serratifolia* e *Iochroma australes*. *Fagara coco*, *Schinus fasciculata* y *Acacia visco* pertenecen tanto a la provincia de las Yungas, Chaco y Monte; *Acacia caven* al Chaco, Monte y Prepuna; *Lithraea molleoides* y *Juglans australes* las Yungas y Chaco Serrano.

Para comprender en su conjunto la variabilidad de la estructura del bosque en cuanto a la distribución de especies, se aplicó un análisis multivariado de agrupamientos, con la matriz de abundancia (Figura 5).

P. parlatoresi (1) se separa del grupo de las restantes especies (2), siendo la especie que define la singularidad del bosque. Por otro lado se agrupan el resto de las especies arbóreas que forman el estrato secundario. *Myrcianthes mato* se segrega completamente, separándose de *Sambucus peruviana* (4) y de un gran grupo de especies asociadas.

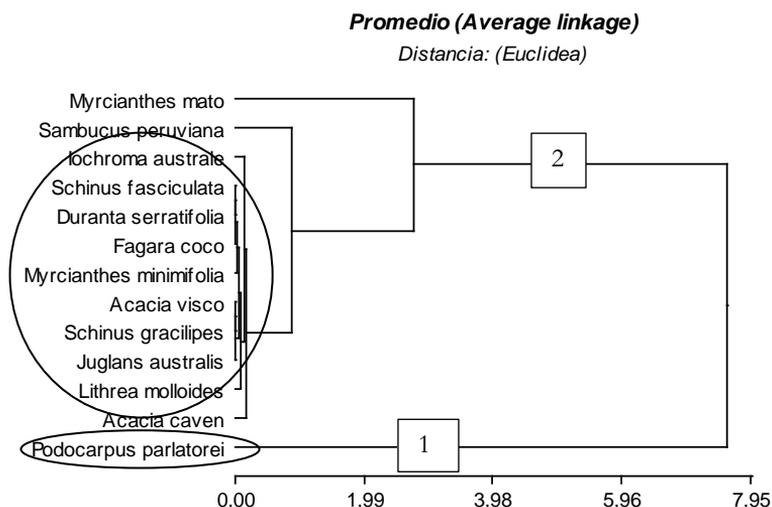


Figura 5. Análisis multivariado de agrupamiento de especies
Nota: Correlación cofenética= 0,999; Variables estandarizadas

La composición florística del pinar de Las Juntas es parcialmente coincidente a lo descrito por Meyer (1980), donde cita la existencia de ocho especies arbóreas: *Podocarpus parlatoresi*; *Schinus gracilipes*; *Eugenia mato*; *Duranta Serratifolia*; *Azara salicifolia*; *Acacia caven*; *Sambucus peruviana* y *Lithraea molloides*.

Se destaca la incorporación de nuevas especies al listado sistemático, tales como *Fagara coco*; *Schinus fasciculata*; *Acacia visco*; *Juglans australis*; *Myrcianthes minimifolia*; y *Iochroma australe*. Hay especie arbóreas que fueron desapareciendo y otras que se fueron instalando, por lo cual probablemente el bosque tiende a un estado de maduración y mayor complejidad, concordando con lo descrito por Arturi *et al.* (1998), en un bosque montano del norte de Argentina.

Es evidente la presencia de especies de diferentes orígenes: 1- austral (Gondwánico) como: *Podocarpus parlatoresi* (Podocarpaceae), *Roupala meisneri* (Proteaceae) y *Fuchsia boliviana* (Onagraceae), 2- boreal (Holártico): como *Alnus acuminata* (Betulaceae), *Juglans australis* (Juglandaceae), *Viburnum seemenii* y *Sambucus peruviana* (Caprifoliaceae), e *Ilex argentinum* (Aquifoliaceae), según lo menciona Brown *et al.* (2006).

Pinazo *et al.* (2003) analizan el efecto de la tala tradicional en la cobertura y estructura del bosque. Los cambios ocasionados se relacionan con la formación de claros de dosel y la pérdida progresiva de estratos de dosel ocasionando mayores niveles de iluminación a medida que avanza el disturbio. La pérdida de estratos de dosel diversificados conllevan a formar doseles monoespecíficos, que en muchos otros estudios ha sido el principal factor para mejorar la regeneración de especies pioneras (principalmente *Podocarpus*).

Según Pinazo *et al.* (2003) las etapas más tempranas del bosque, son formaciones simples dominadas por *Alnus acuminata* y *Podocarpus parlatoresi*. Los bosques que no fueron afectados por disturbios recientes son más diversos y se incorporan especies tolerantes a la sombra como *Blepharocalyx salicifolius*; *Allophylus edulis* y *Myrcianthes sp.* las cuales alcanzan el dosel superior en las estructuras maduras (Morales *et al.*1995, Arturi *et al.* 1998).

Los distintos estadios sucesionales: el sobrepastoreo, luego el abandono y retiro de la gran mayoría del ganado, son la razón por lo cual *Podocarpus parlatorei* pudo colonizar esas tierras alteradas. Ello coincide con lo postulado por Ramadori (1997), Grau y Aragón (2000) que indican a mayor altitud en los bosques montanos, una de las especies de mayor importancia en sucesiones pos-ganadera, es *P. parlatorei*.

No se presenta en el bosque estudiado efecto de fuego y su influencia en los distintos estadios sucesionales como lo describen Grau *et al.* (2005) y Brown (1995) para algunos bosques del norte de Argentina.

En el bosque de pino se observó una importante regeneración. Los renovales de *P. parlatorei* que se encuentran a la orilla de los rodales o en campos abiertos, se hallan en presencia de especies facilitadoras o nodrizas (Figura 6), concordando con los descripto por Poole (1937) y Brown (2002).



Figura 6. Renoval de *P. parlatorei* y sus facilitadora

El Índice de diversidad de Shannon-Wiener, (Tabla 4), varía con el nivel altitudinal, siendo los valores inferiores a 0.5.

Tabla 4. Índice de Shannon-Wiener

Sitios	Sitio1	Sitio2	Sitio3	Sitio4	Sitio5
Shannon H' Log Base 10	0,216	0,494	0,376	0,047	0,06

Esto es coincidente con lo expresado por Marin Corba y Betancur (1997) en un bosque del santuario de la flora y fauna de Iguaque (Boyaca, Colombia) y otros autores en estudios realizados sobre bosques de altura en América Latina (Fedlmeir, 1996; Leiva, 2001; Moraes *et al.*, 2002; Morales-Salazar *et al.*, 2012). La mayor diversidad de especie en Las Juntas, se encuentra en la zona altitudinal media, concordando con lo descripto por Hueck (1978).

Respecto a la variación altitudinal, Shannon-Wiever disminuye con la altitud; siendo máxima en la zona denominada Arrayán (S2); los dos niveles superiores son de mayor homogeneidad, coincidiendo con lo citado por Loza *et al.* (2010) en un estudio de bosque montano Boliviano (PNAN MINADIDI). Sin embargo el estudio de Cerón Factos (2013) en un bosque montano alto en el cantón Mejía, el índice de Shannon muestra una relación positiva con la variable altitudinal.

La curva rango abundancia (Figura 7) evidencia la mayor diversidad en S2 y dominancia de *P. parlatoresi* en S4, respecto a las sitios 1, 4 y 5. *P. parlatoresi* es la especie más abundante en todas las alturas.

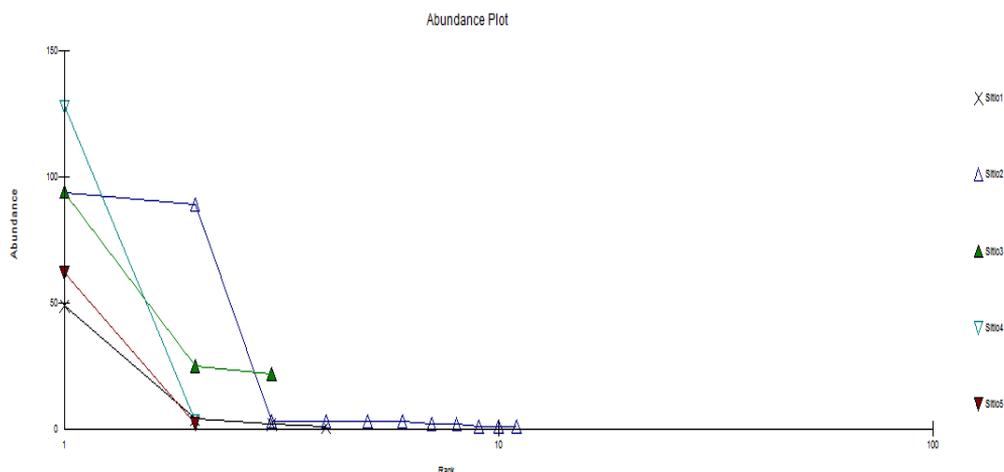


Figura7. Curva de abundancia de especies

En la Tabla 5 se indica los valores del Índice de valor de importancia (IVI) por nivel altitudinal.

Los mayores valores de frecuencia y densidad de individuos lo presenta *P. parlatoresi* con un mínimo de densidad relativa de 46,55 % y un máximo de 97,70 % y una frecuencia del 100 %. La segunda especie con mayor densidad y frecuencia es *Myrcianthes mato* con una densidad mínima de 17,73 % y una máxima de 44,06 % y una frecuencia máxima del 80 %. El bosque es homogéneo, presentando *Podocarpus parlatoresi* los mayor valores de IVP.

Tabla 5. Índice de valor de importancia (IVI)

Sitios	Densidad	F _r	Dom. (Área Basal)	I.V.P
Sitio N° 1				
<i>Podocarpus parlatorei</i>	87,5	100	96,90	284,4
<i>Acacia caven</i>	3,57	20	0,30	23,87
<i>Sambucus peruviana</i>	7,14	30	2,70	39,84
<i>Litbrea molloides</i>	1,79	10	0,10	11,89
Sitio N°2				
<i>Podocarpus parlatorei</i>	46,53	100	78,80	225,33
<i>Acacia caven</i>	1,48	20	1,80	23,28
<i>Sambucus peruviana</i>	0,90	20	0,21	23,28
<i>Myrcianthes mato</i>	44,06	70	9,64	123,70
<i>Juglans australis</i>	1,48	20	4,70	26,18
<i>Schinus gracilipes</i>	1,48	30	0,23	31,71
<i>Myrcianthes minimifolia</i>	0,90	20	0,0002	20,90
<i>Fagara coco</i>	0,45	10	0,62	11,07
<i>Duranta serratifolia</i>	0,45	10	0,043	10,49
<i>Schinus fasciculata</i>	0,45	10	0,0017	10,45
<i>Acacia visco</i>	1,48	30	3,95	35,43
Sitio N°3				
<i>Podocarpus parlatorei</i>	66,67	100	95,42	262,09
<i>Sambucus peruviana</i>	15,60	100	3,21	118,81
<i>Myrcianthes mato</i>	17,73	80	1,37	99,1
Sitio N°4				
<i>Podocarpus parlatorei</i>	97,70	100	99,87	297,57
<i>Sambucus peruviana</i>	2,30	30	0,18	32,48
Sitio N° 5				
<i>Podocarpus parlatorei</i>	96,87	100	99,79	296,66
<i>Ioehroma australe</i>	3,13	20	0,21	23,34

Sobre la estructura del rodal

El rodal presenta diferencias significativas en los niveles altitudinales, tanto para la diversidad de leñosas como la distribución de las clases diamétricas. Ellas definen diferentes historias, los diámetros menores se dan con mayor frecuencia en los sitios de mayor altitud y la biodiversidad disminuye con la altura.

Podocarpus parlatorei es la especie que juega un papel muy importante en el rol ecológico del bosque, por su gran densidad, frecuencia y área basal.



Si se analizan las clases diamétricas por especie (Figura 8.a), hay un alto predominio de las clases inferiores para todas, estando bien representadas las mismas con *P. parlatorei*.

La distribución de clases diamétricas por sitio revela para S4 y S5, el 80 % de los individuos censados pertenecen la clase 0-10 (Figura 8.b).

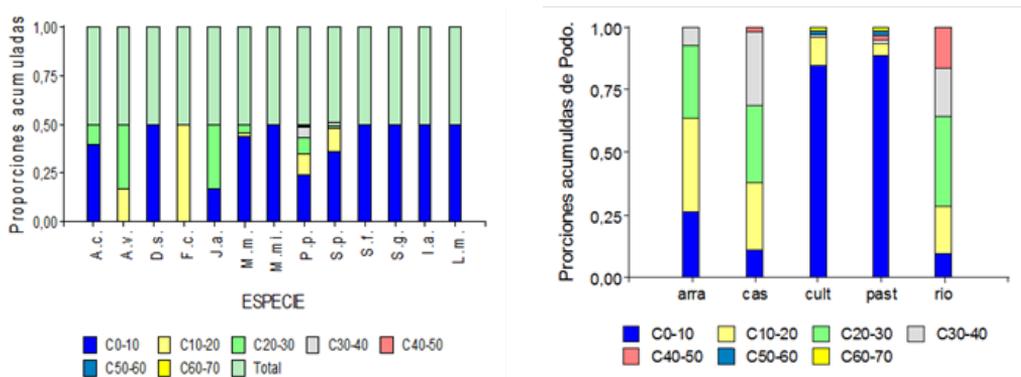


Figura 8. a- Distribución de especies/ clases diamétrica. b- Clases diamétricas de *Podocarpus parlatorei* por sitio.

Un análisis multivariado de componentes principales para clases diamétricas clasificados por sitio, muestran la afinidad de S4 y S5 con clases extremas y por otro lado S1, 2 3 vinculadas a las clases intermedias (Figura 9).

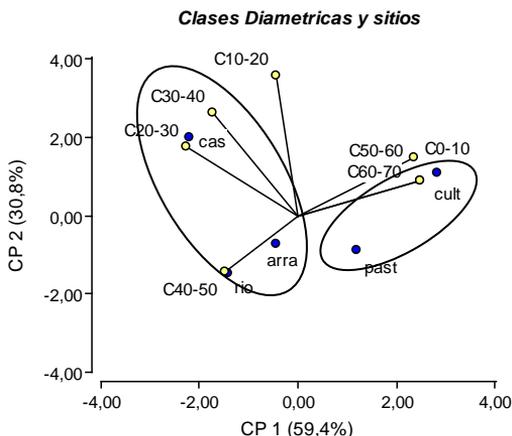


Figura 9. CP por clase diamétrica y sitios

La distribución diamétrica de *P. parlatoresi* en función a los niveles altitudinales manifiesta para los sitios bajos la mejor distribución, los sitios altos (S4 y S5), predominan los renovales y son las áreas nuevas de ocupación del bosque. La distribución de frecuencias de clases diamétricas para todas las especies y en particular para *P. parlatoresi*, presenta una curva de J invertida (Figura 10).

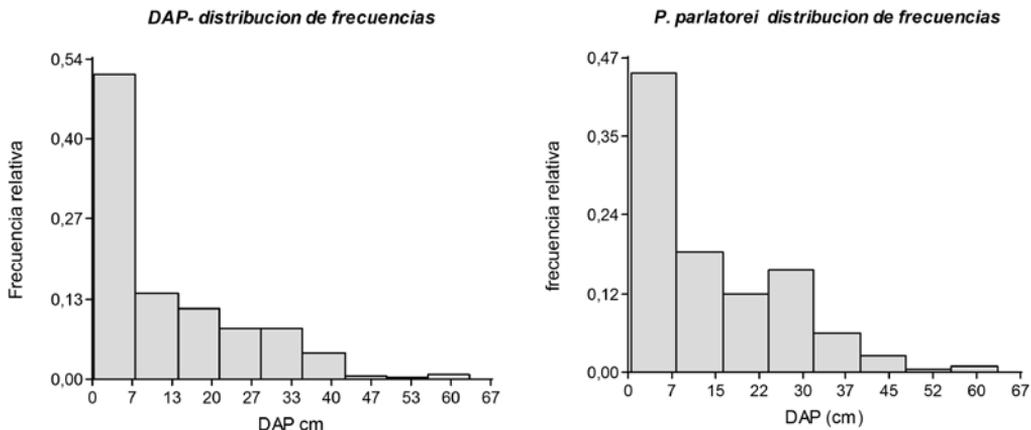


Figura 10. Distribución de frecuencias para DAP de todas las especies y de *P. parlatoresi*

El bosque presenta una gran cantidad de individuos jóvenes, con DAP menores a 12 cm. Son escasos los individuos con DAP de 57 y 65 cm. Esta característica podría demostrar que es un bosque joven con un buen reclutamiento de especies.

Área basal

En todos los niveles el área basal del bosque está representada por la que aporta *P. parlatorei*. Los valores totales varían entre 9 a 48 m²/ha (Figura 11).

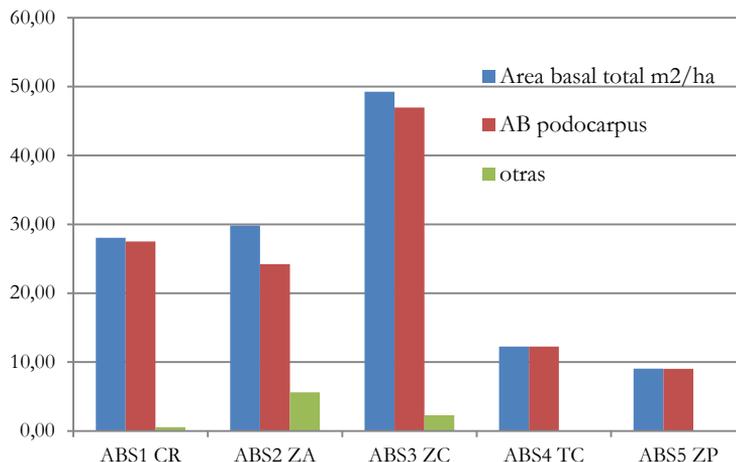


Figura 11. Distribución del AB total y por sp.

Según Pinazo *et al* (2003) los rodales con menor intervención presentan 5/18 área basal de PP, y total 44 m²/ha.

Las variables DAP y AB, presentan diferencias significativas entre niveles altitudinales. Las zonas bajas presentan mayores valores de área basal y DAP. Probablemente esto se deba a que el bosque se expandió desde las zonas más bajas hasta las más altas, por lo cual los diámetros y las especies son menos variables. Otros estudios indican que los bosques de menor edad presentan menor cantidad de especies (Moraes *et al.*, 2002; Ruschel *et al.*, 2009, Denslow, 2000).

La variable altura total presentó diferencias significativas para los sitios estudiados. *Podocarpus parlatorei* registra alturas totales de hasta 16 metros en las zonas más bajas del bosque y con valores mayores en los niveles altitudinales altos de hasta 20 metros. En concordancia a los observados por Cerón-Factos (2013) que indicó para un bosque montano alto en el cantón Mejía (Ecuador), que *Podocarpus oleifolius* llega a alturas totales de hasta 24 m.

La Tabla 6 indica el ANAVA y las diferencias de altura según los sitios. La mayor altura del bosque corresponde a la zona de terraza de cultivos (S4), seguido por el sitio Cruce del río (S1). La menor altura del bosque se presenta en la zona de Arrayán (S2).

Tabla 17. Prueba de Kruskal Wallis para Altura Total

Sitio	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p	Rango
Cruce del Río	56	9,61	5	11,3	33,8	<0,0001	335,54 BC
Zona Arrayán	202	6,65	6,05	4,5			249,5 A
Zona cascada	141	9,3	4,14	10			305,99 B
Zona de pastizales	64	9,1	2,84	9			280,95 A B
Zona de terraza de cultivo	131	10,65	3,44	11			354,21 C

Letras distintas indican diferencias significativas (p <= 0,05)

Para las variables DAP, Altura total y ÁB, se agrupan los siguientes sitios para un análisis de conglomerados por distancia Euclidiana, coincidiendo los agrupamiento con los resultados obtenidos a través de análisis univariados (Figura 12).

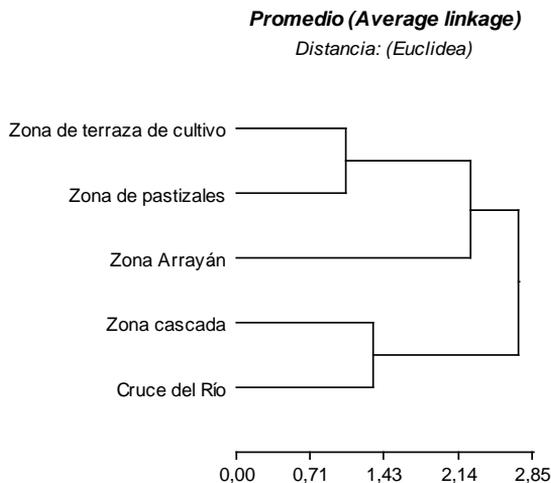


Figura 11. AC para sitios

Sobre viabilidad y germinación de *P. parlatoresi*

Otro de los interrogantes planteados al considerar la perpetuidad del sistema, fue las características de viabilidad y germinación de semillas de *P. parlatoresi*.

P. parlatoresi posee pseudofruto, es una estructura formada por el pie carnoso y la semilla ovoide de 8 a 6 mm de longitud. La fructificación se produce en los meses de enero, madurando totalmente a partir febrero. La aparición de las inflorescencias masculinas se produce en las épocas más secas del año, entre agosto y septiembre, y la aparición de la inflorescencia femenina se produce entre los meses de septiembre y octubre (Figura 12).



Figura 12. Inflorescencia femenina. La semilla se asienta sobre un pie de consistencia carnosa, de color negro rojizo

Para obtener la óptima germinación de semillas, los pretratamientos probados fueron: escarificación mecánica, estratificación, Ac. Clorhídrico, agua oxigenada, alcohol, tierra del Bosque de pino, Hipoclorito de sodio y lavado por 24 horas. De todos estos tratamientos iniciales, el que mejor resultado dio fue el tratamiento con Hipoclorito de sodio, por ello se procedió a trabajar con esta sustancia. Las semillas previamente hidratadas durante 12 horas fueron sometidas a tratamientos con NaClO variando el tiempo y la concentración. El mejor resultado se obtuvo con NaClO 2' 20 % con 100 % de germinación.

La gran cantidad de sustancias de naturaleza lipídica presentes en el pseudofruto de *P. parlatoarei*, indicarían la importancia que tiene en la dieta de especies frugívoras que se encuentran amenazadas (Luqués y Barros, 2007). A su vez, estas especies tendrían un papel importante en la dispersión del pino del cerro, que está considerado como un colonizador de zonas disturbadas, es decir un elemento arbóreo interesante para tener en cuenta para reforestación.

La mayor parte de la germinación ocurre en primavera en condiciones apropiadas de luz y humedad; algunas semillas pueden germinar antes del invierno (Blendinger, 2006). Según los resultados obtenidos, se observa que no es necesario que la semilla esté en presencia de luz para germinar, lo hace sin luz en germinadores.

P. parlatoarei presenta letargo de tipo morfológico, lo que retrasa el comienzo de la germinación hasta los 30 días, como lo citado para *P. usambarensis* (ITSA 1995) y *P. angustifolia* (Bonilla *et al.*, 2009) Es posible que la inmersión en agua previa a los ensayos de germinación, permitiera superar de forma rápida el nivel crítico de hidratación. En este caso, el tratamiento de inmersión podría actuar como un mecanismo de reblandecimiento del epimacio que finalmente resultaría en la interrupción del letargo físico impuesto por esta capa externa (Bonilla *et al.*, 2009). Según estudios la semilla de *P. parlatoarei* presenta un alto contenido de lípidos (Luqués y Barros, 2007) lo que probablemente estaría impidiendo que ingrese fácilmente el oxígeno al embrión, necesario para la germinación. Esto fue superado mediante los tratamientos realizados con hipoclorito de sodio a distintas concentraciones (Killian, 2011). La mencionada sustancia posiblemente oxida los

lípidos permitiendo de esta manera que fluya con mayor facilidad el oxígeno al embrión, acelerando el inicio de la germinación a 16 días y finalizando el día 34, con un máximo de germinación a los 19 días. Se reduce con el tratamiento de hipoclorito de sodio el tiempo de germinación, siendo conveniente la aplicación de NaClO 2' 20 %. De esta manera, se reducen los 30 días de inicio de germinación.

Otros valores biológicos

Si bien el objeto del estudio fue la diversidad de árboles y la caracterización del dosel, se valoran e incluyen otras formas de vida vegetal y animal, a fin de expresar lo extraordinario del bosque. Desde la diversidad florística y su valor ornamental (Figura 13), la diversidad fúngica (Figura 14).



Figura 13. Flores del bosque de *Podocarpus parlatorei*



Figura 14. Hongos del bosque de *Podocarpus parlatorei*

Sobre la diversidad de la fauna



Figura 15. Aves, insectos, huellas de mamífero, anfibios del bosque de *Podocarpus parlatoresi*

Sobre otros valores del Bosque: Un área turística y cultural

Las laderas húmedas de los cerros donde crece el tupido bosque montano con ejemplares de pino del cerro, por su apacible encanto, se ha convertido en las últimas décadas en un conocido lugar de veraneo con viejas casonas recicladas dispersas en el paisaje. La población, ha modificado la vocación ganadera que la caracterizaba, por el fuerte interés turístico (Argerich y Barros, 2012).

Esta región presenta la particularidad de poseer sitios y elementos arqueológicos de la denominada “cultura aguada”, constituida por agricultores que habitaban la zona desde el 1400 DC (Kriscautzky, 1995). Su influencia, sin embargo, se hizo sentir en distintas partes del noroeste de la Argentina y zonas del norte de Chile. La cultura de La Aguada, corresponde al período Medio o de Integración cultural en el noroeste argentino y es considerada como el momento culminante del arte precolombino de la región. Su agricultura fue posible debido a los andenes y campos de cultivos irrigados por complejos sistemas hidráulicos.

Es precisamente en el bosque de Las Juntas donde existe un sistema de embalses y terrazas de cultivo que permanecen inalterables al día de hoy. Estas estructuras componen de un sistema de contención constituido por muros de terrazas con finalidades agronómicas, permitiendo el almacenamiento de agua de lluvia en la parte baja de un sistema (Figura 16). Estos embalses superficiales, crean un modelo hidrológico artificial, que permite distribuir en forma eficiente el agua (Puentes, 1998). Este valor arqueológico es una razón más de gestionar sustentablemente el bosque.



Figura 16. Terrazas de cultivos en el Boque de *Podocarpus parlatorei*-La Juntas

Consideraciones finales

Para finalizar, se concluye que en la zona de estudio, se ha incrementado la superficie boscosa. Es posible que el proceso de expansión de bosque detectado, responda al

aumento de precipitaciones en la región, como así también a la disminución demográfica, al paulatino abandono de explotación de ganadería bovina.

Con respecto a la estructura y la diversidad, el bosque presenta una estructura homogénea y una tendencia a alcanzar el estado de clímax, con diferencias significativas a distintas altitudes en composición florística y estructura. Los caracteres anatómicos de la semilla se describen por primera vez y aportan información valiosa para posteriores estudios de viabilidad y germinación. Las características epidérmicas del pie ensanchado son de diagnóstico para la identificación del pseudo fruto de *P. parlatorei* y de gran utilidad para la determinación de la dieta de aves frugívoras. El hipoclorito de sodio ejerce efectos positivos sobre los procesos germinativos, incrementando no solo el porcentaje final de germinación si no también disminuyendo el tiempo medio requerido para que la germinación se produzca.

El histograma de especies mostró que *P. parlatorei*, es la más abundante seguida por *Myrcianthes mato* y *Sambucus peruviana*. La especie que presenta la mayor relevancia, de acuerdo a los múltiples análisis, es *Podocarpus parlatorei*, por lo se requiere más conocimientos ecológicos. Es potencialmente la especie clave para el mantenimiento de los bosques montanos, como árbol pionero y a la vez longevo que persiste durante la sucesión hasta la madurez del bosque, y cumple un rol importante en la dinámica del sistema, facilitando el crecimiento de muchas otras.

Con respecto a la potencialidad de la regeneración natural, se observa que posee un gran potencial para la recuperación de tierras degradadas por sobreexplotación y erosión en los pisos superiores del bosque y en los ecotonos con los pastizales de altura, otorgándole un gran potencial de manejo.

El bosque montano de Las Juntas se encuentra en la zona roja, delimitada por la ley de bosque, se recomienda iniciar acciones para preservar esta área de tal importancia biológica.

Se pretende sentar base para futuras acciones de conservación y gestión del bosque de *P. parlatorei*, como así fundamentar la importancia del mismo para ser considerada en el futuro parque nacional, provincial o algún tipo de reserva protegida.

Referencias Bibliográficas

- Argerich, A.; J. Barros. 2012 *Yungas Changes Detection Using Landsat TM Imagery For Las Juntas, Catamarca, Argentina*. The 33rd Asian Conference on Remote Sensing Pattaya-Thailand. Pág. 7.
- Arturi, M. F.; H. R. Grau; P. G. Aceñolaza y A. D. Brown. 1998. Estructura y sucesión en bosques montanos del Noreste de Argentina. *Revista de Biología tropical*. Pág. 46.
- Arturi, M.; H. Grau; P. Aceñolaza; A. Brown. 1998. Estructura y sucesión en bosques montanos del Noroeste de Argentina. *Rev. biol. Trop.* v.46 n. Pag. 3. San José.
- Blendinger, P. 2006. El Pino de Cerro (*Podocarpus parlatorei*) como Modelo de Estudio para la Conservación, Ecología y Biogeografía de los Bosques Montanos Nublados de Yungas. *LIEY Ecología Subtropical*. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán, Argentina Pág. 16.
- Brown, A. 1995. Fitogeografía y Conservación de las selvas de montaña del Noroeste Argentino en S. P. Churchill, E. Forero, E. Balslev y J. Luteyn, eds. *Biodiversity and conservation of Neotropical montane Forests*. The New York Botanical Garden. Bronx. USA. . Págs. 663-672.

- Brown, A. 1995. Las selvas de montaña del noroeste de Argentina: problemas ambientales e importancia de su conservación. En: A. D. Brown y H. R. Grau. *Investigación, Conservación y Desarrollo en Selvas Subtropicales de Montaña*. LIEY-Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán, Argentina. Págs. 9-18.
- Brown, A. 2009. *Congreso forestal mundial*. Fundación ProYungas. Buenos Aires. Argentina.
- Brown, A.; A. Grau; T. Lomascolo y I. Grasparri. 2002. Una estrategia de conservación para las selvas tropicales de montaña (Yungas) de Argentina. Sociedad Venezolana de Ecología. *Ecotropicos* 15(2).Págs. 147-159.
- Brown, A; L. Malizia y T. Lomascolo, T. 2006. *Reserva de la Biosfera de las Yungas: armando el rompecabezas entre todos*. Secretaría Programa sobre El Hombre y la Biosfera. Artículo para el Libro sobre Reservas de la Biosfera de países que integran la Red Iberomab. Pág. 15.
- Carreño, L. V.; E. F. Viglizzo. 2010. *Efecto de la agricultura sobre la provisión de servicios ecosistémicos. Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental*. Editores: Ernesto F. Viglizzo, Esteban Jobbágy. Págs. 47-51. Capítulo 8.
- Cerón Factos, J. 2013. *Estructura y composición florísticas en un gradiente altitudinal de un remanente de un bosque montano alto en el cantón Mejía. Provincia de Pichincha*. Universidad Técnica Particular de Loja. Área Biología. Título de Ingeniería en Gestión Ambiental. Págs. 1-67.
- Chalukian, C. 1991. *Regeneración, sucesión y plantas invasoras en un bosque Yungas, Salta, Argentina*. Universidad Nacional. Sistema de estudio de posgrado. Programa regional en manejo de vida silvestre para Mesoamérica y el Caribe. Tesis de Magister. pág. 2.
- Denslow, J. 2000. Patterns of structure and diversity across a tropical moist forest chronosequence. In: White, P. S., Mucina, L., Leps, J., van der Maarel, E. (Eds.), *Vegetation Science in Retrospect and Perspective*. Proceedings IAVS Symposium, Opulus Press, Uppsala. Págs. 237–241.
- Dinerstein, E.; D. Olson; D. Graham; A. Webster; S. Primm; M. Boorbinder; G. Ledec. 1995. *A conservation assessment of the terrestrial Ecoregions of Latin America and the Caribbean*. WWF-World Bank. Washington D.C. Pag.123.
- Fedlmeier, C. 1996. *Desarrollo de bosques secundarios en zonas de pastoreo abandonadas de la Zona Norte de Costa Rica*. Tesis Ph.D. Traducción O. Murillo. Göttingen, DE, Universidad Georg-August. Pág. 177.
- Franco, R. y J. Rodríguez. 2005. Análisis multitemporal satelital de los bosques del CARARE-OPÓN mediante imágenes Landsat de 1991 y 2002. *Revista Colombia Forestal*. Vol. 9 No. 18 - Noviembre de 2005. Págs. 157-162.
- Gentry, A. 1993. *Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical montane forest. Biodiversity and conservation of Neotropical montane forest*. Proceeding of the Neotropical montane forest. Biodiversity and Conservation Symposium. Botanic Garden. The New York. Págs. 103-126.
- Grau, H. 2005. Dinámica de bosques en el gradiente altitudinal de las Yungas Argentinas. En prensa en M. Arturi, J. Frangi, J. Goya (Editores). *Ecología y Manejo de los Bosques Argentinos*. Pág. 30.
- Grau, A. 1985. La expansión del aliso del cerro (*Alnus acuminata* HBK subsp *acuminata*) en el Noroeste de Argentina. *Lilloa* 36. Págs. 237-247.
- Grau, H. y R. Aragón. 2000. Árboles invasores de la sierra de San Javier, Tucumán, Argentina. En H. R. Grau & M. R. Aragón, Editores, *Ecología de Árboles Exóticos en las Yungas Argentinas*. LIEY. PROYUNGAS, Tucumán Págs. 5-20.
- Grau, H.; N. Gasparri; M. Morales; A. Grau; E. Aráoz; J. Carrilla; S. Gutierrez. 2007. Regeneración ambiental en el norte, oportunidades para la conservación y restauración de ecosistemas. Volumen 17. Pág. N 100:2007. *Ciencia Hoy*.
- Grau, H. R. 1989. *El distrito de los bosques montanos y su importancia para manejo y conservación en la provincia de Tucumán*. Serie Monográfica y Didáctica FCN-UNT 1. Págs.1-10.
- Hueck, K. 1978. *Los bosques de Sudamérica (ecología, composición e importancia económica)*. Sociedad de Cooperación Técnica.

- Killian, S. 2011. *Introducción a la fisiología vegetal*. Editorial Científica Universitaria. Catamarca. Argentina. Págs. 344.
- Kriscautzky, N. 1995. Avances en la arqueología del formativo inferior en el Valle de Catamarca. Vol. II. *Revista de Ciencia y Técnica. Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Catamarca*. Catamarca. Págs. 14-20.
- Leiva, J. 2001. *Comparación de las estrategias de regeneración natural entre los bosques primarios y secundarios en las zonas bajas del atlántico costarricense*. Práctica de especialidad. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Pág. 102.
- Loza, L., M. Moraes y Jørgensen. 2010. Variación de la diversidad y composición florísticas en relación a la elevación en un bosque montano Boliviano (PNAN MINADIDI) *Ecología en Bolivia*. Vol.45 Págs.87-100
- Luque, C. y J. Barros; Varela; M. Arias. 2010. Estudio anatómico del pseudofruto de *podocarpus parlatorei* Pilg. Vol.18. *Revista Ciencia*. Universidad Nacional de Catamarca. Págs. 51-58.
- Marín Corba, C. y J. Betancur. 1997. Estudio florístico en un robledal del santuario de la flora y fauna de iguaque (Boyaca, Colombia). *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* Vol 21. Págs.249-259.
- Meyer, B. 1997. *Estudio del bosque de Podocarpus*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Catamarca. Argentina.
- Moraes, C.; B. Finegan; M. Kanninen; L. Delgado; M. Segura. 2002. Composición florística y estructura de bosques secundarios en el municipio de San Carlos, Nicaragua [en línea]. *Revista Forestal Centroamericana*. Vol. 38 .Págs. 44 -50
- Morales, J.; M. Sirombra; A. Brown. 1995. Riqueza de árboles en las Yungas Argentina. En Brown, A.; Grau, A. (eds). *Investigación, conservación y desarrollo en selva tropicales de montaña*. Págs. 163-170.
- Morales-Salazar, M.; B. Vilchez-Alvarado; R. Chazdon; M. Ortega-Gutiérrez; E. Ortiz-Malavassi; M. Guevara-Bonilla. 2012. Diversidad y estructura horizontal en los bosques tropicales del Corredor Biológico de Osa, Costa Rica. Resista forestal mesoamericana KURÚ. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* (Costa Rica) Volumen 9, No. 23, Págs 19-28.
- Osorio, C. L.; V. M. Bonilla.2010. *Apuntes sobre Podocarpus angustifolius* (sabina cimarrona). Cuba.
- Pinazo, M. A.; N. I. Gasparri; J. F. Goya and M. F. Arturi. 2003. Caracterización estructural de un bosque de *Podocarpus parlatorei* y *Juglans australis* en Salta, Argentina. *Rev. biol. trop* , vol.51, n.2, pp. 361-368. ISSN 0034-7744.
- Poole, A. L. 1937. A Brief Ecological Survey of the Pukekura State Forest. *Revista de Biología Tropical* Vol. 4 Pág.2.
- Puentes, H. A. 1998. *Los Primeros Tiempos del Formativo en el Valle de Catamarca, Control de Cuencas, Manejo Hidráulico y Uso del Espacio, un Caso de Estudio: Sitio El Tala (Dpto. Capital Catamarca)*. Tesis Para optar al título de Lic. En Arqueología
- Ramadori, D. 1997. *Sucesión secundaria en Bosques Montanos del NOA*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Argentina.
- Ruschel, A; M. Mantovani; M. Sedrez; R. Onofre. 2009. Caracterização e dinâmica de duas fases sucessionais em floresta secundária da Mata Atlântica. *Revista Árvore*. Vol. 33. Págs. 101-115.
- Stadtmüller, T. 1987. *Los bosques nublados en el trópico húmedo*. Centro científico Tropical de investigación y enseñanza (CATIE). Costa Rica.
- Webster, G. 1995. *The panorama of neotropical cloud forest, in bioersity and conservation of Neotropical montane forest*, (eds) Churchil, S.;Balslev, E.;Forero y Lutian,J. New York. Pag. 702.

Parte II:

ECOANATOMÍA

Ecoanatomía del xilema secundario de las leñosas arbóreas del chaco argentino

Variables cuantitativas

Giménez A. M.¹ y J. G. Moglia²



Introducción

La presencia de determinadas especies en una región del planeta es el resultado de millones de años de evolución. Uno siempre se pregunta qué hace que una combinación de caracteres se conjugue para poder manifestarse con particularidades y generalidades. ¿Define una región, un conjunto diverso de formas de vida que cohabitan, compiten en armonía y perduran en el tiempo?

Desde lo simple de un pensamiento, a lo escueto de querer ensayar una respuesta, tratando un solo factor, la mente del investigador intenta interpretar su universo y explicar cómo entiende esta multiplicidad de realidades desde lo puntual.

Este capítulo propone analizar el xilema de especies arbóreas del Chaco argentino, una región extensísima, con variaciones climáticas que comprenden desde cálido húmedo a cálido seco, con una transición extensa, donde la salinidad y los anegamientos de zonas bajas, modelan el paisaje.

¿Qué relación hay en las características generales del xilema, con las tendencias generales de las maderas del mundo y de regiones similares?

Hacke (2015) pone en valor cuán importante es la anatomía del leño desde un análisis funcional y ecológico. El xilema de árboles, arbustos juegan un rol especial en la biología vegetal y en ecología (Baas & Miller, 1985). La historia evolutiva de cada especie depende en gran parte del fino balance entre su eficiencia hidráulica y la seguridad en la conducción, con un diseño biomecánico eficiente y de resistencia biológica, todos en equilibrio con los requerimientos específicos determinados por las condiciones físicas y biológicas del ambiente. El leño constituye un archivo histórico de los cambios

¹ Dra. Ing. Ftal, Profesora Titular de la Cátedra de Dendrología, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero. Argentina. E-mail: amig@unse.edu.ar

² Dra. Ing. Ftal, Profesora Titular de la Cátedra de Dendrología, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero. Argentina. E-mail: vimog@unse.edu.ar

ambientales y las condiciones climáticas, tanto como situaciones de estrés a las que el árbol está sometido. Así es posible estudiar los cambios ambientales presentes y pasados a través de las plantas e hipotetizar sobre los efectos futuros del cambio climático (Bass *et al.* 2013).

Ya que los bosques, las tierras forestales y los árboles representan una de las más importantes fuentes de Carbono del planeta, son primordiales para mantener niveles de baja entropía y sostener su capacidad productiva. Las plantas leñosas son las mayores productoras de C, que se almacena en la madera. La función del xilema en los árboles, la posición de los árboles en el ecosistema boscoso y el rol de ellos en las interacciones globales, son causas suficientes para darle un nivel superior y prioritario a la investigación de los tejidos xilemáticos (Beeckman, 2016).

La anatomía ecológica del xilema, satisfactoriamente aplicada a partir de 1970 por Carlquist (1975, 1980, 1984) y Baas (1976), permitió comprender los vínculos ecofiléticos del leño correlacionando los rasgos anatómicos característicos de las especies y las condiciones generales de hábitat, donde se desarrollan. En los últimos años, son numerosos los trabajos en los campos de la ecología forestal, biología de los árboles, la evolución de plantas, el cambio climático y la genómica, que han vuelto a redescubrir la enorme importancia de la estructura de madera y sus rasgos funcionales, para merecer una investigación multidisciplinaria aplicada. Las plantas están expuestas a factores ambientales cuya variación puede provocar cambios anatómicos para adaptarla a condiciones externas.

Los estudios ecoanatómicos analizan cómo varían los elementos xilemáticos ante cambios en las condiciones del medio donde crece la planta (Baas, 1973; Carlquist, 1977; Baas *et al.*, 1983; Baas & Carlquist, 1985; Carlquist & Hoekman, 1985; Villagra & Roig 1997; Lindorf, 1994; Moglia & Giménez, 1998; Moglia & López, 2001; León, & Williams, 2005; Sidiyasa y Bass, 1998; Moya y Tomazello, 2008; Chávez-Romero *et al.*, 2010).

La función clave del xilema es la conductividad hidráulica y el control de las propiedades físicas, está bien caracterizado en las plantas vivientes. Las especies modernas capturan solo una fracción de la diversidad de maderas conocidas, las cuales están bien preservadas en las muestras fósiles que se extienden 400 millones de años atrás desde el origen de las plantas vasculares. Los fósiles más primitivos, difieren mucho de los leños modernos de gimnospermas en aspectos como: el tamaño de las traqueidas, la pared secundaria, la química de la lignina, el desarrollo del cambium (Strullu-Derrien *et al.*, 2013). Ello manifiesta los cambios evolutivos y adaptativos a lo largo de millones de años.

En las plantas leñosas, las características de los elementos de vaso se modifican, dependiendo del grado de humedad del suelo y de factores como el clima, la altitud y la latitud (Wodzicki, 2001). Las tendencias ecológicas y evolutivas en cuanto al diámetro de los poros, tipo de placas de perforación, frecuencia de vasos, longitud de elementos vasculares, longitud total de vasos y tipos de fibras han sido discutidas en términos de seguridad y eficiencia en el transporte de agua. Tanto la eficiencia o máxima conductividad como la seguridad están fuertemente relacionadas con el diámetro y frecuencia de vasos, observándose que un aumento del diámetro de los poros incrementa notablemente la eficiencia en cuanto a conducción, pero al mismo tiempo disminuye la seguridad (Sidiyasa & Baas, 1998).

Hacke *et al.* (2001) proponen revisar la estructura del xilema y su relación con en el transporte de agua en altura, desde Zimmermann (1983) a lo estudiado posteriormente.

Los avances permitieron una nueva visión del fenómeno de cavitación en relación con la estructura del xilema, el efecto de los procesos de absorción de agua y de transporte de los estomas, conductancia y transpiración, en la arquitectura hidráulica de las plantas, en la correlación entre la presión en el xilema y la resistencia de los elementos de conducción, y así interpretar las tendencias ecológica de la anatomía de la madera, de forma más significativa.

Los árboles constituyen un valioso archivo de las variaciones de las condiciones ambientales que determinan el crecimiento, dejando impresa su impronta en la estructura de la madera (Fonti *et al.*, 2010). Esencialmente el espesor de los anillos es utilizado como una poderosa variable para el estudio de los impactos climáticos en el crecimiento leñoso. En contraste, los parámetros anatómicos pueden potencialmente reflejar las condiciones del clima al momento de su formación que permite estudiar la relación clima/crecimiento con alto nivel de resolución (Fonti y García Gonzales, 2004). Por ello, parámetros anatómicos como el tamaño de los vasos, están fuertemente relacionados con el metabolismo del árbol y revela consecuencias de limitantes climáticos al crecimiento.

En definitiva, la investigación que ayude a comprender el funcionamiento y las múltiples respuestas de las leñosas a las condiciones del ambiente, abrirá nuevas puertas para el mejor entendimiento de la presencia y gestión de las leñosas arbóreas en una región boscosa.

Maderas del Chaco

Desde la fitogeografía, pocas regiones a nivel Sud América como el Gran Chaco, presentan una superficie tan amplia y con parentescos fitogeográficos tan profundos. Las especies típicas del Chaco argentino, tienen una serie de rasgos evolutivos y adaptativos que definen su mejor performance para dominar y perdurar en el ambiente natural que la región les propone. Poder distinguir estas características, conlleva a interpretar en conjunto la región desde lo específico.

En esta oportunidad se abordará el xilema, con sus estructuras propias y particulares. Es parte de 30 años de investigación sobre las especies de la región, la publicación de dos libros (Roth, Giménez, 1997; 2006) y de un número considerable de trabajos científicos.

Del todo a lo particular

La distribución de leñosas arbóreas en el Gran Chaco argentino, está signada por la precipitación. Las isohietas disminuyen de E a O entre los 1000 y 400 mm anuales. Ello conlleva la presencia de una matriz básica de especies en los diferentes distritos del Chaco (CS 1: occidental o seco, Ch 2: oriental o húmedo, CSe serrano y CHS 3: Chaco de transición) (Figura 1).

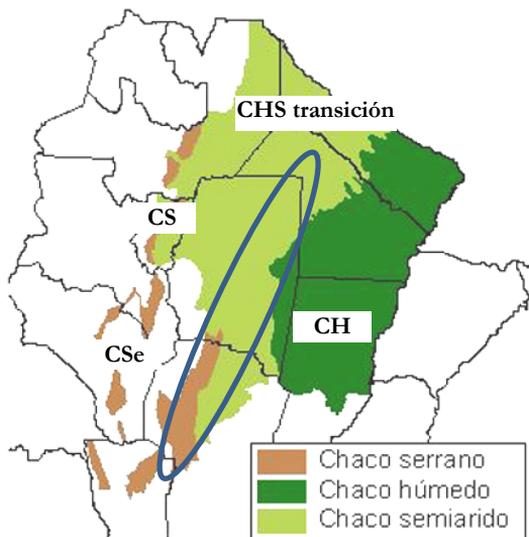


Figura 1. Distritos de la Provincia Chaqueña
 Fuente: Giménez, Moglia, 2003

Pretendemos destacar cuales son los rasgos anatómicos generales que definen las leñosas del Chaco y cuales los rasgos particulares y adaptativos. En primera instancia resulta interesante analizar la presencia de especies en cada distrito. Con la base datos de los proyectos: Ecoanatomía y biodiversidad de bosques del Chaco (CICYT, UNSE) y PICTOS OT 93/11 y PICTO UNSE 06/12, se establece un listado de especies arbóreas según su distribución.

De los inventarios realizados, resultaron comunes a ambos distritos 19 sp arbóreas (CHS), mientras que 26 exclusivas del CH y 10 exclusivas del CS. Las especies del Chaco serrano (CSe) serán consideradas en conjunto con las de CS. Estos datos manifiestan una matriz común importante, con especies excluyentes para los 2 distritos considerados (Figura 2).



Figura 2. Distribución de especies por distritos

¿Qué valor tiene los rasgos evolutivos y adaptativos del xilema en la región?

Las tendencias ecológicas se interpretan como el resultado de adaptaciones funcionales a factores ambientales. Al considerar el transporte de agua como una de las principales funciones del xilema (Zhang *et al.*, 1992), es lógico esperar que los estudios ecoanatómicos estén orientados hacia aspectos relacionados con los elementos de conducción. Los estudios ecoanatómicos buscan conocer cómo varían algunos elementos xilemáticos ante cambios en las condiciones del medio donde crece la planta (Baas, 1973; Baas *et al.*, 1983; Baas & Carlquist, 1985; Carlquist & Hoekman, 1985; Villagra & Roig, 1997; Sidiyasa & Baas, 1998; Moglia & López, 2001, Moglia & Giménez, 1998; Giménez *et al.*, 1997; Giménez, 1993).

Para el análisis se seleccionaron las siguientes variables anatómicas: frecuencia de vasos/mm² (Fv); diámetro tangencial de los vasos (Vd); área neta de vasos (Av), longitud de los elementos vasculares (VI) y longitud de la fibra (Fl).

Se calculó el área promedio de conducción por vaso y área neta de vaso/mm²:

$$ACV = \text{promedio (Diámetro de vasos)}^2 * 3.1416$$

$$ANV = ACV * Fv$$

Se calcularon los índices de vulnerabilidad (IV) y mesomorfía (IM) propuestos por Carlquist (1977) para determinar el tipo de comportamiento (mesomórfico, xeromórfico):

$$\text{Índice de Vulnerabilidad} = \frac{\text{diámetro medio de vasos}}{\text{número de vasos por mm}^2}$$

$$\text{Índice de Mesomorfismo} = IV \times Lev$$

Donde: IV = índice de vulnerabilidad y Lev = longitud de elementos vasculares

De acuerdo a los valores de estos índices (Parra & Jorge, 2010), los individuos se pueden clasificar como de leño mesomórfico (IV>1; IM>200) o xeromórficos (IV<1; IM<200).

Se aplicaron análisis estadísticos multivariados de Componentes Principales (PCA) y agrupamiento (CA) con el fin de determinar los patrones taxonómicos y generar un sistema de clasificación. Se realizó un análisis no paramétrico de la varianza (ANAVA) para medidas repetidas (Cody & Smith, 1991) y la prueba de Kruskal Wallis ($\alpha = 0,05$) (INFOSTAT, 2008) para diferenciar variables. Las microfotografías fueron tomadas con microscopio Zeiss Axiostar y vídeo cámara Sony Exwave HAD. Se utilizó microscopía electrónica de barrido (SEM).

Se analizaron los rasgos anatómicos de las siguientes especies que se indica en Tabla 1.

Tabla. 1. Caracteres anatómicos

Especies	Distrito	Diámetro vasos (um)	Frecuencia vasos/mm ²	Longitud de vasos (um)	Longitud fibras (um)	IV
<i>Acacia aroma</i>	3	144	25	180	750	5,8
<i>Acacia caven</i>	3	110	21	210	750	5,2
<i>Acanthosyris falcata</i>	2	46	65	217	900	0,7
<i>Arthrosamea polyantha</i>	2	100	32	200	700	3,1
<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>	3	160	15	253	1000	10,7
<i>Astronium balansae</i>	2	84	21	279	980	4,0
<i>Bulnesia sarmientoi</i>	1	60	56	100	750	1,1
<i>Bumelia obtusifolia</i>	2	65	53	370	1000	1,2
<i>Libidinia paraguayariensis</i>	3	70	19	200	850	3,7
<i>Carica quercifolia</i>	2	143	21	280	1000	6,8
<i>Celtis ehrenbergiana</i>	3	85	32	250	1000	2,7
<i>Cercidium praecox</i>	3	50	25	180	750	2,0
<i>Chlorophora tinctoria</i>	2	147	22	312	970	6,7
<i>Chorisia speciosa</i>	2	180	5	400	1450	36,0
<i>Diplokeleba floribunda</i>	2	90	22	350	870	4,1
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	2	210	4	230	800	52,5
<i>Erythrina crista-galli</i>	3	210	4	250	1200	52,5
<i>Geoffroea decorticans</i>	1	60	52	150	950	1,2
<i>Geoffroea striata</i>	2	93	24	208	828	3,9
<i>Gleditsia amarpoboides</i>	2	80	18	155	910	4,4
<i>Jodina rhombifolia</i>	1	33	154	214	750	0,2
<i>Litbraea molloides</i>	1	30	305	259	800	0,1
<i>Luehea divaricata</i>	2	90	5	320	810	18,0
<i>Maytenus viscidifolia</i>	1	36	83	113	227,2	0,4
<i>Maytenus cuzcoii</i>	1	32	99	131	229,8	0,3
<i>Maytenus spinosa</i>	1	20	136	84	153,2	0,1
<i>Maytenus vitis-idaea</i>	1	28	68	77	165	0,4
<i>Parkinsonia aculeata</i>	3	147	27	180	720	5,4
<i>Patagonula americana</i>	2	70	45	100	1200	1,6
<i>Peltophorum dubium</i>	2	210	5	100	850	42,0
<i>Phitecellobium scalare</i>	2	100	10	351	800	10,0
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	2	40	100	100	900	0,4
<i>Phytolacca dioica</i>	2	82	41	124	1300	2,0
<i>Pisonia zapallo</i>	2	80	9	180	700	8,9
<i>Prosopis alba</i>	3	120	19	150	850	6,3
<i>Prosopis kuntzei</i>	3	100	17	114	750	5,9
<i>Prosopis nigra</i>	3	108	22	175	800	4,9
<i>Prosopis ruscifolia</i>	3	150	5	200	790	30,0
<i>Prosopis vinalillo</i>	3	92	9	200	765	10,2
<i>Pterogine nitens</i>	2	160	4	237	850	40,0
<i>Ruprechtia laxiflora</i>	2	60	25	300	1100	2,4
<i>Salix humboldtiana</i>	3	51	44	1300	1500	1,2
<i>Sapindus saponaria</i>	3	90	22	250	1000	4,1
<i>Sapium haematospermum</i>	3	140	15	500	1200	9,3
<i>Schinopsis balansae</i>	2	170	25	110	700	6,8
<i>Schinopsis lorentzii</i>	1	130	20	250	900	6,5
<i>Schinopssis haenkeana</i>	1	87	32	175	850	2,7
<i>Solanum verbascifolium</i>	3	102	8	370	900	12,8
<i>Tabebuia ipe</i>	2	71	41	179	800	1,7
<i>Tabebuia nodosa</i>	3	38	120	150	700	0,3
<i>Tabernamontana australis</i>	2	36	200	524	979	0,2
<i>Terminalia triflora</i>	2	70	24	390	900	2,9
<i>Zizyphus mistol</i>	3	70	21	200	760	3,3

Nota: IV: Índice de vulnerabilidad.

Distrito 1: Chaco Seco CS; 2: Chaco Húmedo CH; 3: Chaco HS transición CHS

Sobre las variables de conducción

Los vasos son los elementos básicos en el transporte de agua. Su distribución, tamaño, frecuencia, longitud, constituyen caracteres de gran valor taxonómico y ecológico. El diámetro y frecuencia de vasos/mm², se manifiesta en diferentes relaciones que se simplifican en la Figura 3.

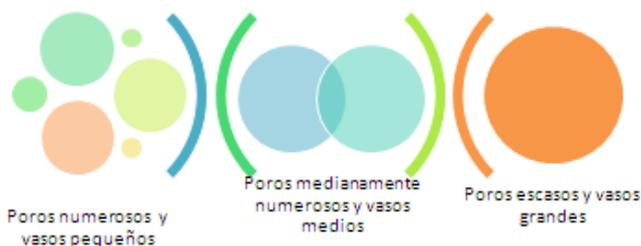


Figura 3. Esquema de la relación diámetro y frecuencia de vasos

Analizando la correlación diámetro y frecuencia de vasos/mm² ($R^2: 0.7$) hay una importante concordancia entre variables y su área de distribución. Las especies se discriminan según los distritos a los que pertenecen (Figura 4).

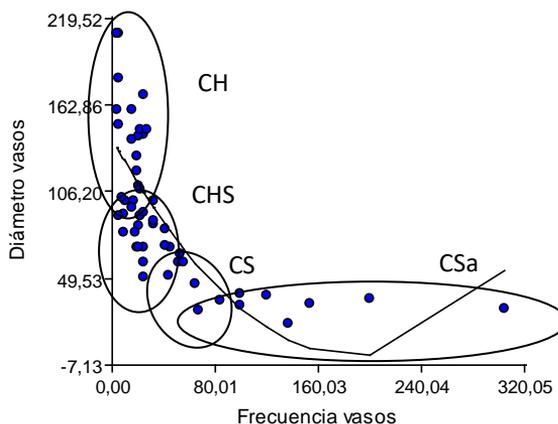


Figura 4. Diámetro y frecuencia de vasos

Al analizar la función que relaciona el diámetro de vasos y su frecuencia/mm², se puede definir cuáles son las características que predominan en las especies excluyentes de cada una de las regiones. Baja frecuencia y diámetro elevado, corresponde a las especies típicas del CH. En el otro extremo, las especies arbustivas propias del CS árido (Giménez, *et al.*, 1998), se caracterizan por alta frecuencia y escaso diámetro de vasos. Las especies arbóreas exclusivas del CS se caracterizan por frecuencia media y vasos pequeños a medianos (Giménez, 2000; Giménez *et al.*, 1999, Giménez, 2004).

Existe una fuerte correlación negativa entre el tamaño del vaso y la frecuencia de vasos según Carlquist (1975), Zanne *et al.* (2010).

Vasos entre 50-100 μ . y frecuencia entre 5 y 40 son típicos de la matriz común de especies de la transición. Los vasos son la mayor expresión de la adaptación a las variables climáticas, que en este caso es la precipitación (Figura 5).



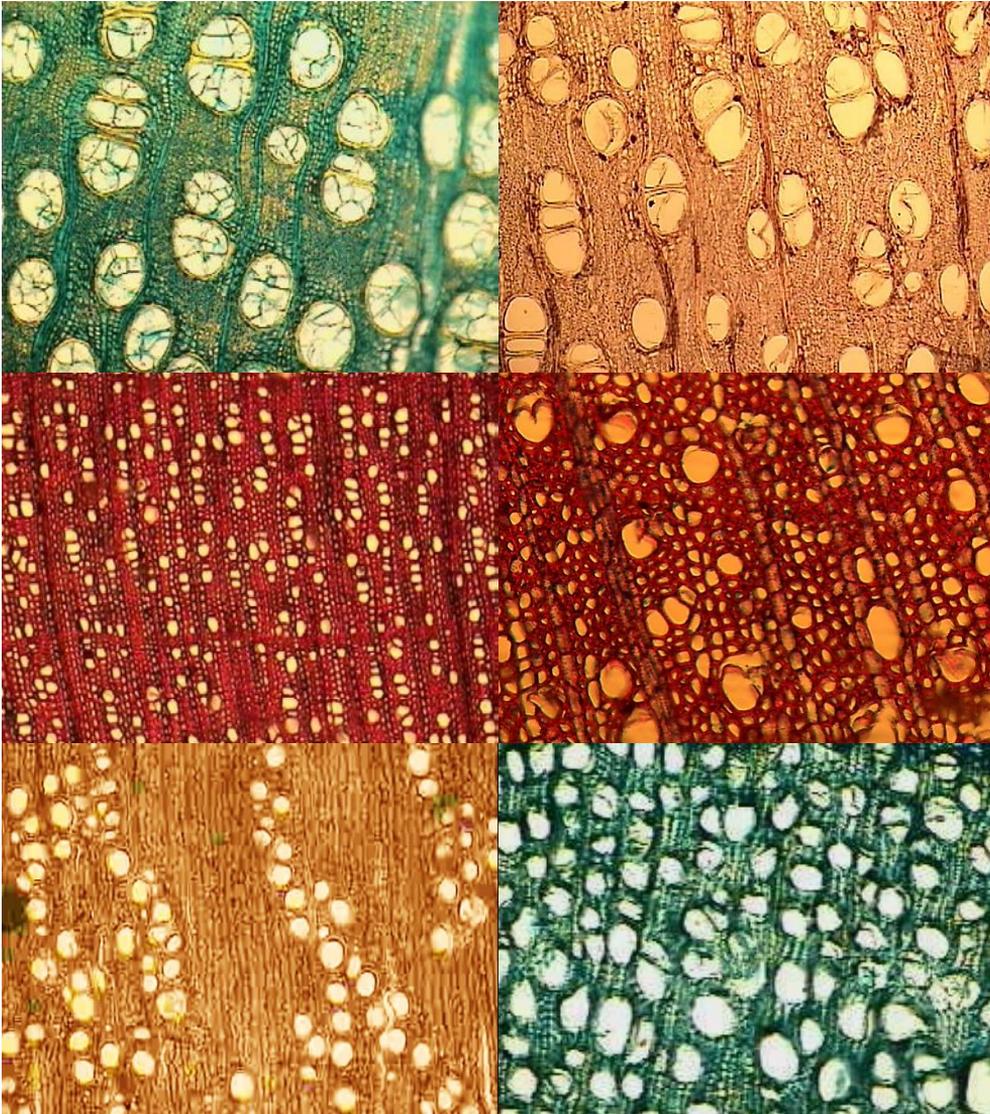


Figura 5. Variación del número y diámetro de vasos, para igual aumento. *Geoffroea decorticans*, *Celtis ebrembergiana*, *Ziziphus mistol*, *Prosopis alba*, *Libidivia paraguarienses*, *P.ruscifolia*, *Sch lorentzii*, *Sch balansae*, *Maytenus cneezzoii*, *Vallesia glabra*, *Bulnesia sarmientoi* y *Salix humboldtiana*

El significado del área de conducción

La eficiencia en la conducción del agua depende del caudal (en función del diámetro del vaso a la cuarta potencia) y seguridad de la conducción que se refiere a evitar la embolia del vaso, o interrupción de la columna de agua. Las plantas realizan diferentes estrategias (Figura 6).

1. Vasos grandes, transportan gran caudal, aunque la seguridad de la conducción es altamente vulnerable. Estructura típica de zonas húmedas.

2. Vasos pequeños, numerosos y agregados, el caudal es restringido, pero está asegurado el transporte del agua escasa.
3. Vasos pequeños, numerosos y solitarios, el caudal es restringido, pero está asegurado el transporte del agua escasa, por elementos de conducción de transición como traqueidas vasicéntricas y vasculares, o fibrotraqueidas.

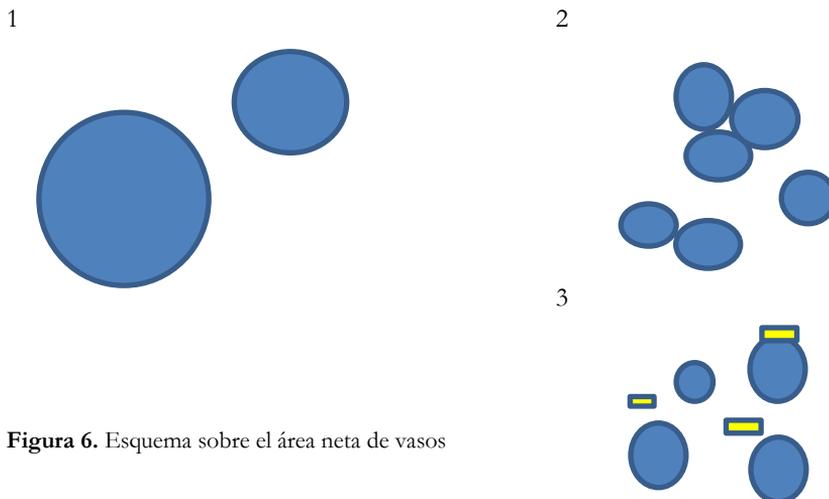


Figura 6. Esquema sobre el área neta de vasos

La funcionalidad de la conectividad de la red del xilema, especialmente en el caso de vasos solitarios y agrupados, es de sumo interés para los investigadores. Vasos agrupados proveen integración hidráulica e incrementan la resiliencia a la cavitación. Un alto grado de integración hidráulica puede facilitar la propagación de la cavitación en los vasos vecinos. (Arx *et al.*, 2013). En general, las maderas de zonas secas presentan mayor cantidad de vasos agrupados y menos solitarios.

Los vasos de mayor diámetro conducen mayor caudal de agua mientras que vasos pequeños y agrupados aseguran el ascenso de agua, pues evitan la embolia y aseguran la conducción. Existen caracteres que dan información sobre la tolerancia de las especies a la sequía, como es el caso de los vasos agrupados que confieren una mayor seguridad en la conducción de agua (Mogliá y Giménez, 1998).

El área promedio de conducción por vaso, está correlacionado con el número de vasos/mm² (frecuencia). Área elevada para conducir se correlaciona con baja frecuencia de vasos (Figura 7).

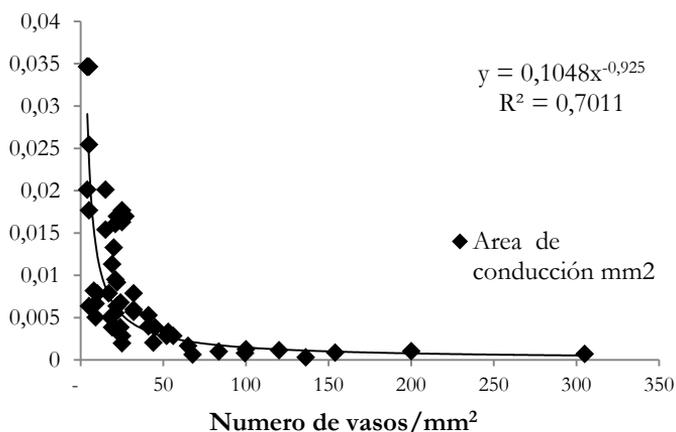


Figura 7. Área de conducción promedio/frecuencia

El área neta de vasos/mm² varía entre 0.45 y 0.03. Ello implica un área neta de vasos entre el 50 % (*Scb. balansae*) y el 3.2 % (*Maytenus vitis-idaea*) para los valores extremos analizados (Figura 8).

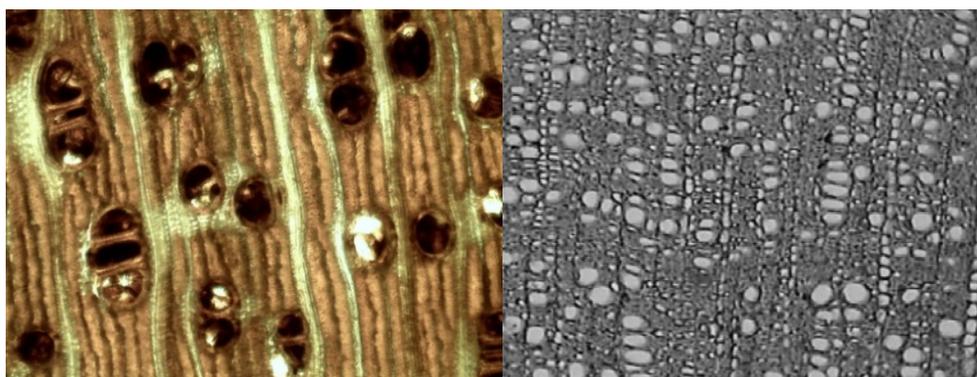


Figura 8. Sección transversal del leño de *Scb. balansae* y *Maytenus vitis-idaea*

El área neta de vasos representa la capacidad conductora expresada en superficie. Depende de dos variables (diámetro interno y frecuencia de vasos) con todas las combinaciones posibles según lo expresan las especies (Figura 9).

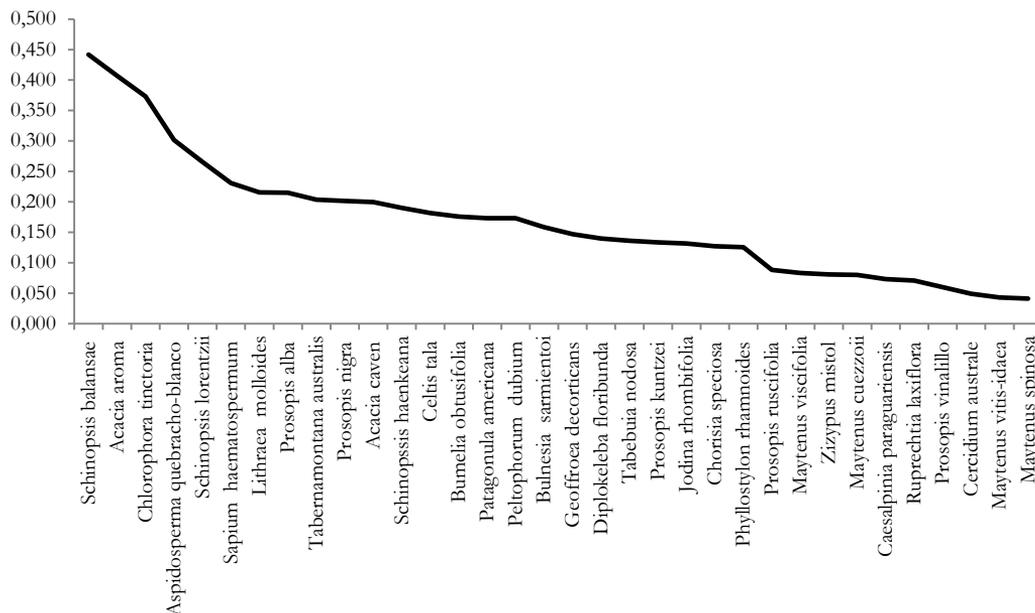


Figura 9. Área neta de vasos/mm²

El diámetro del vaso está entre los caracteres anatómicos de madera más importantes que determinan la adaptación de las plantas a la sequía. Según la Ecuación de Hagen-Poiseuille, en el sistema hidráulico, la conductividad aumenta proporcionalmente al diámetro del vaso elevado a la cuarta potencia (Tyree y Zimmermann, 2002). Los diámetros de las especies fueron más bajos en CS que en CH, demostrando diferentes formas de optimizar la eficiencia hidráulica y la seguridad.

Las características de los elementos conductores de las especies estudiadas son en términos generales: vasos mediados y medianamente numerosos en algunas especies del Chaco Húmedo. Vasos pequeños y muy numerosos (baja área neta), pero de excelente seguridad para conducir, especialmente si los vasos son agregados, común en arbustivas y arbóreas del Chaco seco y serrano.

Índice de Vulnerabilidad (IV) y Mesomorfía (IM)

Carlquist (1977) propuso índices para evaluar la vulnerabilidad a la sequía; estimó índices en plantas de sitios con diferente precipitación, estableciendo que una planta con un índice de vulnerabilidad (IV) > 1 es vulnerable al estrés hídrico. Estos índices son criticados y se proponen otros que consideran la ecuación Hagen-Poiseuille (Zimmerman, 1983) a partir de la ecuación de conductividad hidráulica, que ha sido diseñada para capilares ideales. No obstante son de usos frecuentes.

El IM expresa la cantidad de agua disponible para las plantas, valores bajos (<100) caracterizan las plantas que crecen en ambientes secos (xerófilas) o en regiones con un largo período seco que dura varios meses, mientras que valores más altos son típicas de las plantas que crecen en hábitats más húmedos (mésicas). Este tipo de estudios permite conocer la resistencia de las especies a una baja precipitación. En las zonas donde el agua es uno de los factores limitantes, las leguminosas se encuentran entre los elementos dominantes (De la Barrera y Andrade, 2005).

Moglia y Giménez (1998) interpretaron las estrategias adaptativas del xilema de 46 especies correspondientes a diferentes familias (Boraginaceae, Leguminosae, Simarubaceae y Ulmaceae). Determinaron los IV en especies de los géneros *Acacia* y *Prosopis*, así como de *Erythrina crista-galli*, *Chorisia insignis* y *Ch. speciosa.*, registrando para todas las especies vulnerabilidad a la sequía. Por su parte, Giménez (2004) describe la madera de *Geoffroea decorticans* y *G. striata*, señalando que, ambas son vulnerables al estrés hídrico por presentar un IV de 3.8 y de 2.1, respectivamente.

El Índice de Vulnerabilidad (IV) permite definir el carácter de las especies en cada región. En CS las especies son xerofíticas por excelencia, mientras que en la transición CHS y CH son mesofíticas. En Figura 10 se indica los valores medios y extremos del IV por distritos.

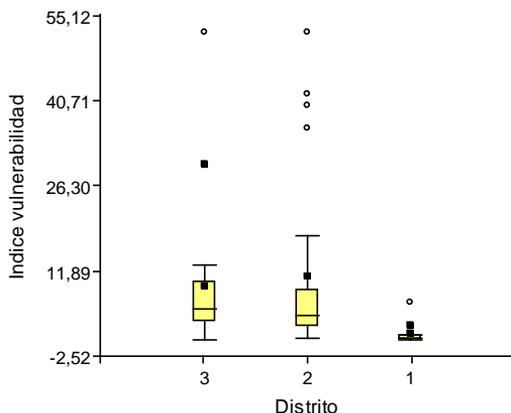


Figura 10. Distribución de frecuencias del IV por regiones.

Nota: Distritos: 1- Chaco Seco (S); 2- Chaco Húmedo (CH), 3- Chaco de Transición (CHS)

Si se analiza el índice de Vulnerabilidad total de la región, hay un alto predominio de especies altamente seguras en la conducción (70 %) (Figura 11).

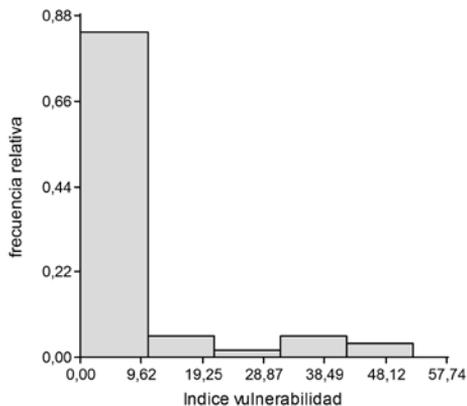


Figura 11. Histograma de IV.

Según IM, el 50 % son especies xerofíticas con IM <200 y el resto mesofíticas (Figura 12).

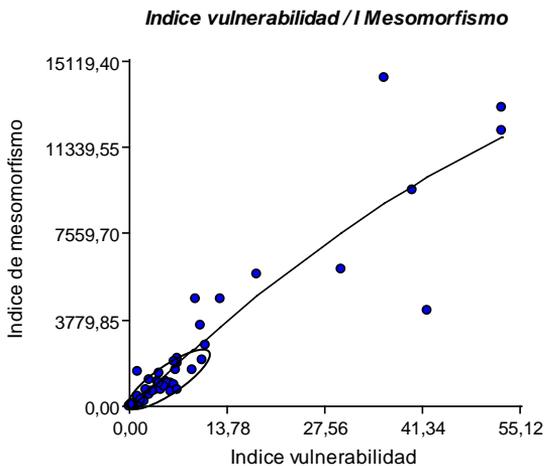


Figura 12. Relación IV/IM

Se modela la relación entre IV e IM para las 54 especies estudiadas, que ajusta a la siguiente función con R²: 0,85:

$$IM=1.4IV^2+300IV-134.93$$

Según Carlquist & Hoekman (1985), los principales indicadores de mesomorfía son número reducido de vasos por mm², amplio diámetro de poros, elementos vasculares largos y ausencia tanto de traqueidas como de engrosamientos espiralados. Lindorf (1994)

señala que las especies con rasgos mesomórficos desarrollan una estructura conectada con una alta eficiencia, pero una baja seguridad de conducción, lo cual se manifiesta con vasos o poros de mayor tamaño y en menor número por unidad de superficie.

Estas características coinciden con lo observado en el presente estudio. Mientras más se aleja el índice de vulnerabilidad del valor correspondiente a la unidad, significa una mayor orientación hacia condiciones que garanticen la eficiencia de la conductividad en sacrificio de la seguridad. Cerca de 26 % de las especies mostraron índices de vulnerabilidad menores de 10, lo que indica eficiencia en conducción combinada con cierto grado de seguridad. El 74 % restante se ubicó en valores superiores y aproximadamente 12 % de los individuos presentaron índices de vulnerabilidad mayores de 100 lo que indica su mayor orientación hacia la eficiencia en la conducción hidráulica.

El análisis multivariado por CP en función a los distritos y las variables anatómicas, se indican en Figura 13.

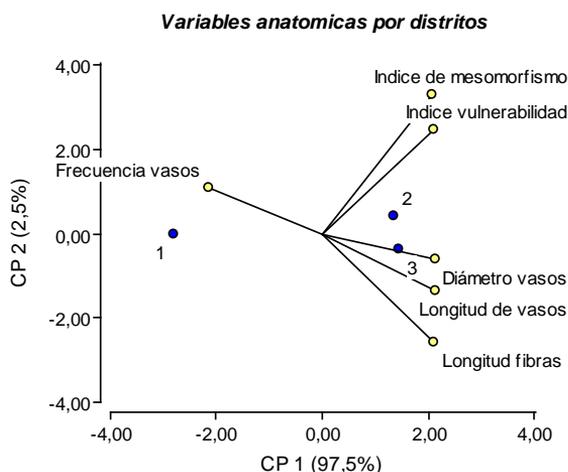


Figura 13. CP en función a los distritos y las variables anatómicas
 Nota: 1- Chaco Seco (S); 2: Chaco Húmedo (CH), 3: Chaco de Transición (CHS).

El componente C1 explica 97.5 % de la variabilidad. Las especies exclusivas del CS están relacionadas exclusivamente con Frecuencia de vasos/mm². Ello indica un importante valor para la seguridad de la conducción. En cambio las especies del CH y las comunes a ambos distritos se relacionan con: Diámetro de vasos, Área de vasos/mm², Longitud de vasos y Longitud de fibras.

Realizado el ANAVA por distrito, para cada variable independientemente: Diámetro vasos, Longitud fibras, Frecuencia vasos, Longitud de vasos, el modelo fue significativo.

Según el Test Tukey (para Alfa=0,05), hay diferencias significativas entre las especies exclusivas del CS y CH, para diámetro de vaso y frecuencia de vaso, no así para Longitud de vasos y de fibra. Las especies compartidas a ambos distritos, presentan caracteres más similares al CH (Figura 14).

La relación longitudinal de las células axiales, son importantes para el comportamiento de la madera y las propiedades mecánicas. A mayor longitud de los elementos, las características de flexibilidad mejoran. La longitud de los elementos de vaso está relacionada con el grado de aridez, a menor longitud de vasos, mayor aridez (Moglia y Giménez, 1998). En contraste, especies como *Chorisia speciosa* y *Bumelia obtusifolia*, representantes de ambientes húmedos presentan elementos de vaso largos (> 350 µm).

Los elementos de vaso cortos, confieren una mayor seguridad en la conducción de agua al disminuir los embolismos; mientras que elementos de vaso largos, otorgan una mayor eficacia conductora (Zimmerman, 1983). Los elementos de vaso de longitud corta, son considerados los más fuertes a causa de la constricción formada por cada pared del elemento de vaso (Montano-Arias *et al.*, 2013).

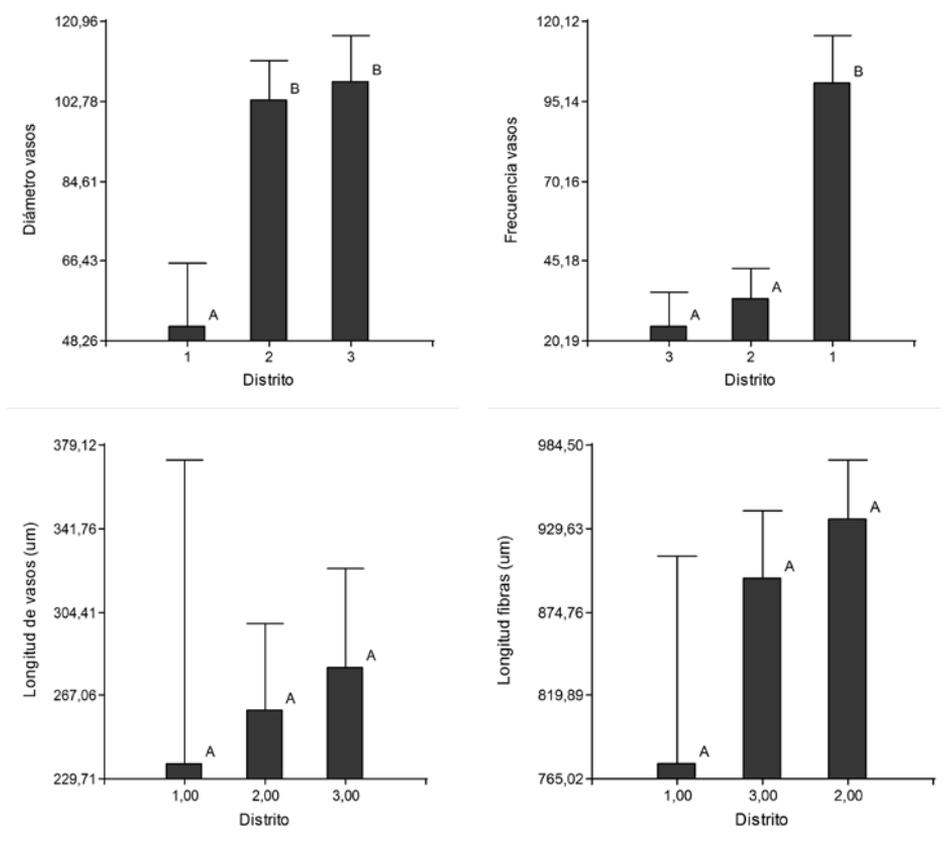


Figura 14. Test Tukey para variables anatómicas.

Nota: 1- Chaco Seco (CS); 2: Chaco Húmedo (CH), 3: Chaco de Transición (CHS).

En Figura15 se expresa la relación entre longitud de vasos y de fibras.

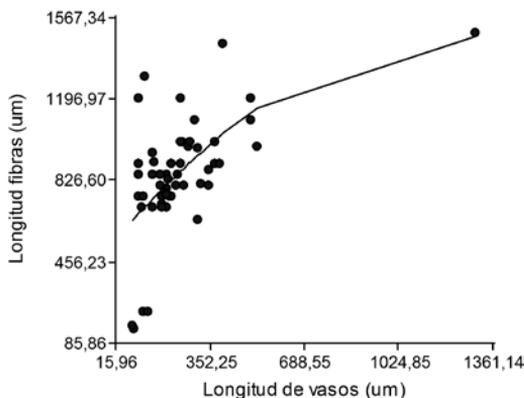


Figura 15. Relación longitudinal de vasos y fibras

Con el fin de profundizar el análisis de comportamiento de los atributos anatómicos, se seleccionan las variables con diferencias significativas: diámetro de vasos, frecuencia y longitud de fibras, se hace el dendrograma en función de especies y distritos. Hay afinidad entre el CH y las especies comunes para los IV y IM. Las especies exclusivas del CS son diferentes. Hay predominio en el Chaco H de las especies mesomórficas. Las xeromórficas son las exclusivas del CS.

Finalmente, para confirmar el grado de similaridad entre distritos, se realizó un análisis de agrupamiento para longitud fibras, de vasos, frecuencia y diámetro de vasos (Figura 16), lo que reafirma la diferencia de las estructuras del CS.

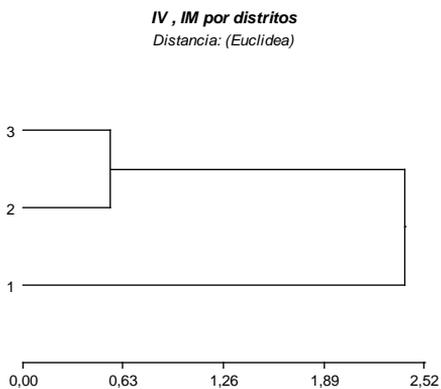


Figura 16. Análisis de agrupamiento para variables anatómicas y distritos
Nota: 1- Chaco Seco (S); 2: Chaco Húmedo (CH), 3: Chaco de Transición (CHS).

Todas las tendencias observadas en esta región son similares a las descriptas en otras regiones con características de humedad similares. En Mamo, Venezuela, una zona con precipitaciones anuales de 558 mm en bosque muy seco tropical, Lindorf (1994) encontró que predominaban las especies con maderas xeromórficas representadas por vasos numerosos agrupados en múltiples, con diámetros pequeños, muy pequeños, vasos muy

cortos y puntuaciones pequeños. Estas características se manifiestan en otras especies de zonas áridas (Baas, Carlquist, 1985; Baas *et al.*, 1983; Carlquist, 1980).

Las tendencias para miembros de vasos se resumen en acortamiento de elementos y diámetros, caracteres estos ventajosos en la prevención del colapso bajo las condiciones de presiones negativas. Moglia y Giménez (1998) resaltan como indicadores de xerofitismo la predominancia de: numerosos vasos por mm², elementos de vasos pequeños, cortos, número grande de vasos por grupo, presencia de traqueidas vasicéntricas, espesamientos helicoidales y anillos de crecimiento demarcados.

Tendencias adaptativas del xilema de las principales especies arbóreas argentinas, según las regiones fitogeográficas

Se analiza el sistema de conducción de las especies arbóreas argentinas para observar si está relacionado con su distribución geográfica. Para ello se examinó el sistema de conducción de 136 especies arbóreas argentinas discriminadas por regiones fitogeográficas: selva misionera, tucumana-boliviana, parque chaqueño y bosques andino-patagónicos (Tortorelli, 2009; Roth, Giménez, 1998, 2006).

El estudio xilemático se basó en caracteres cuantitativos del sistema conductor: diámetro, frecuencia/mm², longitud de vasos, área neta/mm² e índice de vulnerabilidad (IV).

Para este estudio se clasifica el IV en 6 categorías: 1: 0/10; 2: 10/20; 3: 30/40; 4: 40/50; 5: 50/60; 6 < 60. La categoría 1 representa las especies menos vulnerables al transporte de agua y 6 las más vulnerables. En Figura 17 se expresa el IV discriminado por regiones.

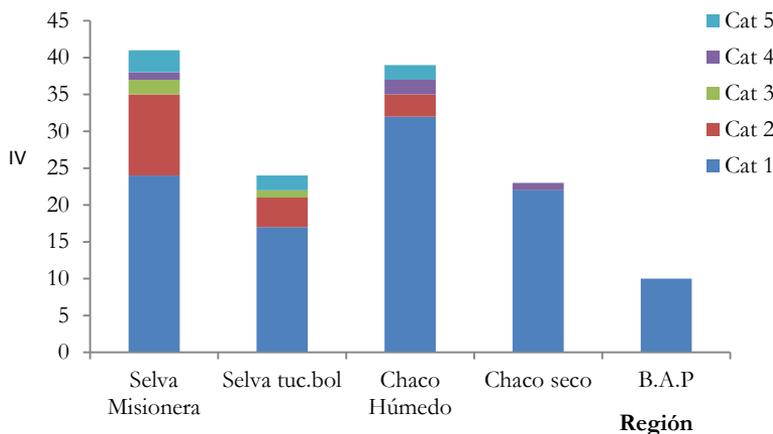


Figura 17. Índice de vulnerabilidad (IV) por regiones, según categorías.

Los leños de la selva misionera presentan todos los tipos de IV, ello indica de la diversidad de estrategias adaptativas de las especies, desde las típicas de la pluvisilva, a las deciduas que se extienden por el Chaco húmedo.

La selva Tucumano-boliviana, si bien es altamente diversa, hay un incremento de especies de menor vulnerabilidad (cat.1). La tendencia del Chaco húmedo presenta variabilidad de categorías en menor grado que las selvas. En el Chaco seco, el 90 % de las especies son muy resistentes y seguras a la conducción (menos vulnerables), el factor que limita la misma es la escasa disponibilidad de agua. Vasos pequeños y cortos, en disposición agrupada, incrementa la seguridad de la conducción disminuyendo la vulnerabilidad (Giménez *et al.*, 2014; Figueroa *et al.*, 2011).

Por último, en los bosques andinos patagónicos, todas las especies presentan alta seguridad a la conducción. El factor limitante es el frío, por lo que las estructuras de conducción tanto en gimnospermas como en angiospermas son de escaso diámetro y elevada longitud para evitar el congelamiento del agua en el lumen de los elementos. El 66 % de las especies son eficientes en seguridad, sólo 5 % son inseguras y son exclusivamente de la selva.

Para la variable frecuencia de vasos/mm² en la Figura 18 se indica clases de frecuencia por región.

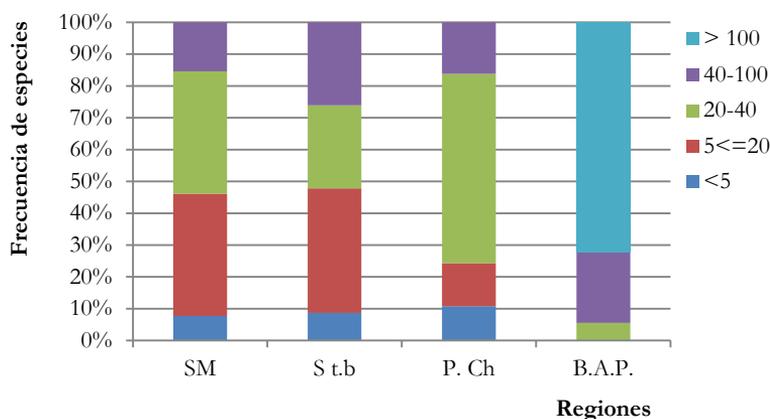


Figura 18. Frecuencia de vasos/m² según regiones

En selvas los poros son poco numerosos a moderadamente numerosos (>5, 5-20); en el Chaco el 80 % de las especies presentan frecuencia superior 20 poros/mm²; en bosques del sur el 80 % con vasos extremadamente numerosos (>100). Del total de maderas comprendidas en este estudio el 38 % tienen vasos entre 20 y 40.

Este carácter está relacionado con la tolerancia al estrés hídrico o sequía. Un alto número de vasos/mm² es frecuentemente registrado en plantas de ambientes secos (Carlquist y Hoekman, 1985, Giménez *et al.*, 1998, Giménez *et al.*, 2014). Giménez *et al.* (2014) en *Maytenus* citan frecuencias entre 130 a 170 vasos/mm², diámetros entre

15-30 um y la presencia de vasos agrupados y múltiples constituyendo una estructura vascular con alta especialización a los ambiente áridos.

El diámetro de los vasos es variable (Figura 19). En las selvas: predominan los vasos medianos a moderadamente grandes (entre 50-100 a 100 a 200). En el CH la variabilidad es aún mayor por su un área de transición. En BAP predominan los vasos y elementos de conducción (traqueidas axiales) de dimensiones muy pequeño a pequeña (>50, 50-100). El 54 % de las maderas tienen vasos medianamente pequeños.

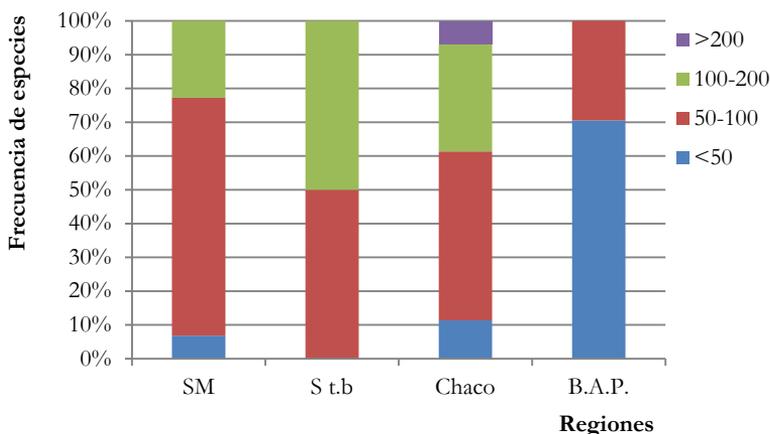


Figura 19. Distribución de diámetros de vasos por tipos y regiones

Existe alta correlación (0.78) entre el diámetro de vasos y frecuencia de vasos (Figura 20).

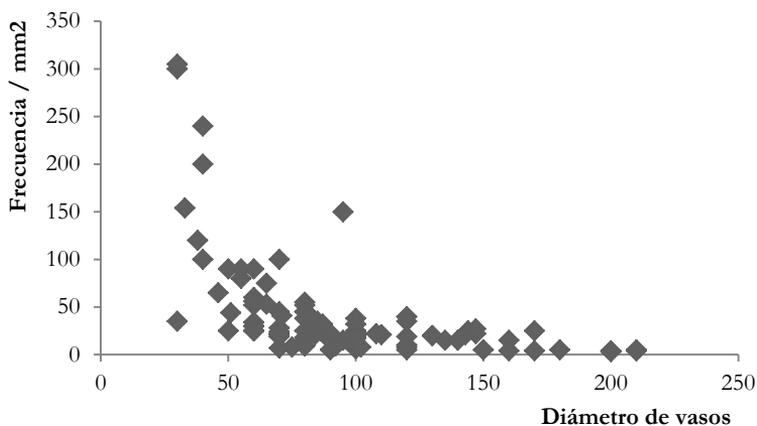


Figura 20. Relación diámetro y frecuencia de vasos

Se calcula la correlación entre IV e IM, al aumentar la vulnerabilidad, aumenta mesomorfismo (Figura 21).

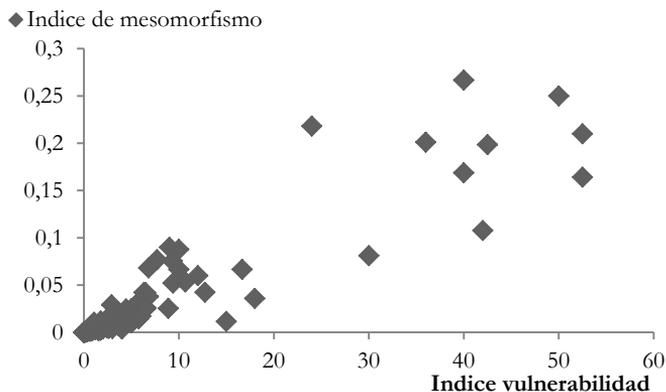


Figura 21. Índice de vulnerabilidad (IV) e Índice de Mesomorfía (IM)

Se evalúa la variable área neta de poros/mm², resultando la mayor de disponibilidad de área conductora la de BAP (Figura 22). Esto puede interpretarse que en zonas frías donde el agua se congela en el interior de los elementos de conducción durante la estación lluviosa y fría, deben agudizar las estrategias de conducción mediante estructuras de escaso diámetros, muy numerosas muy agrupadas.

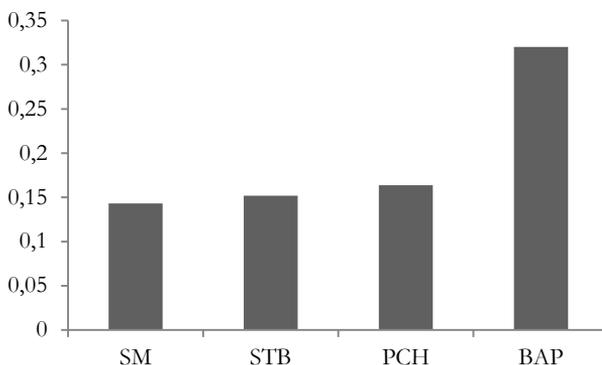


Figura 22. Área neta de poros/mm²

Este simple análisis permite concluir que: el xilema de las especies arbóreas adaptan básicamente a la carencia de agua y a las bajas temperaturas.

Wheeler *et al.* (2007), realiza un análisis de las tendencias mundiales de los caracteres anatómicos de las maderas. Los diferentes climas del planeta, condicionan la vida de las plantas, expresándose en rasgos típicos en cada una de estos climas. Para la variable diámetro de vasos, en el hemisferio norte hay predominio de los vasos pequeños a

medianos (> 50 y $50-100\mu$). En el hemisferio sud, con alto predominio de climas tropicales y subtropicales predominan los vasos medianos a moderadamente grandes ($100-200$ y <200), pero con una distribución de frecuencia repartida entre todos los tipos de vasos.

La frecuencia de vasos/ mm^2 , en el hemisferio norte hay predominio de los vasos muy numerosos (>100). En el hemisferio sud, con alto predominio de climas tropicales y subtropicales predominan los vasos medianamente numerosos ($5-20$), pero con una distribución de frecuencia repartida entre todos los tipos de frecuencia. En el mundo predominan las maderas con miembros de vasos de $300-800 \mu$. Los parámetros anatómicos del xilema, constituyen un valioso archivo para estudiar las limitaciones de crecimiento del árbol y actúa como un link entre la dendrocronología y la ecofisiología.

En definitiva, el xilema es un sistema de tejidos altamente especializado, que se acumula y expresa según los condicionantes biológicos y ambientales, resultando un extraordinario registro del pasado, que permite predecir aspectos futuros.

Referencias Bibliográficas

- Baas, P. & E. Miller, 1985. Functional and ecological Wood anatomy, some inductive comments. *LAWA Bull.* n.s. 6: 281-282.
- Baas, P. & S. Carlquist. 1985. A comparison of ecological wood anatomy of the floras of southern California and Israel. *LAWA Bull.* n.s. 8: 245-274.
- Baas, P. 1973. The wood anatomical range in *Ilex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance. *Blumea* 21: 193-258.
- Baas, P. 1976. *Some Functional and adaptive aspects of vessel member morphology*. In: Baas P., Bolton A.J. and Catling D.M. (eds), Leiden Botanical Series 3 p.157-181.
- Baas, P.; E. Werker & A. Fahn. 1983. Some ecological trends in vessel characters. *LAWA Bull.* n.s. 4: 141-159.
- Baas, P.; G. Battipaglia; V. De Micco; F. Lens and E. Wheeler. 2013. Wood Structure in Plant Biology and Ecology. *LAWA Journal* 34 (4) 509 p.
- Beeckman, H. 2016. Wood anatomy and trait based Ecology. *LAWA* 37 (2): 127-151.
- Carlquist, S. & D. Hoekman. 1985. Ecological wood anatomy of the woody southern flora. *LAWA Bull.* n.s. 6: 319-347.
- Carlquist, S. 1975. *Ecological strategies of xylem evolution*. Univ. of California Press, Berkeley.
- Carlquist, S. 1977. Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. *Amer. J. Bot.* 64: 887-896.
- Carlquist, S. 1980. Further concepts in ecological wood anatomy, with comments of recent work in wood anatomy. *Aliso* 11: 37-68.
- Chávez-Romero; D. Aguilar-Rodríguez S. y T. Terrazas. 2010. Variación anatómica en la madera de *Quercus obtusata* (Fagaceae). *Madera y bosques* 16(2): 69-87.
- De la Barrera, E. & J. L. Andrade. 2005. Challenges to plant megadiversity: how environmental physiology can help. *New Phytologist* 167: 5-8.
- Figuroa, M. E.; A. Giménez; P. Hernández; C. Gaillard y G. Lorenz. 2011. Ecología Austral. Ecoanatomía del leño de *Allenrolfea vaginata* (grises.) Kuntze (Chenopodiaceae) en ambientes salinos de Santiago del Estero. *Sociedad Argentina de Ecología* 21(3): 339-352.

- Fonti, P. y I. García-González. 2004. Suitability of chestnut earlywood vessel chronologies for ecological studies. *New Phytol.* 163: 77-86.
- Fonti, P.; G. Von Arx; I. Garcia-Gonzalez; B. Eilmann; U. Sass-Klaassen; H. Gartner and D. Eckstein. 2010. Studying global change through investigation of the plastic responses of xylem anatomy in tree rings. *New Phytologist* 185: 42-53.
- Giménez, A. M. 2000. Gradiente radial de los elementos anatómicos del leño en *Schinopsis quebracho-colorado* (Schlecht.) Barkl. et Meyer, Anacardiaceae. *Bosque* 21: 37-45.
- Giménez, A. M.; M. E. Figueroa; J. Díaz Zírpolo, B. Agüero y F. Calatayu. 2014. Anatomía del leño de *Ziziphbus mistol* griseb (Rhamnaceae). Relación albura/duramen. *Quebracho* 23 (1,2): 81-89. ISSN: 0328-0543. Facultad de Ciencias Forestales. UNSE.
- Giménez, A.; N. Ríos y J. G. Moglia. 1997. Leño y corteza de *Prosopis kuntzei* en relación a algunas magnitudes dendrométricas. *Revista de Investigaciones Agrarias, Sistemas y Recursos Forestales* 6 (1-2): 163-182.
- Giménez, A.; N. Ríos; G. Moglia y C. López. 1999. Leño y corteza de *Prosopis alba* Griseb., algarrobo blanco, en relación con algunas magnitudes dendrométricas. *Bosque* 19 (2): 53-62.
- Giménez, A.; J. Moglia; M. E. Figueroa; J. A. Díaz Zírpolo; F. Calatayu. 2014. Comparative wood anatomy of Maytenus in northwestern Argentina (South America). *Madera y Bosques* Vol. 20, núm. 2: 95-110, México.
- Giménez, A. M. 2004. Anatomía de leño y corteza de *Tabernaemontana catharinensis* A. DC (Apocinaceae). *Quebracho*. 11: 22-32.
- Giménez, A. M. 1993. Rasgos estructurales característicos del xilema secundario de las principales especies arbóreas de la región Chaqueña Seca. *Quebracho* 1: 5-14.
- Giménez, A. M.; J. G. Moglia y J. H. Femenia. 1998. Anatomía del leño y corteza de *Monttea aphylla* (Miers) Beneth et Hook, Scrophulariaceae. *Quebracho* 6: 42-62.
- Giménez, A.; P. Hernández; C. Spagarino; J. G. Moglia; N. A. Ríos. 2008. Calidad de Madera y potencialidad de crecimiento de Palo santo (*Bulnesia sarmientoii* Lorentz ex Griseb.). *Revista Científica YVYRARETA*, Universidad Nacional de Misiones ISSN: 0328-8854. Año 14, N:15. 13:55-60.
- Hacke, U (ed.). 2015. *Functional and ecological xylem anatomy*. XII.
- Hacke, U. G.; J. S. Sperry; W. T. Pockman; S. D. Davis. & K. McCulloh. 2001. Trends in wood density and structure are linked to prevention of xylem implosion by negative pressure. *Oecologia* 126: 457-461.
- León, H. y J. Williams. 2005. Anatomía ecológica del xilema secundario de un bosque seco tropical de Venezuela. *Acta Bot. Venezolana* 28 (2): 257-274.
- Lindorf, H. 1994. Eco-anatomical wood features of species from a very dry tropical forest. *LAWA J.* 15: 361-376
- Moglia, J. y C. López. 2001. Estrategia adaptativa del leño de *Aspidosperma quebracho-blanco*. *Madera y Bosques* 7(2): 13-25.
- Moglia, J. G. y A. M. Giménez. 1998. Rasgos anatómicos característicos del hidrosistema de las principales especies arbóreas de la región chaqueña argentina. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* 7 (1,2): 53-71.
- Montano-Arias, S.; S. Camargo-Ricalde y C. Perez-Olvera. 2013. Ecoanatomía de los elementos de vaso de la madera de cinco especies del género Mimoso (Leguminosae-Mimosoideae). *Bot. Science* vol.91 (1): 1-10.
- Moya, R. y M. Tomazello F. 2008. Variation in the wood anatomical structure of *Gmelina arborea* (Verbenaceae) trees at different ecological conditions in Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 56(2): 689-704.
- Roth, I. & A. M. Giménez. 1997. *Argentine Chaco forests. Dendrology, tree structure, and economic use.1- The semiarid Chaco*. Encyclopedia of plant anatomy. XIV/5. 180 p. Gerbruder-Borntraeger-Berlin-Stuttgart.

- Roth, I. & A. M. Giménez. 2006. *Argentine Chaco forests. Dendrology, tree structure, and economic use. 2- The humid Chaco*. Encyclopedia of plant anatomy. XIV/5. 204 p.
- Sidiyasa, K. & P. Baas. 1998. Ecological and systematic wood anatomy of *Alstonia* (Apocynaceae). *LAWA J.* 19: 207-229
- Tyree, M. & M.H. Zimmermann. 2002. *Xylem structure and the ascent of sap*. Ed. 2. SpringerVerlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Villagra, P. & F. Roig. 1997. Wood structure of *Prosopis alata* y *P. argentina* growing under different edaphic conditions. *LAWA J.* 18: 37-51.
- Wheeler, E.; P. Baas & S. Rodgers. 2007. Variations in dicot wood anatomy – A global analysis based on the InsideWood database. *LAWA J.* 28 (3): 229-258.
- Zanne AE.; Westoby , M.; Falster, D.; Ackerly D.; Loarie, S.; Arnold, S.; & D. Coomes. 2010. Angiosperm wood structure: Global patterns in vessel anatomy and their relation to wood density and potential conductivity. *Amer. J. Bot.* 97: 207–215.
- Zimmermann, M. H. 1983 *Xylem structure and the ascent of sap*. Springer, Berlin. *Springer*, ISBN 978-3-319-15782-5.

Ecoanatomía y diversidad de leñosas en condiciones de salinidad del suelo

Figuroa, M. E.¹ y A. M. Giménez²



1. Introducción

La salinización es un proceso de degradación del suelo, que actualmente representa una gran preocupación mundial por el acelerado incremento de la superficie de tierras afectadas por sales en todo el planeta. Los territorios más afectados en las próximas décadas serán las regiones áridas y semiáridas (Schofield & Kirkby, 2003; IUSS WRB, 2014).

Los bosques de la región semiárida Chaqueña, enfrentan hoy una multiplicidad de amenazas que ponen en riesgo su conservación. El cambio climático y la deforestación son dos de las principales causas que podrían propiciar la salinización de los suelos de las regiones boscosas (salinización secundaria) y acentuarla en las regiones naturalmente salinas (salinización primaria). En el Chaco semiárido, existen comunidades edáficas salinas, típicas para la región, que se originan por causas naturales, bajo ciertas condiciones de relieve y dinámica de sales y agua en el paisaje (Ragonese & Castiglione, 1970; Cabrera, 1976; Lorenz, 2009). Las especies leñosas de estas comunidades edáficas y del bosque nativo, en general, poseen alta tolerancia a la salinidad del suelo (Mitlöhner, 1990; Taleisnik & López, 2011). Sin embargo, es complejo predecir la magnitud de los efectos, que los cambios acelerados en las condiciones climáticas y edáficas tendrán, sobre la capacidad de respuesta de las especies.

El estrés salino genera condiciones de estrés fisiológico semejantes a las causadas por el estrés hídrico, sumado al efecto tóxico que causa el exceso de iones (Larcher, 1977). Frente a esto, las plantas de ambientes salinos, manifiestan adaptaciones anatómicas en todos sus órganos, entre otras estrategias adaptativas.

¹ Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina. E-mail: meugeniaf83@yahoo.com.ar

² Laboratorio de Anatomía de la Madera, Instituto de Silvicultura y Manejo de bosques, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina.; E-mail: amig@unse.edu.ar

En este contexto, los estudios eco-anatómicos (Figura 1) permiten analizar la estructura anatómica de los órganos vegetales, de las especies de una comunidad o de determinadas poblaciones, en relación a las condiciones del medio físico (disponibilidad de agua, temperatura, estacionalidad, altitud y distribución geográfica, etc.) (Carlquist, 1975; Baas & Carlquist, 1985; Carlquist, 1988; Giménez & Moglia, 1998.). La variabilidad en las características anatómicas puede ser explicada por la plasticidad fenotípica en respuesta a la influencia ambiental (Baas *et al.* 1983; Echeverría *et al.*, 2008), o bien por adaptaciones ecológicas, causadas por variaciones genéticas resultantes de la selección natural en el pasado (Metcalf & Chalk, 1983; Denari & Marchiori 2005; Grigore & Toma 2005; Araque & León 2006). Las especies con una amplia distribución geográfica, generalmente presentan alta plasticidad fenotípica, o una alta variabilidad genética entre los individuos, lo cual contribuye a la supervivencia y propagación de dichas especies (Bradshaw, 1965).

De este modo, la diversidad de especies vegetales de un hábitat heterogéneo, se verá condicionada por la capacidad de las mismas (y sus genotipos) de responder a la heterogeneidad ambiental, con ajustes morfológicos y fisiológicos (Figura 1).

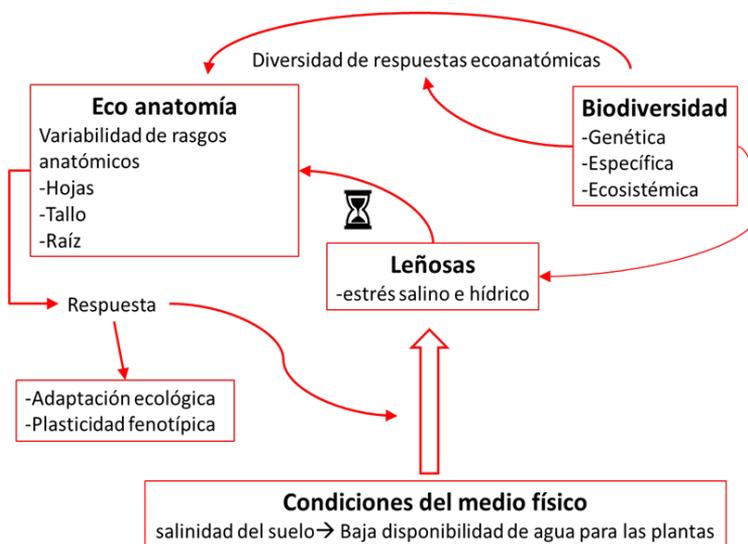


Figura 1. Esquema conceptual de la relación entre biodiversidad de leñosas (fuente de diversidad de respuestas adaptativas) y la variabilidad de rasgos anatómicos que responden a las condiciones del medio físico (objeto de estudio de la Eco anatomía).

En condiciones de estrés hídrico, como las generadas por el estrés salino, el problema principal que debe enfrentar el tallo de una planta leñosa (xilema), es la elevada presión negativa y el alto riesgo en la conducción de agua por cavitación (Lindorf, 1994). Así, es posible identificar, en la flora de una determinada región geográfica, patrones eco anatómicos del leño, xeromórficos o mesomórficos, según la disponibilidad hídrica. En las regiones tropicales, el xilema deberá estar adaptado para conducir grandes volúmenes de agua (predominio de rasgos mesomórficos), en cambio en las regiones semiáridas, como por ejemplo en las especies de la región Chaqueña, deberá asegurar la conducción de una

escasa cantidad de agua y evitar el riesgo de cavitación (predominio de rasgos xeromórficos) (Moglia & Giménez, 1998).

De esta manera la Ecología de Comunidades Vegetales, permite explicar las interacciones entre especies y con los factores abióticos, que dan estructura y permiten el funcionamiento de la comunidad. A lo largo de la evolución estas interacciones resultaron en una diversidad genética y específica que dio origen a las especies leñosas típicas de la flora de una determinada región. En este sentido, la Eco-Anatomía Vegetal, busca explicar la variabilidad en la estructura anatómica vegetal en función de la heterogeneidad de los factores ecológicos de una región.

2. Diversidad de leñosas en suelos salinos

Los ambientes salinos, son ecosistemas propicios para estudiar procesos ecológicos relacionados al desarrollo de la vida bajo condiciones del medio físico estresantes para cualquier ser viviente. El inicio de la sucesión natural en estos ambientes, tiene lugar en la formación de la costra biológica, una asociación simbiótica de microorganismos (algas, hongos, líquenes, hepáticas y briófitos), cuyo desarrollo y grado de complejidad indican la salud de un suelo salino (Belnap, *et al.*, 2003). La costra biológica favorece la germinación de las semillas, y contribuye así a la instalación de vegetación superior. Las plantas leñosas arbustivas colonizadoras, mejoran localmente las condiciones microclimáticas, las propiedades físico- químicas del suelo, y facilitan el ingreso de nuevas especies, las cuales eventualmente compiten y terminan por reemplazar a las colonizadoras.

Generalmente las especies altamente tolerantes poseen una baja capacidad competitiva frente a otras especies, quedando relegadas a los hábitats menos favorables (Barbour, 1978; Pendleton, *et al.*, 2010). De esta manera en un ecosistema salino es posible encontrar un alto grado de endemismos y especializaciones, aunque una baja riqueza taxonómica (Flowers, *et al.*, 1986; Cheeseman, 2013; Huchzermeyer & Flowers, 2013).

La salinidad posee un rol en la ecología y biogeografía, en diferentes escalas de tiempo. En escalas de tiempos geológicos, dirige en parte la fitogeografía y la especiación, con evidencias de su influencia en los patrones actuales de distribución de las plantas en escala regional en Europa central, Medio oriente, África, América y Australia (Bui, 2013). En escalas de tiempo más recientes influye en los patrones actuales de la biodiversidad y en la definición de nichos para especies invasivas tolerantes a la sal, como malezas y leñosas (por ej.: *Acacia sp.* en pastizales de Australia) (Bui, 2013).

La vegetación de ambientes salinos generalmente se distribuye según gradientes de salinidad y humedad (profundidad del agua subterránea) (Ragonese, 1951; Cabido y Zak, 1999; Ruiz Posse, *et al.*, 2006; Vogt, 2011). Las causas de la zonificación de la vegetación han sido ampliamente estudiadas y se deben tanto a la variabilidad en los factores edáficos como a relaciones interespecíficas de competencia (Moffett, *et al.*, 2010).

En la flora halófila de Argentina, cada región fitogeográfica tiene una comunidad característica y especies exclusivas (Ragonese, 1951; Carretero, 2001). En la estructura de

la vegetación dominan especies de porte arbustivo, los árboles son escasos y el estrato herbáceo pobre, con importantes superficies de suelo desnudo (Ragonese, 1951; Martín et al. 2009; Coirini, *et al.* 2010).

La vegetación de la región Chaqueña típica o climáxica se ve influenciada por la acción de los ríos, que modelan el relieve y modifican las condiciones edáficas locales (Cabrera, 1976). En estas condiciones particulares del suelo, se originan comunidades vegetales azonales o edáficas, que en el caso de suelos con acumulación excesiva de sales solubles, se desarrollan comunidades arbustivas halófitas (Cabrera, 1976).

En la provincia argentina de Santiago del Estero, existen extensas áreas de salinización natural que conforman el Distrito Halofítico (Ragonese & Castiglione, 1970). El mismo se subdivide a su vez en tres subdistritos, cada uno caracterizado por una comunidad vegetal diferente: a) Salinas Grandes de Ambargasta: cubiertos por *Allenrolfea patagonica* y *Heterostachys ritteriana* y *Cereus coryne*; b) Salado: ocupado principalmente por *Allenrolfea vaginata* y *Prosopis ruscifolia*; y c) Mar Chiquita con *Salicornia ambigua*.

En la región se realizaron estudios sobre la diversidad de leñosas en ambientes de interfluvios y llanuras aluviales entre los principales ríos de la provincia: llanura aluvial del Dulce (sitio 1-3) y del Salado (sitio 4 y 5), en el departamento Atamisqui y Salavina (Figura 2).

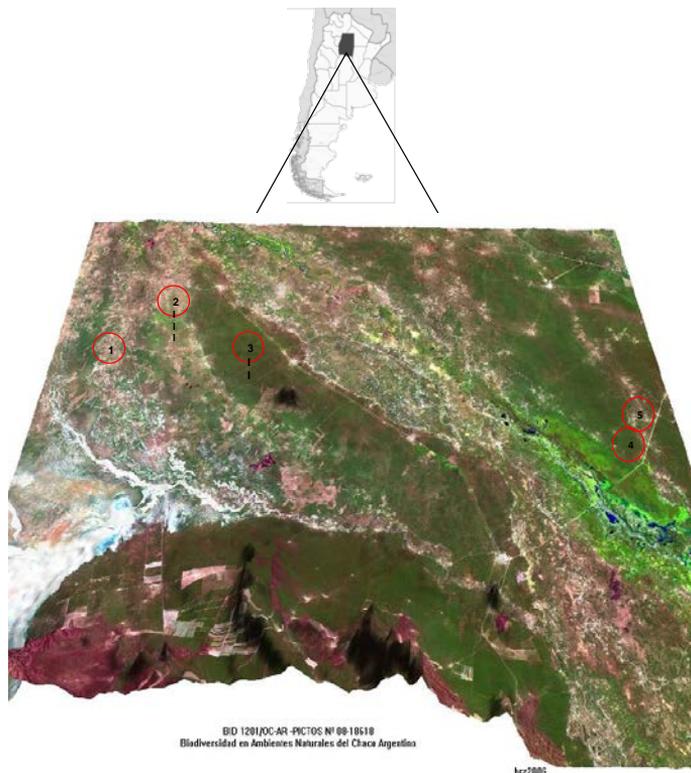


Figura 2. Ubicación de los sitios de estudio en ambientes salinos al sur de la provincia de Santiago del Estero. Dpto Loreto (sitio 2: 28° 30' 7.74", 64° 2' 59.89"), Atamisqui (sitio 1: 28° 39' 0.63", 64° 6' 40.66"; sitio 3: 28° 38' 48", 63° 49' 59") y Salavina (sitio 4 y 5: 28°49'1,76", 63° 9'41,06"). Modelo 3D para visualizar la topografía y ubicación de las unidades elaborado por Zerda (2006).

En Santiago del Estero, *Allenrolfea vaginata* (Figura 3a, b, c) es particularmente abundante donde existen extensas superficies de suelos salitrosos (Ragonese, 1951), formando parte de la comunidad *estepa de jume*. En terrenos abiertos forma matas en las que es posible observar costra biológica en sus bordes (Figura 3d). También está presente en comunidades xerófitas arbustivas y arbóreas junto a las especies típicas el bosque chaqueño. *A. vaginata* es un arbusto endémico del país, denominado localmente jume negro. Entre los usos del jume negro, y otros arbustos de hojas suculentas, citados por los pobladores, se destacan: como mordiente en el teñido de lanas, jabón de lavar, aclarante de aguas, alimento para las ovejas durante el invierno (Stramigioli, C. 2007; Giménez *et al.*, 2008; Giménez *et al.*, 2010).

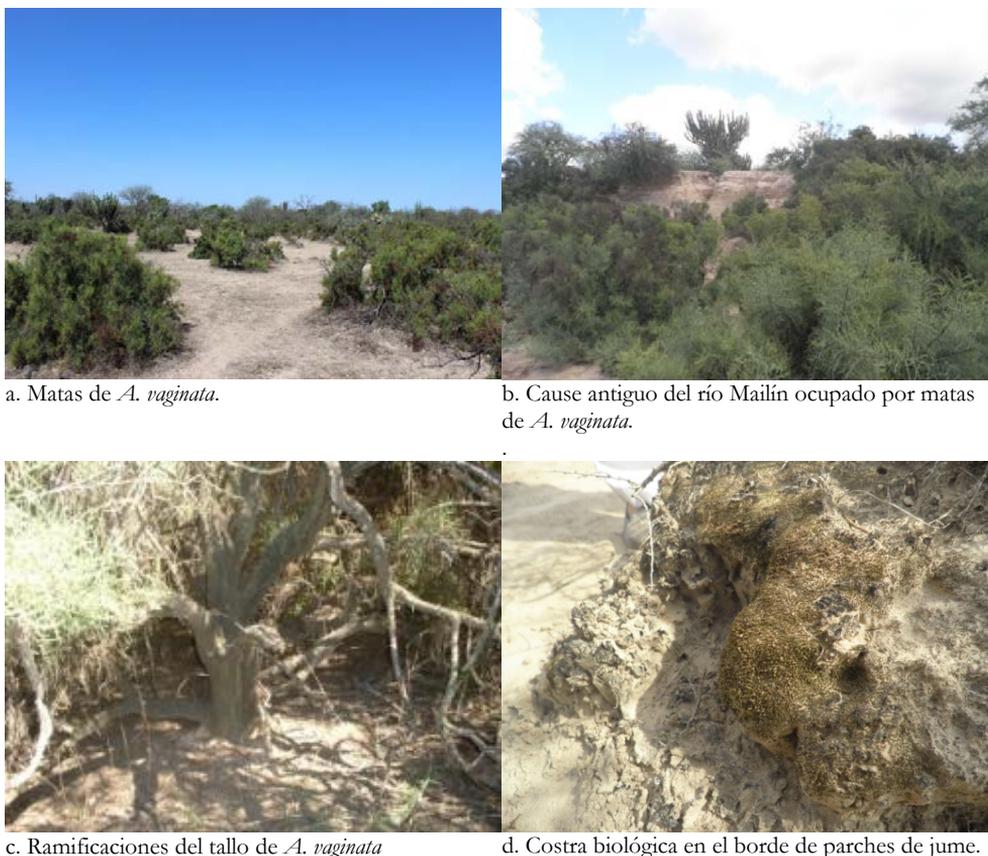


Figura 3. Matas de *Allenrolfea vaginata*.

Sobre la llanura aluvial del Dulce, los sitios 1 y 2 (Figura 4a y b), se encuentran bajo la influencia de los ríos Namby y Pinto Seco. El sitio 3, se ubica sobre una dorsal de reducida extensión, denominada dorsal Atamisqui-Los Telares, la cual es un remante de la sierra de Sumampa, que se presenta como un interfluvio positivo entre los ríos Saladillo y Dulce. El sitio 4 (Figura 4c) y 5 (Figura 4d), corresponden a la antigua llanura aluvial del río Mailín, actualmente seco, el cual es un brazo del río Salado que se unía con el río Dulce en el siglo pasado (Grosso, 2008).



a. Isla Verde. Dpto. Atamisqui

b. La Noria. Dpto. Loreto

c. Planicie inundable-Bosque xerófilo inundable. Dpto Salavina

d. Antigua llanura del río Mallín-Arbustal halófilo. Dpto Salavina

Figura 4. Ambientes de estudio ubicados al sur de Santiago del Estero, en los departamentos Atamisqui, Loreto y Salavina.

En las regiones de interfluvio se desarrollan bosques de *Aspidosperma quebracho-blanco* junto a especies de los géneros *Lycium sp.*, *Schinopsis sp.*, *Larrea sp.* y *Prosopis sp.*, en las porciones elevadas del terreno, y vegetación halófila en las depresiones (Red Agroforestal, 1999). Los ríos de la región se caracterizan su dinámica fluvial compleja, constantes divagaciones y desbordes estacionales. Tienen la particularidad de presentar en sus márgenes albardones de forma alargada y semicircular en la dirección de los cauces, cuya posición topográfica es ligeramente más alta que los interfluvios, dando un aspecto muy particular al terreno (Programa para el estudio integral del río Dulce, 1979). La dinámica fluvial genera así un paisaje heterogéneo con diferentes condiciones ambientales y micro-ambientales que a su vez condicionan la distribución espacial de la vegetación.

En la Tabla 1, se describen las características geomorfológicas y edáficas, la vegetación y los índices de riqueza y complementariedad de especies determinados para cada sitio estudiado.

Tabla 1. Características de la vegetación leñosa en ambientes salinos de interfluvio estudiados en la provincia de Santiago del Estero.

Características	Ambientes estudiados									
	Isla Verde (Dpto. Atamisqui) 1		La Noria (Dpto. Loreto) 2		Medellín (Dpto. Atamisqui) 3		Quimili Paso (Dpto. Salavina) 4		Quimili Paso (Dpto. Salavina) 5	
Comunidad vegetal	Vegetación halófila		Vegetación xerófila arbustiva sin árboles o con muy pocos		Vegetación xerófila arbórea		Vegetación xerófila arbórea		Vegetación halófila	
Riqueza de especies (Superficie muestreada)	33 (0.05 ha)		22 (0.05 ha)		36 (0.05 ha)		25 (0.09 ha)		17 (0.06 ha)	
Índice de complementariedad de especies entre sitios	0.55 (entre 1 y 2)		0.56 (entre 1 y 3)		0.68 (entre 2 y 3)		0.65 (entre 4 y 5)			
Unidad geomorfológica	Paleollanura de albardones-Bajo salitroso, llanura aluvial río Dulce		Paleollanura aluvial del río Pinto Seco, llanura aluvial río Dulce		Dorsal Atamisqui-Los Telares		Planicie inundable, llanura aluvial río Dulce		Antigua llanura aluvial del río Mallín, llanura aluvial río Salado	
Suelo	Haplic Epi Hypersalic Fluvisol (Endohyposodic, Siltic)		Haplic Endo Hypersalic Fluvisol (Siltic)		Haplic Endo Hypersalic Solonchak (Endohyposodic, Siltic)		Haplic Solonchak (Siltic, hypersalic)		Fluvisol Solonchak (Siltic)	
Horizontes (cm)	pH	CE (dS/m)	pH	CE (dS/m)	pH	CE (dS/m)	pH	CE (dS/m)	pH	CE (dS/m)
0-20	6.59	22.61	7.9	3.27	6.26	14.45	7.72	13.01	8.67	33.64
20-50	7.79	29.12	8.06	14.04	7.98	20.66	8.09	27.92	8.55	45.74

El ambiente que mayor salinidad presentó, en el espacio de enraizamiento (primeros 50 cm dentro del perfil del suelo), fue el de la antigua llanura aluvial del río Mallín, en el Dpto. Salavina. Este sitio fue el de menor riqueza específica de leñosas (17 especies). El ambiente con mayor riqueza de especies fue el ubicado en una posición topográfica más elevada respecto al entorno (sitio 3, sobre dorsal), con vegetación xerófila arbórea. La complementariedad de especies entre sitios (diversidad beta), fue mayor al 50 %, en todos los casos, y fue mayor entre la vegetación xerófila arbórea y la vegetación halófila.

Estructura de la vegetación

En cuanto a la estructura de la vegetación se diferencian tres tipos:

Vegetación halófila se estructura en *parches* vegetados sobre una matriz de suelo desnudo o suelo entre parches (sitio 1 y 5). Se encuentran especies halófilas en los interfluvios, como *Heterostachys ritteriana*, *Atriplex argentina*, *Allenrolfea vaginata* y en los albardones los vinalares (Figura 5). También se hallan arbustos espinescentes y cactus arbóreos. La estructura de la vegetación dentro de los parches está conformada por un estrato leñoso (cobertura 70 %), herbáceo (cobertura 25 %) y de suculentas (cobertura 5 %). Las leñosas dentro del parche

se distribuyen en un estrato vertical de hasta 2 metros de altura, con *Allenrolfea vaginata* como especie dominante, un estrato medio de 0.7 metros con varias especies del género *Lycium*, y un estrato bajo, de < 0.3 metros de altura con *Prosopis reptans* y *Lippia salsa*. La comunidad halófila de la llanura aluvial del río Mailín (sitio 5) fue más empobrecida en especies (17 especies) y el suelo presentó mayor salinidad y alcalinidad en el espacio de enraizamiento, que la vegetación del sitio 1, si bien la composición de especies dominantes no varió. Esta diferencia puede deberse a una mayor presión ambiental y degradación del suelo en el primer caso.

La *vegetación xerófila arbustiva* (sitio 2), presenta un arbustal con individuos arbóreos aislados de *Prosopis ruscifolia*, *Ziziphus mistol* y *Aspidosperma quebracho blanco* y en los interfluvios deprimidos, existe vegetación halófila (jumeales). El suelo de este sitio fue el de menor salinidad.

La *vegetación xerófila arbórea* corresponde a un quebrachal con cobertura discontinua (sitio 3 y 4). En las abras del monte, donde los suelos son más bajos y salinos, aparecen matas de *Allenrolfea vaginata* de gran altura y desarrollo, encontrándose algunos ejemplares de hasta 3 metros de altura y de 30 cm de diámetro, junto a matas de *Suaeda divaricata* y otras halófitas (sitio 3). El resto del área más elevada está cubierta por quebrachales y otras especies xerófilas típicas de la región. En la vegetación del sitio 4, la altura media del dosel varía entre 7 y 10 metros y del estrato arbustivo entre 2 y 3 metros. Las principales especies del dosel *Schinopsis lorentzii* y *Aspidosperma quebracho- blanco* son las más densas. Las especies del estrato secundario de árboles son *Prosopis nigra*, *Ziziphus mistol* y *Acacia praecox*. En el estrato arbustivo, *Celtis pallida* es la más densa acompañada por *Capparis atamisquea* y *Maytenus vitis-idaea*. *Cyclolepis genistoides* es la halófila más densa, seguida por *Lycium boerhaviifolium ex Grabowskia duplicata*, *Grahamia bracteata* y *Lycium atbium*. Además de estas especies frecuentes, se destaca la presencia de *Tabebuia nodosa*, una especie arbórea rara con escasos individuos (Figura 6e).

Las tres estructuras de vegetación descriptas responden a las condiciones edáficas y de relieve. En las depresiones y con suelos extremadamente salinos se desarrolló una vegetación de estructura abierta, baja, dominada por especies de hábito arbustivo y sub-arbustivo, adaptadas a la salinidad, con una riqueza que varió entre 17 y 33 especies. En la posición más elevada del relieve, aún con un suelo salino pero que permite una estructura de la vegetación más compleja, con un mayor número de estratos: arbustivo alto y arbóreo; la riqueza de especies se incrementó, entre 25 y 36; en la composición de especies se encontraron tanto xerófilas como xerohalófitas. Luego, en un ambiente de transición entre las estructuras anteriores, con un suelo de menor salinidad, se encontró un arbustal xerófilo dominado por especies de porte arbustivo y algunos árboles típicos del Chaco seco.



a. *Heterostachys ritteriana*



b. Matas de *L. athium*.



c. *Prosopis reptans*



d. *Prosopis ruscifolia*



e. *Suaeda divaricata*



f. *Grabamnia bracteata*

Figura 5. Especies leñosas en los ambientes estudiados con mayor salinidad.



a. *Maytenus vitis-idaea*

b. *Aspidosperma quebracho-blanco*



c. *Prosopis nigra*

d. *Geoffroea decorticans*



e. *Tabebuia nodosa*

Figura 6. Fotografías de las especies más características de los ambientes estudiados.

Los cinco sitios estudiados poseen importantes cantidades de sales solubles en el perfil del suelo. La mayor o menor concentración de sales depende, entre otros factores, de su ubicación topográfica y de la influencia del ambiente fluvial en el que están insertos. La riqueza y composición de especies varió entre los sitios, sin embargo la estructura de la vegetación fue el atributo que mejor expresó las diferencias entre los sitios. Por lo tanto el manejo de ambientes con suelos salinos debe contemplar que un cambio en la estructura de la vegetación podría tener consecuencias negativas en las condiciones edáficas y en la diversidad de especies.

3. Eco anatomía vegetal en suelos salinos

Los ambientes salinos, originados por procesos naturales, poseen características únicas y representan un desafío para el desarrollo humano. Estos ambientes son comunes en climas áridos y semiáridos, donde la evaporación es superior a las precipitaciones, las lluvias son irregulares e insuficientes para lavar las sales solubles del suelo, todo lo cual puede llevar a una acumulación de las mismas en las partes bajas del relieve (Larcher 1977; Coirini *et al.* 2010). Este proceso se ve acentuado con el avance de la deforestación y degradación del suelo (Schofield & Kirkby, 2003; Grigori *et al.*, 2010).

La principal característica es que se trata de ambientes extremos y limitantes para la vida, tanto para la mayoría de las especies vegetales como para las poblaciones humanas, por su limitada capacidad de uso del suelo (Taleisnik & López, 2011; Lorenz 2009; Coirini *et al.* 2010). La interacción entre las especies y su medio físico da como resultado un ecosistema en frágil equilibrio, con características únicas que se expresan en la flora típica que compone estos ambientes (singularidad, endemismo y rareza). Así, las especies vegetales han desarrollado a lo largo de la evolución, complejos mecanismos de adaptación que involucran todo el ciclo de vida.

La tolerancia a la sal es la capacidad de las plantas para crecer y completar su ciclo de vida en un sustrato que contiene altas concentraciones de sal soluble (Parida & Das, 2005). Para contrarrestar el estrés, las plantas tolerantes a estas condiciones, han desarrollado mecanismos que les permiten sortear la sequía fisiológica y los efectos tóxicos del exceso de iones (Taleisnik & López 2011). El estrés físico, puede inducir modificaciones fenotípicas en los individuos aumentando su tolerancia a hábitats extremos (Gianoli 2004; Echeverría *et al.*, 2008).

En este sentido, las características anatómicas de la madera, pueden presentar gran plasticidad fenotípica en respuesta a cambios micro-ambientales (Baas *et al.*, 1983). Las características anatómicas de los elementos conductores del tallo pueden variar incluso dentro de una misma población, en función de las condiciones del sitio donde crecen los individuos (Araque & León 2006). En condiciones de estrés salino, el tallo (xilema) de una planta leñosa, debe conducir agua hacia las hojas soportando una elevada presión negativa, y con un alto riesgo en la conducción por cavitación (Lindorf 1994).

Las leñosas de climas semiáridos, como en las especies de la ecoregión Chaqueña, presentan un xilema xeromórfico que les permite asegurar la conducción aún en situación críticas de estrés (Moglia & Giménez 1998). En muchos estudios eco-anatómicos de la

madera de especies de áreas con marcado estrés hídrico, se ha encontrado un predominio de caracteres que contribuyen a la seguridad en la conducción como: vasos numerosos, con elementos cortos y pequeños, que los hacen más fuertes y evitan mejor los embolismos, aumento en el agrupamiento de los vasos (lo que permite continuar la conducción si algún vaso se daña), puntuaciones intervasculares pequeñas, presencia de engrosamientos espiralados, sistema de conducción subsidiario formado por traqueidas (Lindorf 1994; Moglia & Giménez 1998).

Estos rasgos han sido encontrados muy frecuentemente en algunas quenopodiáceas y halófitas leñosas, cuya una madera es marcadamente xeromórfica (Baas *et al.* 1983; Carlquist & Hockman 1985; Baas & Carlquist 1985; Grigore & Toma, 2005).

En los estudios sobre diversidad descriptos en el apartado anterior, se pudo evidenciar que entre la flora leñosa de los ambientes salinos estudiados, se destaca la quenopodiácea xerohalófito *Allenrolfea vaginata* (Figura 7) dominando en la vegetación halófito (sitios 1 y 5), y bien representada en el estrato arbustivo de la vegetación xerófito arbórea (sitio 2, 3 y 4).



a. *A. vaginata* adulto dentro del bosque.



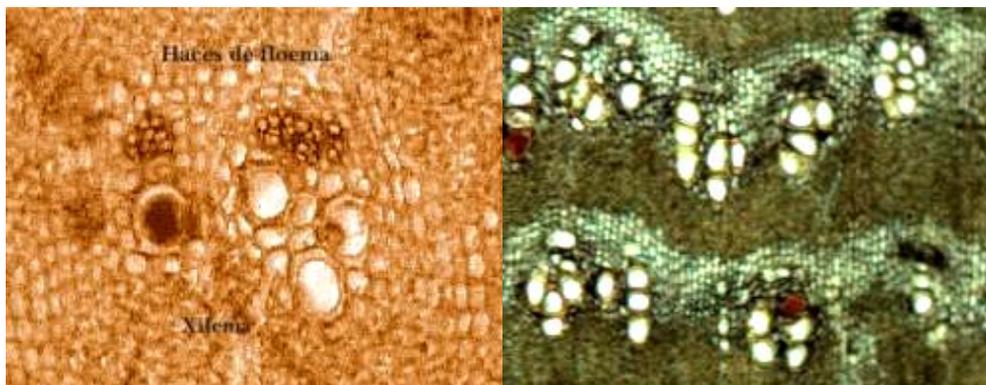
b. Muestra macroscópica de la madera de *A. vaginata*



c. Inflorescencias en tirso terminal.

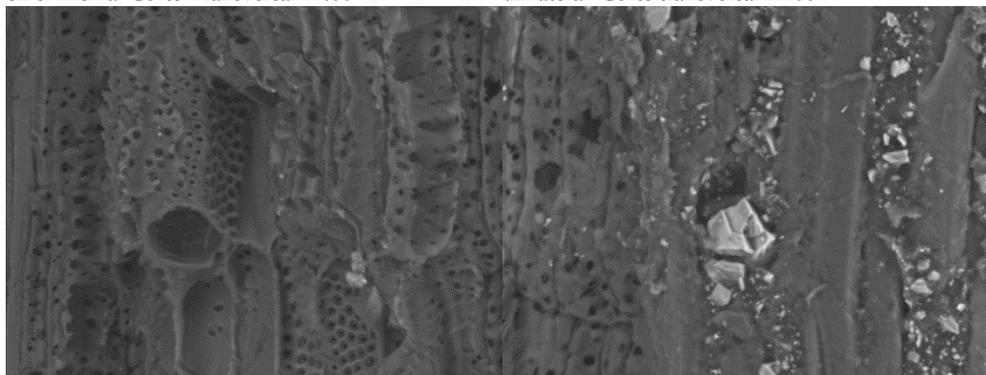
Figura 7. Aspecto general del arbusto *A. vaginata*, leño y detalle de inflorescencias.

Esta especie esta relegada a los hábitats menos favorables, con mayor salinidad del suelo, dónde es dominante, en cambio posee menos capacidad competitiva en presencia de las especies arbóreas. Sin embargo, presenta plasticidad fenotípica en su sistema conductor de agua (leño), que le permite establecerse en una amplia variedad de condiciones.



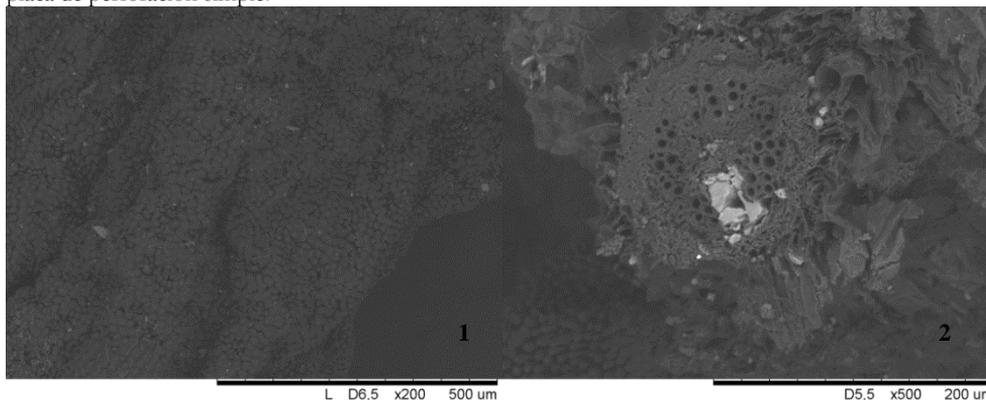
a. Cambium anómalo: haces de floema incluso en el xilema. Corte Transversal X400 A.

b. Parénquima axial paratraqueal confluyente unilateral. Corte transversal X100 A



c. Fotografía de microscopio electrónico de barrido del leño. Detalle de puntuaciones y placa de perforación simple.

d. Fotografías de microscopio electrónico de barrido del leño. Depósito de cristales.



e. Fotografías de microscopio electrónico de barrido de hoja. Depósitos de sales: 1. en la epidermis. 2. en el tejido conductor de la hoja.

Figura 8. Anatomía del leño de *A. vaginata* y detalle de depósitos cristalinos en las hojas.

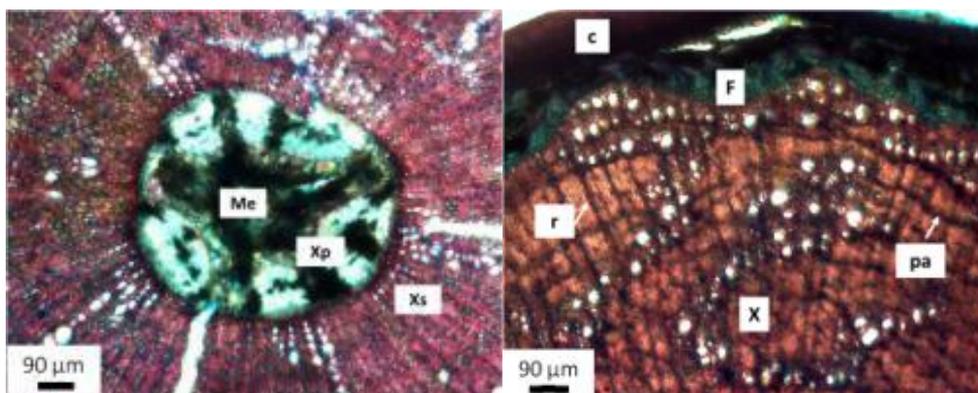
La madera de *Allenrolfea vaginata* es dura y pesada. La anatomía de su leño presenta claros signos de adaptación al ambiente. Su sistema de conducción está altamente especializado al medio con escasa disponibilidad de agua: sus vasos son muy pequeños, cortos, agregados, numerosos, con placa de perforación simple, puntuaciones intervasculares alternas y diminutas; fibrotraqueidas delgadas y cortas que colaboran subsidiariamente con los vasos (Figura 8). El tejido de sostén presenta fibrotraqueidas finas y cortas (Figuroa, 2009). Todas estas características del xilema están orientadas a la seguridad en la conducción del agua y son rasgos xeromórficos que típicamente se encuentran en las especies de las regiones semiáridas. Pero como en este caso, dichas condiciones se acentúan por la elevada salinidad del medio, tales caracteres también le permiten adaptarse a la salinidad, mostrando así plasticidad fenotípica (Figuroa *et al.*, 2011).

En el xilema y en las hojas es posible encontrar una cantidad importante de depósitos cristalinos (Figura 8d, e). Las cenizas de la madera de esta especie son ricas en sales de sodio y potasio (Ragonese, 1951), siendo la proporción de sodio a potasio aproximadamente 9 a 1 (Ladyot-Iadiza, 2006).

En los años 50 se industrializó la ceniza de jume, en Gral. Pinto (FCNGB, Sgo. del Estero) para obtener soda caustica y carbonato de calcio, industria autóctona actualmente desaparecida (Ragonese, 1951).

Nueva cita

Entre las especies leñosas halófitas relevadas, sólo en el sitio 4 y 5 se encontró una población de la especie *Lycium athium* (espinas coloradas o “khiskapuka”), no citada para la provincia (Figuroa & Giménez, 2015). Esta especie habita en suelos con elevada salinidad tanto en comunidades arbustivas halófilas como en el bosque xerófilo, en los estratos arbustivos bajos. Al igual que *A. vaginata*, el tallo presenta signos de adaptación al xerofitismo con la presencia de elementos de pequeñas dimensiones y presenta también hojas suculentas (Figura 9).



a. Detalle de la anatomía del tallo, sección transversal. Me: médula; Xp: xilema primario; Xs: xilema secundario.
 b. Distribución de los poros. pa: parénquima axial; c: corteza; r: radio; F: floema; X: xilema.

Figura 9. Fotografías de la anatomía del leño de *L. athium*.

L. atbium suele formar matas pequeñas e impenetrables por sus fuertes espinas y probablemente presenta propagación vegetativa. Según los pobladores locales sus frutos se emplean en el teñido de lanas, al igual que los de otras especies del género *Lycium* o “ichiviles” denominadas localmente (Figura 10b, c, d).



a. *L. atbium*: frutos e individuos de una mata.



b. *L. tenuispinosum* var. *friesii*.



c. *L. ciliatum*



d. *L. americanum*.

Figura 10. Especies del género *Lycium* frecuentes en los sitios salinos estudiados. a. Individuos de una mata de *L. atbium*. b. Mata de *L. tenuispinosum* var. *friesii*. c. Detalle del fruto de *L. ciliatum* y c. *L. americanum*.

4. Consideraciones finales

La tendencia mundial respecto a la flora halófitas es profundizar el conocimiento de las adaptaciones en todos los niveles y a lo largo de todo su ciclo de vida, ya que las mismas se convertirán en un valioso recurso de los ambientes salinos (forraje, biocombustible, medicinas, ornamental, alimento, recuperación de ambientes degradados) (Qasim *et al.*, 2010; Hameed & Khan, 2011; Huchzermeyer & Flowers, 2013).

Los ambientes salinos de la región chaqueña semiárida estudiados, podrán ser incorporados productivamente, en la medida en que sean considerados e investigados los múltiples usos que posee la flora xerohalófitas. En este sentido, el estudio de las respuestas ecoanatómicas, en el hidrosistema de la planta como así también en los demás órganos vegetales, significa un importante aporte que, junto a estudios genéticos y fisiológicos, permitirá evaluar globalmente la flora halófitas como recurso.

En los climas áridos y semiáridos, la salinización de los suelos es un fenómeno natural esperable, y con tendencia a acentuarse como causa de la degradación ambiental, por la inadecuada intervención humana. Este frágil ecosistema se encuentra en su límite de equilibrio sosteniéndose por delicadas e intrincadas relaciones bióticas y abióticas. La diversidad de la flora leñosa adaptada a estas condiciones, si bien no es muy rica en especies, posee mecanismos altamente evolucionados, y especializados que merecen ser estudiados en profundidad, como punto de partida para el manejo de estos sitios y su incorporación al sistema productivo de la región.

En diferentes partes del mundo, las halófitas son consideradas como recursos con valiosas potencialidades, especialmente para forraje, alimento, combustible y medicinas.

En Argentina y en la provincia de Santiago del Estero, existen vastas superficies de suelos salinos, que aún conservan un buen estado general, ya que fueron escasamente intervenidas.

En este sentido, los estudios sobre ecoanatomía de la madera y diversidad de leñosas, en sitios con influencia salina, mostraron que la composición de especies de la flora halófitas, está dominada por *Allenrolfea vaginata*, la cual a su vez presentó plasticidad fenotípica en su hidrosistema, lo cual le proporcionaría la capacidad de tolerar la heterogeneidad de ambientes con diferente grado de salinidad. Su leño presenta marcados signos de xerofitismo y de evolución orientados a la seguridad en la conducción de agua. La utilización productiva de estos ambientes y sus recursos, requiere de una base sólida de conocimientos, que involucren e integren aspectos genéticos, anatómicos, y fisiológicos de sus componentes vegetales.

Referencias Bibliográficas

- Araque, A. N. y W. J. León H. 2006. Anatomía comparada del leño de *Spondias Mombin* L. (Anacardiaceae) que crece en zonas de banco y bajo de la Reserva Forestal Caparo (Barinas, Venezuela). *Revista Forestal Venezolana* 50(1): 9-17.
- Baas, P; E Werker & A Fahn. 1983. Some ecological trends in vessel characters. *IAWA Bull.* 4(2-3): 141-160

- Baas, P & S Carlquist. 1985. A comparison of the ecological wood anatomy of the floras of Southern California and Israel. *LAWA Bull.* 6:349-353
- Barbour, M. G. 1978. Salt spray as a microenvironmental factor in the distribution of beach plants at Point Reyes, California. *Oecologia*, 32(2): 213-224
- Belnap, J.; B. Büdel & O. L. Lange. 2003. Biological soil crusts: characteristics and distribution. In *Biological soil crusts: structure, function, and management* pp. 3-30. Springer Berlin Heidelberg
- Bradshaw, A. D. 1965. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Adv Genet* 13:115-155. [Fecha de consulta: mayo de 2016]. Disponible en: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=KEbbHml7UZUC&oi=fnd&pg=PA115&dq=Bradshaw+AD+\(1965\)+Evolutionary+significance+of+phenotypic+plasticity+in+plants.+Adv+Genet+13:115%E2%80%93155&ots=T1EnY-lNYQ&sig=gTDAYaUPkdnYY7W-ONfDkMbpVws#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=KEbbHml7UZUC&oi=fnd&pg=PA115&dq=Bradshaw+AD+(1965)+Evolutionary+significance+of+phenotypic+plasticity+in+plants.+Adv+Genet+13:115%E2%80%93155&ots=T1EnY-lNYQ&sig=gTDAYaUPkdnYY7W-ONfDkMbpVws#v=onepage&q&f=false)
- Bui, E. N. 2013. Soil salinity: A neglected factor in plant ecology and biogeography. Review. *Journal of Arid Environments* 92: 14-25
- Cabido, M. y M. Zak 1999. *La vegetación del norte de Córdoba*. Córdoba: Secretaría de Agricultura, Ganadería y Rec. Renov. de Córdoba. p. 67. ISBN: 987-43-0942-3.
- Cabrera, A. 1976. *Regiones fitogeográficas argentinas. Fascículo 1. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Segunda Edición, Tomo II. Editorial ACME SACI
- Carlquist, S. 1988. *Comparative wood anatomy. Systematic, ecological and evolutionary aspect of dicotyledons wood*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York
- Carlquist, S. 1975. *Ecological strategies of xylem evolution*. Univ. Calif. Press
- Carretero, E. M. 2001. Esquema sintaxonómico de la vegetación de regiones salinas de Argentina. *Multequina* 10: 67-74
- Cheeseman, J. M. 2013. Evans Review: The integration of activity in saline environments: problems and perspectives. *Functional Plant Biology* 40(9): 759-774.
- Coirini, R.; M. Karlin; G. Reati; M. Allier y C. Ávalos. 2010. *Manejo sustentable del ecosistema Salinas Grandes, Chaco Árido*. Córdoba: Encuentro Grupo Editor.
- Denardi, L. y J. N. Marchiori. 2005. Anatomía ecológica da madeira de *Blepharocalyx Salicifolius* (H. B. K.) Berg *Ciência Florestal, Santa Maria*, 15(2): 119-127. ISSN 0103-9954
- Echeverría, M.; A. A. Scambato; A. I. Sannazzaro; S. Maiale; O. A. Ruíz y A. B. Menéndez. 2008. Phenotypic plasticity with respect to salt stress response by *Lotus glaber*: the role of its AM fungal and rhizobial symbionts. *Mycorrhiza*, 18(6-7): 317-329.
- Figueroa, M. E., y A. M. Giménez. 2015. Consideraciones ecológicas sobre una población de *Lycium athium* (Solanaceae) y ampliación de su área de distribución. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 50(1): 79-91.
- Figueroa, M. E.; A. M. Giménez; P. Hernández; C. Gaillard De Benítez y G. Lorenz. 2011. Ecoanatomía de la madera de *Allenrolfea vaginata* (Griseb.) Kuntze (Chenopodiaceae) en ambientes salinos de Santiago del Estero. *Ecología austral* 21(3): 339-352.
- Figueroa, M. E. 2009. *Ecoanatomía del Leño de Allenrolfea vaginata* (Griseb.) Kuntze (Chenopodiaceae) en Salinas de Amargasta, Santiago del Estero. Trabajo final de graduación. FCF-UNSE. Disponible en: <http://fcf.unse.edu.ar/archivos/biblioteca/Trabajo%20final%20-%20Maria%20Eugenia%20Figueroa.pdf>
- Flowers, T. J.; M. A. Hajibagheri & N. J. W. Clipson 1986. Halophytes. *The Quarterly Review of Biology*, Vol. 61, No. 3 Sep., 1986, pp. 313-337.
- Gianoli, E. 2004. Fisiología ecológica en plantas mecanismos y respuestas a estrés en los ecosistemas. Editor Hernán Marino Cabrera. Euv Valparaíso Chile. [Pp. 13-25] *Iana Bull.* 6:319-347.

- Giménez, A. M., y J. G. Moglia. 1998. Rasgos anatómicos característicos del hidrosistema de las principales especies arbóreas de la región chaqueña argentina. *Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales*, 7(1): 53-72.
- Giménez, A. M.; M. E. Figueroa; P. Hernández y M. Cejas. 2008. Jume negro (*Allenrolfea vaginata* Kuntze, Chenopodiaceae): Potencialidades de usos en la rigurosidad del ambiente salino. *Quebracho* 15: 32-36.
- Giménez, A. M.; P. Hernández; R. Gerez; M. E. Figueroa; I. Barrionuevo y F. Calatayu. 2010. Los arbustos útiles de los bosques del Chaco Semiárido. Eco Productos Forestales No Madereros. Libro de Actas.
- Grigore, M & C Toma. 2005. Contributions to the knowledge of the anatomical structure of some halophytes. (I). *St. Cerc. St., Biologie, serie noua, Univ. din Bacau*, 10:125-128.
- Grigore, M. N.; C. Toma & M. Boşcaiu. 2010. Dealing with halophytes: an old problem, the same continuous exciting challenge. Analele științifice ale Universității “Al. I. Cuza” Iași, *Biologie vegetală*, Tomul LVI, fasc. 1, s.II a.
- Grosso, J. L. 2008. *Indios muertos, negros invisibles. La identidad “santiagueña” en Argentina*. Tesis de Doctorado. Departamento de Antropología. Universidad de Brasilia. [Consultado: junio 2012]. Disponible en: http://www.naya.org.ar/tesis/Jose_Luis_Grosso/_jose_luis_grosso_1.htm.
- Hameed, A., & Khan, M. A. 2011. Halophytes: biology and economic potentials. *Karachi University Journal of Science*, 39(1), 40-44.
- Huchzermeyer, B. y T. Flowers. 2013. Putting halophytes to work—genetics, biochemistry and physiology. *Functional Plant Biology* 40(9): v-viii.
- IUSS Working Group WRB. 2014. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. *World Soil Resources Reports* No. 106. FAO, Rome
- Ladyot-Iadiza. 2006. *Allenrolfea vaginata* - Herbario Digital. Disponible en: http://www.cricyt.edu.ar/ladyot/herba_digital/fichas_especies/jume.htm
- Larcher, W. 1977. *Ecofisiología Vegetal*. Ediciones Omega.
- Lindorf, H. 1994. Eco-Anatomical wood features of species from a very dry tropical forest. *Iawa* 15:361-376.
- Lorenz, G. 2009. Ambientes salinos: las dos caras de un fenómeno regional. Pp. 255-273 en: Giannuzzo, NA y ME Ludueña (eds.). *Cambios y problemas ambientales: perspectivas para la acción* (255-273). 1a Ed.-Univ. Nacional de Santiago del Estero, 2009
- Martín, G. L. J.; M. Colombo; F. Raya y D. Fernández. 2009. *Diversidad y cobertura de la vegetación halófila de la Llanura Deprimida Salina Semiárida del Dpto. Leales, Tucumán, Argentina*. Disponible en: <http://ecaths1.s3.amazonaws.com/forrajicultura/DIVERSIDAD%20Y%20COBERTURA.pdf>
- Metcalfe, C. R. & L. Chalk. 1983. *Anatomy of the dicotyledons*. 2nd ed. Vol. 2. Wood structure and conclusion of the general introduction. Clarendon Press, Oxford.
- Mitlöhner, R. 1990. Die konkurrenz der Holzgewächse im regenrünen Trockenwald des Chaco Boreal, Paraguay. Universität Göttinger, Göttinger Beitr. Zur Land-und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen. N° 54, 177 p.
- Moffett, Kb; Da, Robinson & Sm, Gorelick. 2010. Relationship of salt marsh vegetation zonation to spatial patterns in soil moisture, salinity, and topography. *Ecosystems* 13: 1287–1302
- Parida, A. K. & A. B. Das. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and environmental safety*, 60(3): 324-349
- Pendleton, R. L.; S. D. Nelson & R. L. Rodríguez. 2010. Do Soil Factors Determine the Distribution of Spineless Hopsage *Grayia brandegeei*? Recuperado el 28 de 02 de 2012, de http://www.fs.fed.us/rm/pubs_int/int_gtr338/int_gtr338_205_209.pdf

- Programa para el estudio integral Río Dulce. 1979. *Subprograma geomorfología y evaluación de escurrimientos. Informe final. Santiago del Estero- Córdoba*. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación Argentina.
- Qasim, M., S. Gulzar; Z. K. Shinwari; I. Aziz & M. A. Khan. 2010. Traditional ethnobotanical uses of halophytes from Hub, Balochistan. *Pak. J. Bot.* 42(3): 1543-1551.
- Ragonese, A. y J. Castiglione. 1970. La vegetación del Parque Chaqueño. *Bol. Soc. Arg. Bot.* 11: 133-160
- Ragonese, A. 1951. La vegetación de la República Argentina. II.- Estudio fitosociológico de las Salinas Grandes. *Rev. Inv. Agr.* 51-2:1-233.
- Red Agroforestal. 1999. *Estudio integral de la región del parque chaqueño. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas* Préstamo BIRF, 1999, no 4085-AR;
- Ruiz Posse, E.; U. Karlin; E. Buffa; M. Karlin; C. Levra & G. Castro. 2006. *Caracterización Ambiental de las Salinas Grandes de Catamarca, Argentina*. III Congreso Iberoamericano de Ambiente y Calidad de Vida. Catamarca. Edición 2006. Publicación de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad Nacional de Catamarca, 2006, 380 p.
- Schofield, R. V. & M. J. Kirkby. 2003. Application of salinization indicators and initial development of potential global soil salinization scenario under climatic change, *Global Biogeochem. Cycles*, 173, 1078, doi:10.1029/2002GB001935.
- Stramigioli, C. 2007. *Tintes naturales. Las teleras santiagueñas*. 192 p. Buenos Aires. República Argentina.
- Taleisnik, E. y D. López. 2011. Leñosas perennes para ambientes afectados por salinidad. Una sinopsis de la contribución argentina a este tema. *Ecología Austral*, 21:3-14.
- Vogt, C. 2011. *Vegetación halófila de la cuenca del riacho Yakaré Sur, Chaco Boreal, Paraguay*. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, XXXIII Jornadas de Botánica. Suplemento pág. 212. Posadas, Misiones: Sociedad Argentina de Botánica.

Colecciones biológicas: En la construcción de una xiloteca

Giménez, A. M.¹; J. G. Moglia¹;

F. Calatayu²; M. Bolesso² y M. Sposetti³



1. Las colecciones biológicas

Las colecciones biológicas permiten documentar la enorme diversidad, la distribución de las especies en las diferentes regiones y ecosistemas de un país o territorio. Cada especie vegetal, animal o microorganismo es fuente potencial de riqueza. A partir de ellas se pueden obtener nuevas medicinas, alimentos, controladores o incluso, iniciar procesos industriales. Por ello, la biodiversidad considerada como recurso biológico y genético es una riqueza potencial, que se debe reconocer para encontrar su utilidad, aprovechamiento y transformación industrial, para convertir esta potencialidad en riqueza verdadera que aporte a la sociedad (Simmons & Muñoz-Saba, 2005).

Estas colecciones son la fuente principal de la información que se genera y difunde en diferentes formatos, como artículos científicos, libros y guías de campo, manuales, páginas de especies y otras publicaciones.

La colección es una valiosa fuente de referencia para diversos estudios en sistemática, ecología, fisiología, genética, conservación, monitoreo de cambios ambientales ocasionados por el calentamiento global, la contaminación, la fragmentación de bosques y otras perturbaciones ambientales. También contribuyen en la identificación de especies de importancia para la sociedad como las consideradas plagas en la agricultura o la industria, los vectores de enfermedades, las especies invasoras, las nativas, las exóticas, las endémicas o que están bajo algún grado de amenaza para su conservación a perpetuidad.

¹ Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina. Laboratorio de Anatomía de la Madera-INSIMA; E-mail: amig@unse.edu.ar.

² Ayudantes estudiantiles.

³- Técnica de Laboratorio del LAM.

2. Xiloteca

Una xiloteca es un local especialmente diseñado para guardar una colección de muestras de madera, ordenadas de acuerdo a un criterio particular para permitir el fácil acceso a cada una de las muestras constituyentes de la colección.

Una Xiloteca es una colección de maderas (*xylós* = madera). Pero así como una biblioteca es "algo más" que una mera colección de libros, también una xiloteca es algo más que una mera colección de maderas. Prácticamente, todos los países medianamente desarrollados, y que realmente se preocupan por su flora, cuentan al menos con una xiloteca, en donde, en mayor o menor escala, está representada tanto su propia flora como la de otras áreas del mundo.

Una xiloteca es necesaria para conocer el valor científico y económico de las maderas existentes. Al mismo tiempo, sus muestras sirven como material de estudio para la xilología, propiedades físicas y mecánicas de la madera, durabilidad y conservación. La existencia de xilotecas tiene además aplicaciones prácticas inmediatas para todos los que necesitan hacer un análisis morfológico-visual de las maderas, como es el caso de tecnólogos, personal especializado y usuarios de la madera, así como en la industria y el comercio de esta materia prima.

Por modesta que sea una colección de maderas, cada una de sus muestras es un compendio que encierra una vasta información, siendo de gran importancia en museos, escuelas y universidades, por su valor didáctico y docente. Es norma común y establecida que las xilotecas de diferentes países se intercambien muestras e información, aumentando así sus conocimientos y su colección.

Index Xylariorum

Es un relevamiento mundial que refiere a las colecciones institucionales de maderas del mundo (IAWA 1988). Este relevamiento se realiza desde 1957(1º) y posteriormente realizado editado en 1967 (2º), 1978 (3º) (Stern, 1978 y 1988).y 2010 (4º) compilado por Anna H. Lynch and Peter E. Gasson (2010).

Xilotecas del mundo

La xiloteca oficial con mayor número de muestras es la Colección Memorial Samuel James Record, de la Escuela Forestal de la Universidad de Yale, New Haven (Connecticut, EEUU) con 60.000 especímenes.

La segunda xiloteca en importancia es la del Museo Real de África Central de Tervuren, Bélgica, que en septiembre de 2004 contaba con 57.165 muestras.

La colección de madera de Royal Botanical Garden, Inglaterra (Kew xylarium) tiene su origen en la fundación del Museo de Botánica Económica de Kew en 1847 (Cornish *et al.* 2014). En el siglo XIX, los especímenes vinieron de exploradores y botánicos; de instituciones imperiales y de exposiciones internacionales. La investigación sostenida en anatomía de la madera y la creación de una colección de anatomía vegetal, datan de los

años 30. Desde entonces, la colección ha sido ampliada con el aporte de otras colecciones de madera, de las expediciones botánicas de Kew en Brasil y el sudeste asiático, ya menudo como regalos institucionales o personales de los anatomistas de madera en otros países. La llegada de Metcalfe en 1930 marcó el comienzo de un programa de investigación sostenida sobre la anatomía sistemática de la madera que continúa en Kew hasta nuestros días. En 1950 publicó un estudio en dos volúmenes, de 1.500 páginas, titulado *Anatomy of the Dicotyledons*, co-escrito por Lawrence Chalk, del Instituto Imperial Forestal de la Universidad de Oxford. La contribución más significativa de Metcalfe a las colecciones fue la creación de una colección de láminas de microscopio. Las láminas fueron preparadas en el Laboratorio Jodrell, intercambiándose muestras con otras instituciones. La colección se basa en una amplia gama de maderas entre las que se destacan colecciones de Suriname; Malasia, maderas africanas y otras. Los institutos forestales fueron otra fuente importante, incluyendo 400 maderas del Instituto Imperial de Oxford (Metcalfe, 1976).

En Latinoamérica, Brasil es uno de los países que más aporta al estudio de las maderas. Cuenta con 27 xilotecas que comprenden 69.326 muestras.

La xiloteca de la UNAM (México), ubicada en el Instituto de Biología, está integrada por unas 3600 tablillas, de 12.5 x 8 centímetros, pertenecientes a 1525 especies. Cada tablilla de madera que integra la xiloteca forma parte de una colección científica que mantiene en su acervo una gran cantidad de especies arbóreas de México. Asimismo, ofrece información sobre su estructura, propiedades físicas, químicas y mecánicas de la especie a la que corresponde. Barajas Morales, responsable de la xiloteca, destaca que es la colección más grande que existe en el país, que permite reconocer aspectos de la fisiología y ecología de las especies de los árboles de México. Para integrarla, fue necesario seguir un detallado proceso de recolección (Barajas de Morales, 2007).

La xiloteca Venezuela MERw, adscrita al Laboratorio de Anatomía de Maderas de la Universidad de Los Andes es la principal institución de su tipo en Venezuela y una de las más importantes de Latinoamérica; convirtiéndose en punto de referencia para la realización de labores de docencia, investigación y extensión (León Hernández, 2009). La colección cuenta con más de 20.000 muestras pertenecientes a cerca de 6.500 individuos correspondientes a más de 2.000 especies y 150 familias, tanto de gimnospermas como de angiospermas; no sólo de Venezuela sino de diferentes partes del mundo y que han servido para la realización de investigaciones publicadas en revistas de alcance internacional.

En Argentina

El *Index Xylariorum* (2010) indica para Argentina solo 2 colecciones de madera (Lynch & Gasson, 2010):

- Museo Argentino de Ciencias Naturales “B. Rivadavia” e Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales, (BAw), Buenos Aires, Argentina. Fundado: 1947. Colección: 940 especímenes, 220 géneros.
- Xiloteca del Herbario de la Fundación Miguel Lillo Tucumán, Argentina. Colección: 1.319 especímenes, 224 géneros del Norte de Argentina.

No obstante instituciones como universidades poseen colecciones de madera como: UNLa Plata, UNaM, Misiones; UNSE Santiago del Estero, UNPatagonia.

Proyecto INSIDE Wood

El proyecto InsideWood integra la información anatómica de la madera de la literatura y las observaciones originales en una base de datos accesible por Internet útil para la investigación y la enseñanza (Wheeler, 2011). La base de datos de InsideWood contiene breves descripciones de fósiles y dicotiledóneas leñosos modernos de más de 200 familias de plantas y se puede buscar mediante una clave interactiva de múltiples entradas. Este sitio web de anatomía de la madera tiene más de 40.000 imágenes que muestran detalles anatómicos. Las maderas de gimnospermas no están incluidas. La base de datos de InsideWood tiene 8.914 descripciones y 46.441 imágenes, 7.055 descripciones de madera moderna y 43.401 imágenes de madera moderna y 1.859 descripciones de madera fósil y 3.040 imágenes de madera fósil (Wheeler, 2011).

3. Laboratorio de Anatomía de Madera

La Facultad de Ciencias Forestales cuenta, en la cátedra de Dendrología, con el Laboratorio de Anatomía de Madera (LAM) del Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques (INSIMA) con una xiloteca.

Facultad de Ciencias Forestales UNSE

<http://fcf.unse.edu.ar/archivos/lam/index.htm>



El Laboratorio de Anatomía de Madera tiene como objeto el estudio integral de la Madera desde su estructura anatómica, con la finalidad de certificar su identidad, caracterizarla desde un nivel microscópico y macroscópico para permitir su tipificación, y su evaluación en función de la variabilidad de la madera.

El equipo del LAM realiza las siguientes actividades:

- Caracterización macro y microscópicas de maderas y cortezas forestales por su estructura.
- Identificación de maderas a través de su estructura macro-microscópica.

- Determinación de los patrones de variación radial y longitudinal, en caracteres anatómicos selectos. Variabilidad y calidad de la madera.
- Estudio y determinación de parámetros anatómicos para definir calidad de madera en especies nativas y cultivadas.
- Determinación de usos potenciales a partir de la estructura anatómica.
- Caracterización de adaptaciones anatómicas al ambiente.
- Determinación de patrones de formación de anillos de crecimiento a nivel microscópico.
- Fechado de eventos - Edad de los árboles
- Estudio de crecimiento de árboles individuales mediante análisis epidométrico
- Relación entre el crecimiento arbóreo y factores climáticos
- Fechado de Incendios- Caracterización de Daños producidos en el leño-
- Caracterización dendrológica de especies arbóreas.
- Claves para identificar a campo los árboles de una zona aplicando el método de Holdridge por caracteres vegetativos. (Énfasis en las hojas y Corteza)

El laboratorio cuenta con lo siguiente:

- Micrófono de carro móvil Leitz.
- Micrófono de congelamiento Leica 1400.
- Equipo fotográfico Zeiss con accesorios para microfotografías.
- Microscopio Zeiss con video cámara.
- Lupas estereoscópicas.
- Microscopios estereoscópicos.
- Máquina cuenta anillo- Aniol.
- Programa de medición de anillos CATRAS.
- Programa de análisis epidométrico AE.
- Afilador automático de cuchillas Reitche Young, Rotosharp 2.
- Instrumental de medición forestal: forcípulas, cintas, vara de altura, relascopio, clinómetro.
- Equipos de computación- Plotter-
- Equipo de Mediciones Forestales.
- Vehículo del Instituto.
- Biblioteca Especializada
- Instalaciones generales de la Universidad

Instalaciones del LAM





Construyendo una Xiloteca

Entre los objetivos del LAM está organizar y catalogar los especímenes de la colección de maderas que desde los años 70 se viene gestando. Numerosos viajes de recolección de material realizados por la cátedra de Dendrología, permitieron contar con un interesante acervo.

Además intercambio de material fue realizado especialmente con la UFPR (Curitiba, Brasil); UPM (Madrid, España); Universidad La Molina, Perú, Universidad Austral y la Universidad de Misiones, entre otras. Constantemente se están incorporando muestras a nuestra colección.

El proceso de trabajo llevo años en el cual tuvimos que buscar el material, cortar, lijar, identificar, clasificar y rotular. A cada muestra se asigna un código alfanumérico para su identificación. Las tablillas de madera están estandarizadas a las siguientes dimensiones: 10x15 cm.



Se destaca que no todas las muestras tienen el tamaño estandarizado, ya que no siempre se puede conseguir el mismo.

A manera de ejemplo se indica un ejemplar de la xiloteca con muestra macro y microscópica.

La Xiloteca de la FCF UNSE, cuenta con la colaboración permanente de los ayudantes estudiantiles Federico Calatayu y Melina Bolesso y la técnica Mirta Sposetti.

Ejemplo de la Xiloteca virtual

<p>Nombre Científico: <i>Schinopsis lorentzii</i> Nombre Vulgar: Quebracho colorado Familia: Anacardiáceas Código: A0201</p>	
---	--

Microxiloteca:

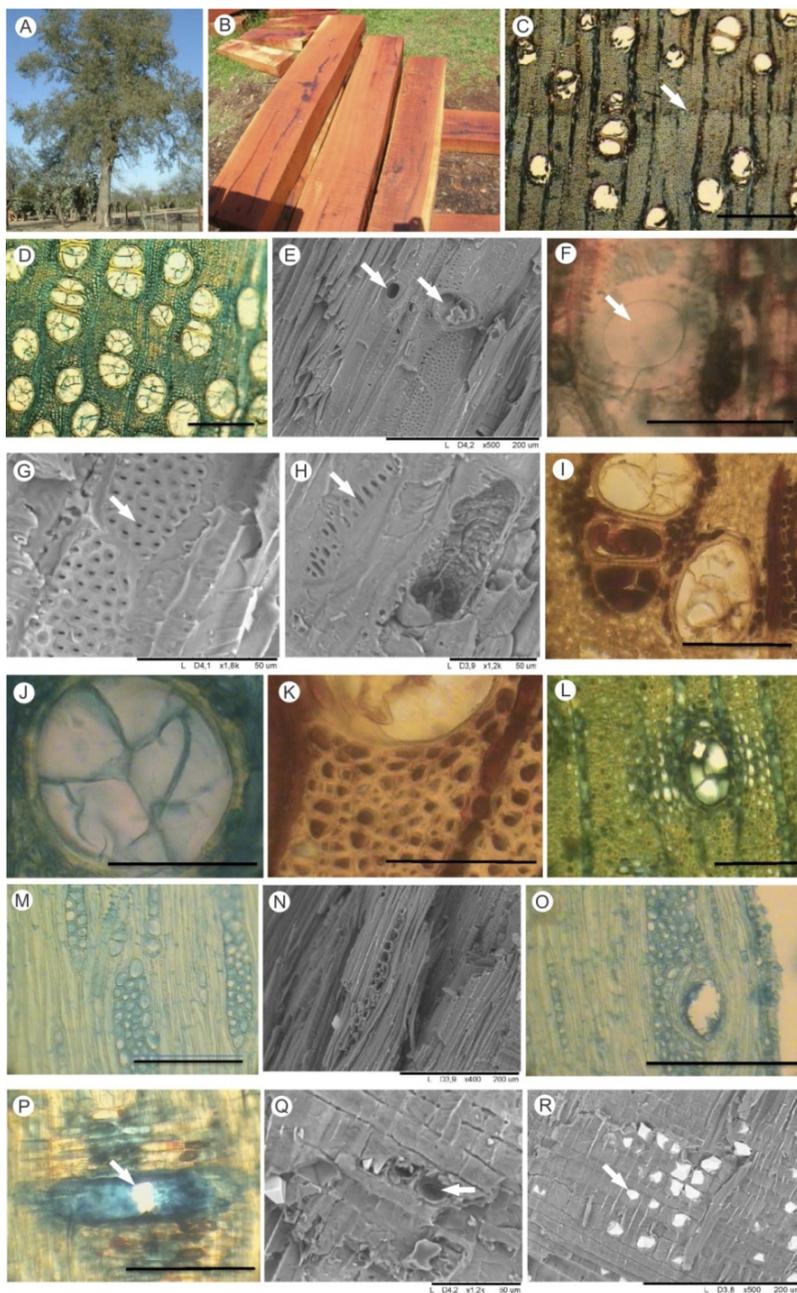


Figura 1. *S. lorentzii*. **A** Aspecto del árbol **B**: Vigas de madera. **C**: Definición del anillo de crecimiento. **D**: Leño con porosidad difusa. **E-F**: Miembros de vaso con placa de perforación simple. **G**: Puntuaciones intervasculares alternas. **H**: Puntuaciones radiovasculares escalariformes. **I-J**: Vasos del duramen ocluidos por tilosis y tanino. **K**: Fibra libriforme con tanino en el lumen. **L**: Parénquima axial paratraqueal vasicéntrico. **M-N**: Radios leñosos bi y triseriados. **O**: Radio con canal secretor de tanino. **P**: Radio con canal en sección radial. **Q**: Radio con tanino cristalizado. **R**: Cristales en células del parénquima radial.

Nota: la regla de las fotografías con microscopio óptico equivale a 100um.

Referencias Bibliográficas

- Baraja de Morales, J. 2007. Xiloteca de la UNAM. Una colección que describe las maderas de México. Dirección General de Divulgación de la Ciencia – UNAM. Disponible en: <http://132.248.9.9/libroe_2007/revistas/faro/no.67/paginaelfaro67_8_9.pdf>
- Cornish, C., Gasson, P. & Nesbitt, M. (2014). The wood collection (xylarium) of the Royal Botanic Gardens, Kew. *LAWA Journal* 35: 85–104.
- León Hernández, W. J. 2015. 50 Años de la Xiloteca MERw, Patrimonio Científico de Venezuela (1959-2009). *Revista Pittieria*, [S.l.] n. 33, p. 111-120. Disponible en: <<http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/pittieria/article/view/6679/6490>>. Fecha de acceso: dic. 2016.
- Lynch, A.H. & Gasson, P. E. 2010. *Index Xylariorum - Edition 4*. Royal Botanic Gardens, Kew. Available online
- Metcalf, C. R. (1976). History of the Jodrell Laboratory as a centre for systematic botany. In: P. Baas, A.J. Bolton & D.M. Catling (eds), *Wood Structure in Biological and Technological Research: 1-19*. Leiden Botanical Series 3. Leiden University Press.
- Simmons, J. E. y Y. Muñoz-Saba. 2005. *Cuidado, manejo y conservación de las colecciones biológicas*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 288 pp.
- Stern, W. L. 1978. Index xylariorum. Institutional wood collections of the world. 2. *Taxon*, 233-269.
- Stern, W. L. 1988. Index Xylariorum. Institutional Wood Collections of the World. 3. *LAWA Journal*, 9(3), 203-252.
- Wheeler, E. A. 2011. Inside Wood. A web resource for hardwood anatomy. *LAWA Journal*, 32 (2), 199-211

Parte III:

PROPUESTAS PRODUCTIVAS

El dilema de los bosques

¿Cuáles son los mejores sistemas productivos?

Ríos, N.A.¹



Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (MAyDS, 2016), un bosque nativo es un ecosistema forestal natural compuesto predominantemente por especies arbóreas nativas maduras, con diversas especies de flora y fauna asociadas, en conjunto con el medio que las rodea -suelo, subsuelo, atmósfera, clima, recursos hídricos-, conformando una trama interdependiente con características propias y múltiples funciones, que en su estado natural le otorgan al sistema una condición de equilibrio dinámico y que brinda diversos servicios ambientales a la sociedad, además de los diversos recursos naturales con posibilidad de utilización económica.

Se encuentran comprendidos en la definición tanto los bosques nativos de origen primario, donde no intervino el ser humano, como aquellos de origen secundario formados luego de un desmonte, así como aquellos resultantes de una recomposición o restauración.

Más allá de la importancia propia de los bosques nativos, los mismos brindan valiosos y fundamentales bienes y servicios ambientales, cumplen una función importante en el planeta, ya que posibilitan que las aguas lleguen limpias a los ríos y represas, son el refugio de cientos de animales, absorben y almacenan el agua, evitando inundaciones, así como el dióxido de carbono (CO₂), importante gas de efecto invernadero que potencia el cambio climático; purifican el aire y liberan el oxígeno (O₂) necesario para vivir, regulan la temperatura y la humedad generando microclimas, atemperan el viento y el ruido, producen madera y otros productos forestales no madereros como tinturas, miel, resinas, látex, fibras vegetales y medicinas, así como energía a través de la fotosíntesis, brindan espacios de descanso, recreación y belleza paisajística, conservan la diversidad biológica y fortalecen la identidad cultural y ponen a disposición directa madera y leña para uso industrial y para uso de las comunidades locales (Newton y Tejedor, 2011).

Los bosques degradados, no pueden cumplir correctamente las funciones antes descriptas.

¹ Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina. E-mail: norfol1@unse.edu.ar

Al eliminar o disminuir la cubierta arbórea se reduce la capacidad del suelo para retener nutrientes, se produce erosión y genera fenómenos como las inundaciones dado que el agua de lluvia no tiene la contención que brindan los árboles, el agua arrastra sedimentos hacia los ríos y represas. El bosque actúa como una superficie que absorbe agua en los períodos de lluvia, y luego las libera progresivamente y mitiga también las sequías. Los animales no tienen refugio y se disminuye la capacidad de suministrar madera, leña, etc.

Según la OIMT (2015), los bosques primarios degradados, son bosques primarios (u “originales”) en los que la estructura, procesos, funciones y dinámica de la cobertura boscosa inicial se han alterado más allá de la resistencia a corto plazo del ecosistema y, los bosques secundarios están compuestos por vegetación boscosa que ha vuelto a crecer en tierra donde la cobertura boscosa original fue, en su mayor parte, desmontada.

A lo largo de la historia y al amparo de los bosques evolucionaron muchos pueblos, sus culturas y conocimientos. El arraigo que muchos de esos pueblos tenían en los bosques deforestados culminó con su propia desaparición. Todavía muchos millones de personas en el mundo dependen en gran medida de los bosques para habitar, obtener alimentos y fuentes de energía, en definitiva, para subsistir. De continuar esta degradación, corren serios riesgos de extinción, no sólo enormes cantidades de especies animales y vegetales, sino también pobladores autóctonos, que aún habitan estos ecosistemas.

El bosque como ecosistema constituye una unidad equilibrada, funcional a todas las especies que habitan en él, incluso al hombre. Su destrucción, implica daños irreversibles que se harán visibles en el mediano y largo plazo, y consecuencias que afectan al ambiente en general, y no sólo al bosque como ecosistema.

Los bosques intervienen en la provisión de recursos madereros, no madereros y en bienes y servicios ambientales. Si no existieran las masas forestales, además de contribuir a desequilibrios climáticos, podría elevar el dióxido de carbono en la atmósfera, lo que traería consigo temibles efectos ambientales, estimándose como el más grave el calentamiento global del planeta, que a su vez generaría otros muchos efectos secundarios, como la pérdida de especies.

Cuando la superficie boscosa es reemplazada por cultivos se producen cambios en la dinámica de las ganancias de Carbono, provocando una pérdida de capacidad de amortiguación ante cambios ambientales y un aumento en las emisiones provocando el efecto invernadero responsable del calentamiento global.

En el año 2007, como respuesta al avance de la frontera agrícola, fundamentalmente sobre bosque nativo chaqueño, se dicta la Ley Nacional N° 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de Bosques Nativos, que contempla el Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos (OTBN).

A partir de la sanción y reglamentación de la Ley Nacional N° 26.331 de Protección de los Bosques Nativos, Argentina se ha convertido en el primer país de América Latina en otorgar recursos financieros a las provincias para que se fortalezcan institucionalmente y compensen a quienes conservan y manejan sustentablemente sus bosques nativos.

A través de esta ley y las leyes provinciales de OTBN, una superficie de aproximadamente 53 millones de hectáreas de BN del país se ordenan en tres categorías de protección (I, II y III) de mayor restricción, de mediano valor de conservación y de

menor restricción, teniendo en cuenta 10 criterios que contemplan su estado actual e importancia para el mantenimiento de la biodiversidad, control de cuencas, capacidad productiva e importancia para comunidades asociadas a su utilización, particularmente comunidades originarias o campesinos criollos.

La categoría II, (amarilla), representada por sectores de bosque nativo de mediano valor de conservación, permite el uso sustentable de bosque (no permite desmonte), pudiendo realizarse aprovechamiento que incluye producción forestal y ganadera. Esta es la categoría donde se busca balancear la producción y la conservación y es donde se producen los mayores conflictos en la interpretación de la legislación. Más allá de la legislación, en nuestros BN coexisten históricamente diferentes modalidades productivas, con la presencia en prácticamente toda su superficie de diferentes formas de ganadería de monte. En muchos casos, esta actividad representa una de las principales causas de la degradación crónica de nuestros bosques, a través del sobrepastoreo (Carranza y Ledesma, 2013).

La Región Chaqueña Semiárida es la gran reserva de recursos naturales argentinos. Por razones históricas, económicas y políticas, hoy se encuentra en una situación desfavorable y de gran deterioro ambiental.

Causas de la Deforestación

Para la conservación y el desarrollo sustentable de los bosques nativos que nos quedan, la ganadería no debería ser la mejor opción, sino el manejo forestal sostenible, los productos forestales, los productos forestales no madereros, y el turismo. Pero la realidad es otra, la política y el mercado están mandando.

Las tierras forestales degradadas son tierras donde originalmente hubo bosque el que fue sobre explotado, con una excesiva extracción de productos forestales, prácticas deficientes o nulas de manejo, incendios reiterados (por lo general intencionales), sobrepastoreo de ganado y a esto hay que agregar el avance de la agricultura.

Según el MAyDS (2016) de la Nación, se entiende por deforestación al proceso de desaparición o disminución de las superficies cubiertas por bosques y las principales causas son:

- Explotaciones madereras

La obtención de leña es la causa de deforestación en muchas zonas áridas y secas del planeta, donde esas actividades y las condiciones climáticas no permiten una regeneración arbórea sostenida.

Es común en estas regiones la quema para mantener los pastos. La deforestación para el desarrollo de pasturas y establecimiento de grandes estancias, ha sido también causa de pérdida de grandes bosques en América del Sur y Centroamérica, que alcanzó su apogeo en las últimas décadas del siglo XX.

Pero son las explotaciones madereras las que constituyen una de las causas más importantes de deforestación, que dejan un suelo desnudo, pobre y a merced de la erosión, que lo degrada paulatinamente.

Un informe realizado en el Laboratorio de Análisis Regional y Teledetección (LART) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires da cuenta que en Santiago del Estero se desmontó a tasa superiores a la del resto del planeta y cuando analizaron el período comprendido entre los años 2002 y 2012 informan que se reemplazaron cuatro millones de hectárea de bosques nativos por cultivos agrícolas y pasturas, principalmente soja. Esta transformación incrementó la producción de granos y carne, pero al mismo tiempo disminuyó la provisión de otros servicios como la regulación hídrica, el secuestro de carbono y la conservación de la biodiversidad (Camba, 2016).

- Agricultura no planificada

Los suelos del Parque Chaqueño son suelos frágiles, la fertilidad de los mismos se mantiene por la presencia de la cubierta arbórea. El avance de la frontera agropecuaria genera la tala y quema de los bosques para habilitar suelos fértiles, fertilidad que dura pocos años, en muchos casos son abandonados y se cubren de una vegetación de especies secundarias (tusca entre otras). Se buscan nuevos bosques para acondicionar, donde se repite el ciclo de tala y quema de la cubierta vegetal.

Se amplía la frontera agropecuaria, para realizar cultivos económicamente rentables sin tener en cuenta el aspecto social y ambiental.

¿Qué se debe hacer con estas áreas? La primera medida, es evaluar el papel que desempeñan estas tierras y bosques degradados en el paisaje general, o la función que podrían cumplir si fuesen correctamente restaurados y manejados.



Figura 1. Desmonte. Nada los detiene, pese a la legislación vigente. Foto de proteger.org.ar

- Técnicas no amigables con el manejo sustentable del bosque

Desde hace varios años se viene trabajando en el terreno, con sistemas que integran al árbol, el pasto y el ganado, los llamados “Sistemas Silvopastoriles”. Estos sistemas se los debe dividir en dos: ganadería en bosque de cultivo y ganadería en bosque nativo.

1. Ganadería en Bosque de cultivo

Este sistema se aplica en plantaciones de diversas especies, pinos, eucaliptos, algarrobos, etc. Se iniciaron como una forma de mantener las plantaciones libre de malezas. Cuando las plantas tienen una altura en la que el ganado no le hace daño, se introduce el ganado al interior de la misma. En la década del 70, las empresas forestales de Misiones y Santa Fe, entre otras provincias, pedían a ganaderos vecinos que larguen sus animales al interior de las plantaciones para controlar el pasto natural que crecía entre las mismas, esta conversión de pasto a kilos de carne, generaba dinero al ganadero. La empresa empezó por cobrar pastaje en un principio, y finalmente comenzó a manejar su propio ganado, para abastecer de carne a los obreros forestales que trabajaban en la misma.

Los sistemas silvopastoriles son un nuevo enfoque para la producción animal sustentable que favorece el desarrollo de los pastos, generan microclimas, mejoran los indicadores productivos y reproductivos de la ganadería, porcentaje de fertilidad que se expresa en más cría por año, porcentaje en ganancia de peso, ganancia de leche entre otros.

Las imágenes siguientes, muestran el sistema silvopastoril en plantaciones de pino. Estos árboles remanentes tienen su turno de corta final y luego comienza un nuevo ciclo con una nueva plantación.



Figura 2. Vista de ganado en una plantación de pino



Figura 3. Ganado en una plantación de pino



Figura 4. Ganado en una plantación de álamo



Figura 5. Ganado en plantación de pino

Imágenes extraídas de internet, sistemas silvopastoriles, google.

En las imágenes siguientes se muestran la combinación de algarrobo blanco (*Prosopis alba*) con pasto en un lote originalmente degradado de un productor de la zona de Sáenz Peña, provincia del Chaco.



Figura 6. Pasto en plantación de algarrobo



Figura 7. Pasto en plantación de algarrobo



Figura 8. Ganado bajo el algarrobal



Figura 9. Visitantes del sistema

Imágenes del autor

2. Ganadería en Bosque nativo

Si bien es cierto que el ganado existe en el bosque desde varios siglos atrás, también es cierto que el mismo deambula por su interior sin ningún control, se cría sin manejo, sin límites, como que todo el parque chaqueño es el corral de los mismos y se los observa en épocas de sequía cuando bajan a las represas en busca de agua.

El bosque sufre la pérdida, la rotura o el ramoneo de su principal reaseguro de perpetuidad que son los renovales de las especies presentes, a partir de esta situación ya no podemos hablar de manejo sustentable de bosque nativo, al no contar con todas las clases de edad de las especies presentes.

Las siguientes imágenes muestran el resultado de una excesiva carga de ganado, mayor y menor.



Figura 10. Estado del suelo producto de la sobrecarga



Figura 11. Otra del estado del suelo producto de la sobrecarga

Imágenes del autor

En la región chaqueña, donde se encuentra el 70 % de la superficie de los bosques nativos del país (UMSEF-SAyDS), es donde se producen los principales conflictos entre conservación y producción, a partir de la intensificación de los sistemas ganaderos, desplazados hacia zonas consideradas marginales hasta no hace mucho tiempo. Esta región es la de mayor crecimiento ganadero de las últimas décadas y donde se prevé que la actividad se seguirá expandiendo.

Actualmente las provincias chaqueñas tienen alrededor del 15 % del stock ganadero nacional (7,77 millones de cabezas), de las cuales se estima unas 3 millones de cabezas de ganadería bovina sobre bosque nativo (SENASA 2015). Alberga también alrededor de 1,5 millones de caprinos, mayoritariamente en ganadería de monte. Las principales provincias de la región: Salta, Chaco, Santiago del Estero y Formosa, tienen la expectativa de al menos duplicar la producción ganadera en los próximos años.

Como reflejo de esto, durante el período 2001-2015, la superficie de bosque nativo afectada a Planes de Manejo bajo uso silvopastoril fue de más de 1.700.000 ha, lo cual representa el 62 % del total de planes de manejo financiados por la Ley (Dirección de Bosques, MAyDS). Sin embargo, en muchos casos la producción ganadera en BN no cumple con los criterios de sustentabilidad establecidos en la Ley N° 26.331, produciendo cambios en la cobertura vegetal tan intensos y permanentes que se traducen en cambios de uso del suelo.

Para preparar el sistema silvopastoril se voltea toda o parte de la vegetación secundaria (a mano o con rolos), y hay casos que se utiliza el fuego para eliminar el material extraído a cambio de esperar su descomposición, que cuando son acordonados, se produce a partir del tercer año. El objetivo es permitir el ingreso de luz para favorecer el crecimiento de pastos, que por lo general son exóticos.

Es un sistema que se prepara para el manejo del ganado mayor y menor, con pastos y sombra y que va en desmedro del bosque nativo, hay pérdida de biodiversidad, el empleo de máquinas y herramientas rompe la vegetación, y produce daños mecánicos en las especies de mayor diámetro.

En las Figuras 12 a 17 (captadas por el autor) se observa la preparación del sistema silvopastoril, realizado a mano y con rolo, en dos propiedades cuyos propietarios fueron beneficiados por la Ley 26331.



Figura 12. Preparación del sistema con limpieza a mano



Figura 13. Preparación del sistema con limpieza a mano



Figura 14. Limpieza con rolo



Figura 15. Limpieza con rolo



Figura 16. Preparación del sistema con rolo



Figura 17. Preparación del sistema con rolo

Un año después, el área se encontró como se muestran en las Figuras 18 a 23.



Figura 18



Figura 19



Figura 20



Figura 21



Figura 22



Figura 23

Los productores ven este sistema con mucha satisfacción por lo que representa para su ganado.

Lo que se debe investigar ahora es el tipo de pasto a emplear (nativo o exótico), la carga animal basada en la oferta de comida y la rentabilidad del sistema. A esta rentabilidad habría que contrastarla con los servicios ambientales que brindaría ese bosque como tal, a estos ponerlos en valor y sacar las conclusiones.

Este es un sistema para favorecer a la ganadería y esta no le aporta nada al manejo sustentable del bosque, al contrario. En las imágenes se observan árboles en un número variable, distribuidos de manera más o menos uniforme, en un número de 100 a 120 por hectárea, es lo que quedó al eliminar el sotobosque (a pesar que es un área que hace alrededor de 30 años que no se realizan cortas) y van a servir para sombra y protección del ganado y del pasto.

Estos árboles tienen su turno biológico, lo cortarán o se morirán en pie, el bosque como tal no tiene futuro ya que no hay regeneración.

Se puede decir que este sistema es el inicio de un desmonte, encubierto y a un mediano plazo.

Las imágenes siguientes fueron tomadas en propiedades que se encuentran a la vera de la Ruta Prov. 5, Dpto. Alberdi donde se observan otras consecuencias de este sistema, que son los incendios de pastizales iniciados por lo general de manera intencional. Los árboles se queman, se secan en su gran mayoría y con el tiempo hay que eliminarlos y así se acelera el paso de un área con bosque nativo, por la aplicación de un sistema, a un área para cultivos agrícolas.



Figura 24



Figura 25



Figura 26



Figura 27

Imágenes tomadas por el autor

Son numerosos los ensayos técnicos realizados hasta la fecha para justificar este sistema en el bosque nativo como parte de un manejo sustentable. La realidad del mismo, se la observa visitando alguno de estos ensayos en el terreno o conversando con los lugareños sobre su impresión del futuro del bosque cuando se aplica este sistema.

La necesidad de detener la degradación de bosques sumada al potencial de los bosques nativos para constituirse en un factor de desarrollo para las comunidades locales, llevó a la generación de principios técnicos mínimos para la realización de planes silvopastoriles. En este contexto, se concretó en el año 2015 un modelo de gestión que articula las políticas públicas bajo el Convenio de Articulación Institucional N° 32/2015 firmado entre el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP) y la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS) de la Nación, bajo la denominación de “Principios y Lineamientos Nacionales para el Manejo de Bosques con Ganadería Integrada (MBGI)”.

Con este sistema queda claro que hay una deforestación (desmonte) a largo plazo y es el que se aplica en la actualidad apoyada por políticas de estado que tienden a aumentar el número de cabeza de ganado.

Para el manejo intensivo del ganado, a los mismos hay que confinarlos, ofrecerles comida, agua, sombra y sanidad. Se deben destinar áreas para esta actividad, cualquiera sea el nombre del sistema y otras, para manejo de bosque basado en técnicas de ordenación.

¿Qué es la ordenación?

Se trata de la ciencia que, en la conservación, cultivo y aprovechamiento de los montes, determina las reglas para obtener la máxima renta anual, dentro de cada especie, y sin que signifique el agotamiento de esta fuente de bienestar y riqueza. (RAE)

Existen otras definiciones de Ordenación de montes:

Mackay (1944) propone la siguiente: “Ordenar un monte es organizarlo conforme a las leyes económicas, sin infringir las biológicas que la investigación silvícola y epidométrico revelan”.

Davis (1966) establece que la “Ordenación de Montes es la aplicación de los métodos empresariales y de los principios técnicos forestales a la gestión de una propiedad forestal.”

Madrigal (1992) propone otra forma de definirla, al establecer que la Ordenación de Montes Arbolados implica tres aspectos:

1. **Planificación:** toma de datos mediante un inventario forestal; definición de objetivos; evaluación de alternativas y toma de decisiones.
2. **Gestión,** o ejecución de lo planificado y
3. **Control,** mediante la comparación de lo planificado con lo ejecutado.

Restauración/Recuperación

La restauración y la rehabilitación de bosques son tareas complejas y a largo plazo que requieren una planificación, una ejecución y un seguimiento cuidadosos, debe ser una política de estado. Si bien están estrechamente relacionadas, se puede hacer una distinción conceptual entre ellas (OITM, 2014).

La **restauración forestal** es devolver un bosque degradado a su estado original, esto es, restablecer la estructura, la productividad y la diversidad de las especies del bosque que en teoría estaban presentes originariamente en un lugar.

La **rehabilitación forestal** es restablecer la capacidad de unas tierras forestales degradadas para suministrar productos y servicios forestales. La rehabilitación forestal restablece la productividad original del bosque y algunas de las especies de plantas y animales, que se considera que en un principio estaban presentes en un lugar.

Tanto la restauración como la rehabilitación de bosques se llevan a cabo en lugares o en territorios en los que la pérdida de bosques ha provocado una disminución de la calidad de los servicios medioambientales. Su finalidad es fortalecer la resiliencia de zonas y paisajes forestales y por lo tanto, mantener abiertas las futuras opciones de ordenación y gestión territorial.

Entre las condiciones básicas requeridas para lograr una restauración, rehabilitación y ordenación eficaz de bosques secundarios y degradados, se incluyen las siguientes:

- Un gran apoyo y la participación de las partes interesadas locales en la planificación, ejecución y supervisión de las actividades.

- La responsabilidad y los derechos de tenencia de la tierra, deben ser claramente definidos.
- Beneficios económicos a corto plazo para los usuarios locales del bosque, los cuales deben sumarse a cualquier otro beneficio futuro potencial;
- Una comprensión cabal de las complejidades y la dinámica del ecosistema forestal y de los sistemas políticos y socioeconómicos interrelacionados;
- un análisis de la aptitud de la tierra y conocimiento y definición jurídica de las relaciones generales del uso de tierras.

En el año 2002, la SAyDS llama a concurso para la ejecución de proyectos de investigación aplicados a los recursos forestales nativos, PIARFON, y se ejecutaron cuatro en el país. Uno de ellos fue ganado por la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE), para el **Parque Chaqueño, Subregión Semiárida** titulado “*Estudio de los sistemas productivos en montes nativos explotados en el Parque Chaqueño Subregión Semiárido*”.

Los PIARFON fueron esencialmente demostradores de manejo sustentable, en el desarrollo de experiencias realizadas en cuatro regiones fitogeográficas del país, obteniendo importantes conclusiones sobre los diferentes métodos silvícolas aplicados y ajustados en cada ecosistema (Ríos, N. 2005).

Se plantearon como:

- Proyectos de investigación formulados con rigor y método científico;*
- Razonablemente representativos de las condiciones ambientales, económicas y sociales de la actividad forestal en la región;*
- A ejecutarse en predios de propiedad privada o fiscal, en los que actualmente se desarrollen actividades productivas. Excepcionalmente y por razones fundadas, podrán seleccionarse predios sin actividad productiva actual con la condición de que la misma se inicie como consecuencia de la ejecución del proyecto;*
- Diseñados a escala de producción, con extensión suficiente para permitir el aprovechamiento sustentable y a perpetuidad de la masa forestal y demás recursos físicos y biológicos del ecosistema regional;*
- Diseñados para alcanzar resultados demostrativos y reproducibles en actividades de conservación, protección, restauración, gestión y aprovechamiento de Recursos Forestales Nativos.*

El Objetivo Superior fue: *Mejorar las condiciones ambientales, económicas, sociales y culturales de cada región forestal* y el Objetivo General el de *Fortalecer el Programa Nacional de protección, restauración, conservación y manejo sustentable de los Recursos Forestales Nativos*.

El cumplimiento de estos objetivos se lograron, mediante el desarrollo de métodos de aprovechamiento de los recursos forestales nativos, que tienden al mantenimiento, incremento o recuperación de la biomasa; logro del equilibrio biológico del ecosistema vinculado a su regeneración; y provisión de bienes y servicios ambientales; que optimicen su productividad y conserven la biodiversidad, evaluando las consecuencias económico-sociales de los sistemas productivos propuestos.

Se plantearon los siguientes Objetivos Específicos:

- a. *Aportar conocimientos técnicos, científicos y económicos que contribuyan a la formulación de una política de protección, conservación, restauración y mejoramiento de los Recursos Forestales Nativos.*
- b. *Ofrecer fundamentos necesarios para elaboración del Sistema Nacional de Promoción al uso sustentable de los Recursos Forestales Nativos, a través de un régimen de incentivos.*
- c. *Establecer sistemas de prácticas técnicas y estrategias económicas de aplicación regional para el manejo sustentable en ecosistemas forestales nativos.*

Este Proyecto preveía alcanzar resultados como el de:

Una unidad productiva modelo (*Establecimiento en producción o conjunto de ellos, que pueda ser tomado como base para establecer Unidades Modelo para el Manejo Forestal Sustentable*).

El concepto de sustentabilidad y sus adjetivos derivados, debe aplicarse en función de los componentes físico-biológico, económico y social, culturales de cada región forestal.

Con dimensión territorial (*Espacio físico que permita proyectar un proceso de producción forestal sustentable*).

Una unidad productiva mensurable (*Establecimiento forestal, o conjunto de ellos, en proceso de ordenación, con una sólida base de datos que permita elaborar registros y proyectar resultados en períodos compatibles con los turnos forestales del ecosistema bajo estudio*).

Obtener pautas técnicas para el manejo sustentable (*Identificación o diseño de un cuerpo orgánico, definido y fundamentado, de prácticas técnicas e instrumentos de desarrollo y análisis económico y social, aplicables al manejo forestal sustentable en la región*) y

Definir criterios para los planes de ordenación forestal (*Diseño de Planes de Ordenación Modelo para cada región o propuestas técnicas y económicas que permitan su elaboración*).

La experiencia del PIARFON Parque Chaqueño, Subregión Chaco - Semiárido se llevó adelante entre los años 2003/2005 y se ejecutaron en predios y de pequeños productores, diseñados a escala de producción, con extensión suficiente para permitir el aprovechamiento sustentable con el fin de alcanzar resultados demostrativos y reproducibles en actividades de conservación, protección, restauración, gestión y aprovechamiento de Recursos Forestales Nativos.

En ellos se definieron:

- *Sistemas Productivos (SP) a largo plazo* (con implementación de áreas destinadas a: Clausura, Silvopastoril, Pastura y Manejo de vinalares).
- *Sistemas Productivos (SP) a corto plazo* (con implementación de áreas destinadas a: producción apícola, curtiembre, producción de harina de vainas de prosopis y Vivero para la producción de especies nativas y arbustos comestibles para el ganado).

Luego de 18 meses de un trabajo intenso, participativo y multidisciplinario (41 participantes entre docentes investigadores de distintas disciplinas, estudiantes, becarios y administrativos) se concluyó esta etapa con los siguientes resultados:

1. Diez demostradores instalados, ocho en la provincia de Santiago del Estero y dos en la provincia del Chaco. Un total de 141 has. El detalle en el Anexo.

2. Estudios profundos en lo ambiental, social y económico.
3. Sistemas productivos con estructuras que combinan actividades pecuarias, agrícolas y forestales, logrando diversidad de productos.
4. Desarrollo apícola en las áreas de los demostradores.
5. Inicio de actividades de manejo forestal y de conservación de la biodiversidad.
6. Evaluación del impacto ambiental, económico y social de los sistemas en aplicación
7. Conocimientos generados en el marco del proyecto para ser transferidos a la comunidad.

Se pudo validar la hipótesis planteada al lograr la incorporación de los actores sociales locales (productores individuales, asociaciones, comunidades étnicas, e instituciones educativas), la universidad y el gobierno provincial, para consolidar el aprovechamiento sustentable de los recursos del ecosistema y provocar un impacto social significativo.

Sistemas productivos a largo plazo

Se ensayaron las siguientes propuestas:

Clausura (42 has)

Las actividades en la Clausura consistieron en el cerramiento de un área mediante un alambrado, bajo la hipótesis que si al monte se lo aísla del ganado, este se recupera. Hipótesis que está comprobada a la fecha, por la gran regeneración que se observa en la misma. Esto indica, que en la mayoría de los casos no sería necesario aplicar técnicas de enriquecimiento para recuperar el monte. Se instalaron parcelas permanentes de un inventario forestal continuo, de donde se va obteniendo la información necesaria para observar la evolución del monte en el tiempo, sin perturbaciones (de ganado y humana).

Silvopastoril (57 has)

El futuro del bosque nativo depende de la ayuda que se le brinde frente al excesivo número de animales que por hectárea existe en el monte santiagueño.

Los sistemas Silvopastoriles (SSP), se los instaló con el objeto de producir alimento para el ganado (pastos), bajo la protección de los árboles.

Se conservaron los árboles y el mantillo que existe ya que son útiles para los pastos. La limpieza de los arbustos se realizó de forma manual, también se puede hacer con el empleo de pequeños rolos, la manual es conveniente para pequeñas superficies y además genera un ingreso al pequeño productor. No se debe emplear el fuego para eliminar la vegetación cortada, este material fue acordonado y al cabo de un año comenzó a

desintegrarse. Se extrajo todo el material leñoso que servía para leña de consumo familiar o para la producción de carbón, que es otra fuente de ingreso.

Finalizada la actividad de limpieza, e iniciado el período de lluvias, comienza la germinación de pasto nativo y también se generaron las condiciones para sembrar pastos exóticos. Esta última actividad no está subsidiada en la Ley 26331. No obstante, para beneficio del pequeño productor beneficiado con el subsidio, hay grandes extensiones sembradas con pastos exóticos, y las semillas de estos avanzan sobre estas áreas como consecuencia de los vientos y las aves, arraigándose en las mismas.

Por lo general, el pequeño productor, no hace un manejo adecuado del ganado, tienen muchas cabezas de ganado mayor y menor sin control. La implementación del SSP va a ir produciendo un cambio en esta cultura, deberán criar ganado de mejor calidad, en cantidad limitada por la superficie y según la oferta de alimento que posee. El avance del alambrado en la región es otro elemento que lo va obligando a este cambio.

El SSP por sí, no forma parte de las acciones a realizar para manejar de manera sustentable el monte nativo, pero sí en forma indirecta, ya que la producción de pastos mediante este sistema permite manejar el ganado que todavía deambula por el monte en busca de alimento.

Pastura (39 has)

La instalación de este SP se realizó en una porción de tierra ya desmontada y en abras existentes, situación que se encontró en la mayoría de los demostradores. En los que no había, se apeló a una parte de monte muy degradado y ralo, donde fue necesario quitar arbustos y algunos árboles muertos para la siembra de pasto. De todas maneras, esta superficie no quedó totalmente desmontada, ya que se dejaron en pie algunos individuos arbóreos en buen estado y muy espaciados.

Se preparó el terreno, con equipo mecanizado liviano o arrastrando ramas tiradas por caballos con el objetivo de romper la capa superficial del suelo.

Luego se realizó la siembra y aquí tiene mucha incidencia la lluvia, que en las áreas de los demostradores no supera los 400 mm. al año. Una vez germinado el pasto se lo dejó hasta que produzca semillas y a partir de allí quedó disponible para el ganado, ya sea manejándolos con boyeros o cortando el pasto, para evitar el pisoteo.

Manejo de vinalares

Al vinal (*Prosopis ruscifolia* Griseb) se lo encuentra en la Argentina desde Jujuy, Salta, Santiago del Estero y Formosa hasta el Norte de Córdoba y Noroeste de Santa Fe. También crece en el Paraguay, más allá del río Pilcomayo.

Esta especie fue declarada plaga nacional por decreto 85584/41, debido a su gran expansión, principalmente en la provincia de Formosa, se trató de eliminarlo con el empleo de distintos métodos químicos y mecánicos sin lograr el objetivo, dado su alto poder de regeneración. Esta situación llevó a que distintos grupos de investigadores del país comenzaran a estudiar sus características, y todos los estudios realizados demuestran

que el vinal tiene una madera con buenas aptitudes tecnológicas para parquet, tableros, enchapados, etc., además de los ya tradicionales como leña y carbón y; que sus frutos tienen un alto contenido en proteínas lo que lo hace muy útil como alimento humano, mediante la transformación de las vainas en harina y como alimento para el ganado.

El vinal, en zonas como Santos Lugares y Salavina (entre otros) ocupa grandes superficies y los lugareños usan sus frutos como alimento humano y animal, sumado a esto, las características tecnológicas que tiene su madera.

Existen numerosos estudios sobre esta especie, referidos a la evolución de magnitudes dendrométricas, la variabilidad de los anillos de crecimiento, anatomía del leño, variabilidad radial, potencialidad en Santiago del Estero y modelación del crecimiento, realizado por investigadores del Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques (INSIMA) de la Facultad de Ciencias Forestales, perteneciente a la Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina, entre otros, Ríos *et al.* (2001), Giménez *et al.* (2003, 2005a, 2005b, 2006 y 2007) y Juárez de Galíndez *et al.* (2007).

En el marco del PIARFON se instaló un ensayo en el año 2004, en una superficie de 3 has, dividida en tres partes iguales, correspondiendo cada una de ellas a un tratamiento. El objetivo fue definir el manejo de vinalares para obtener árboles con un buen porte que permitiera obtener como mínimo, una troza aserrable de 2,40 metros de largo; mejor desarrollo de copa para una buena producción de frutos (con el doble propósito de alimento humano y animal). Se probaron dos densidades de árboles (100 y 200 árboles por hectárea) que se compararon con un testigo en mediciones realizadas en dos épocas distintas en un intervalo de tres años (2004 y 2007).

De la comparación de estas mediciones se observó que existen diferencias significativas entre los tratamientos probados cuando se compara con el testigo, tanto en área basal, como en volumen de fuste y volumen total. Entre estos, tuvo mejor crecimiento en el tratamiento que deja 200 árboles por hectárea.

Este mejor crecimiento en diámetro en los tratamientos, produce un mejor desarrollo de copa de los árboles (observación visual), lo que hace suponer mayor probabilidad de una mejor fructificación. Se debe continuar con las mediciones en el tiempo para validar estos supuestos.



Figura 28. Ensayo de vinal

Figura 29. Ensayo de vinal
Imágenes del autor

La madera de vinal es muy dúctil para el torneado y otras aplicaciones, así es que en el Instituto de Tecnología de la Madera (ITM), dependiente de la FCF, se hicieron muestras de pisos, bochas para polo, patas de muebles, y cajones de abeja, aberturas y mobiliarios familiares y escolares.

Sistemas productivos a corto plazo

Se propusieron las siguientes alternativas productivas:

- Desarrollo de actividades apícolas

Se implementó la actividad apícola, con la entrega de, de 120 núcleos de abejas y el material necesario para transformarlos en familias (pisos, alzas y medias alzas, cuadros, techos, etc.) además del equipamiento necesario para la extracción de la miel (extractor, tacho desoperculador, equipo de protección, etc.).

La producción de miel generó un ingreso inmediato, el rendimiento en la zona fue de alrededor de 25 Kg. de miel por cajón/año. No todos los lugareños aceptan este sistema, fundamentalmente por el miedo a las picaduras.

Se construyeron dos salas de extracción de miel equipadas, de 50m² de superficie c/u. (Santos Lugares y Garza)



Figura 39. Sala de extracción en Santos lugares



Figura 39. Sala de extracción en Santos lugares



Figura 40. Sala de extracción en Garza



Figura 41. Interior de la sala de extracción de Garza

Imágenes del autor

Se dictaron cursos de capacitación en apicultura y se proveyó del material didáctico necesario para su realización.

- **Curtiembre**

Otra actividad en la que se capacitó fue en curtiembre artesanal de cueros de ganado menor, mayor, y de la fauna silvestre. Para tal fin se emplea alumbre, sal, cal (cuando se curte el cuero sin pelo) y la coloración de la suela se le da con tinta comercial corteza de fuste y de raíces de algunas especies nativas (ej. mistol, abre boca). Esta actividad le incorpora un importante valor agregado a los cueros, de un cuero de vaca de tamaño medio, se obtuvo en promedio 15 Kg. de suela, cueros a los que antes de esta capacitación, los vendían por kg. o por unidad a compradores circunstanciales a precios viles.

Las imágenes muestran instancias de la capacitación, la que fue realizada en la sede de la UPPSAN por un curtidor de la localidad de Los Pirpintos, Dto. Copo. Sr. Emiliano Carrizo.



Figura 42. Capacitación en curtiembre



Figura 43. Asistente a la capacitación

Imágenes del autor

- **Vivero**

Durante el desarrollo del proyecto se instaló un vivero, con mano de obra a del lugar. Estos fueron capacitados por los técnicos del proyecto, sobre la producción de plantas. Además de ser el objetivo principal del vivero, la producción de plantines de especies nativas, también se buscó concientizar a los alumnos de las escuelas y a los pobladores en el cuidado de del ambiente. La producción de plantas tenía distintos fines; arbustos forrajeros para los sistemas SSP, especies productoras de frutos (mistol, chañar, itín, algarrobos, guayacán, etc.), para arbolado de calles, de escuelas, etc. Figuras 44 a 47.



Figura 44



Figura 45



Figura 46



Figura 47

Imágenes del autor

- Harina de vainas de algarrobo y vinal

Los frutos del vinal tienen alto nivel de proteínas, fibras y minerales, según científicos de la *Universidad Nacional del Litoral (UNL)* que están estudiando cómo incorporar a la alimentación los frutos del vinal. Los incipientes estudios, demuestran que sus semillas son muy ricas en proteínas, minerales y fibra dietaria, lo que las convierte en una fuente de recursos hasta ahora desperdiciada, justamente en un lugar del país en el que la desnutrición y la pobreza alcanzan niveles preocupantes.

Con esta harina y mezclada con harina de trigo se fabrican distintos productos de panadería (galletitas, tortas, tartas y masas finas). Se dio apoyo a un grupo de mujeres de Santos Lugares que producían harina de *Prosopis*, que consistió en asesorar en la recolección de frutos, provisión de envases para los productos que elaboraban y en la comercialización de los mismos.



Figura 48. Molienda del fruto



Figura 49. Resultado de la Primera molienda



Figura 50. Tamizado de la molienda



Figura 51. Harina de algarrobo envasada

Continuando con los objetivos del PIARFON

Con subsidios obtenidos de la Ley de Bosques (Ley 26331) se está trabajando en la actualidad con Asociaciones de pequeños productores, Colegios y Pequeños Productores individuales de la provincia de Santiago del Estero, en la aplicación de los principios generados en los PIARFON. Ejemplo de ello son los Planes de Manejo que están en ejecución con la Asociación de Fomento Vecinal de Quimilí Paso, Dto. Salavina (2009); con el Colegio Secundario Papa Juan XXIII, Los Pirpintos, Dto. Copo (2010); con la Asociación Civil de Fomento Comunal Bicentenario Rincón del Valle, Dto. Copo (2010); con la Fundación Casa de La Juventud, Colegio Tovini, Puestito San Antonio, Dto. Capital (2011), entre otros.

Las tareas realizadas por los PIARFON en el país, que fueron cuatro sirvieron de base a la ley 26333 y hoy se aplican los sistemas probados en los mismos, en Planes de Manejo y Conservación.

La restauración y la rehabilitación de bosques pueden llevarse a cabo en tierras improductivas o abandonadas, en pastizales deforestados y en bosques de densidad defectiva o degradados. Los bosques se pueden restaurar y rehabilitar por medio de medidas de protección (por ejemplo, la protección contra el fuego o el pastoreo y la lucha contra la erosión), medidas para acelerar la recuperación natural (por ejemplo, por medio de la siembra directa o la plantación de plántulas en bosques primarios o secundarios

degradados), medidas para favorecer la regeneración natural (por ejemplo, mediante la eliminación de las malas hierbas en tierras degradadas y tierras agrícolas marginales) y la plantación de árboles nativos o introducidos en plantaciones de especie única o mixtas, en sistemas de producción agroforestales y como árboles fuera de los bosques.

Deberíamos preguntarnos, estamos manejando el bosque con criterio de Sustentabilidad? Lo estamos Conservando para las generaciones futuras?

Conclusiones

Basado en las investigaciones realizadas durante el desarrollo del PIARFON, y en los planes de manejo que se desarrollan actualmente mediante la Ley 26331, se puede enumerar algunas conclusiones:

- Para poder llevar adelante cualquier plan de desarrollo es imprescindible el ordenamiento territorial.
- La tenencia de la tierra de los que habitan el bosque y el derecho de propiedad, son fundamentales para la restauración, ordenación y rehabilitación de los bosques secundarios y degradados
- Dado el deterioro en que se encuentra el bosque nativo y en esa dicotomía de manejo sustentable o producción, tener en cuenta que si se pretende conservar el recurso para generaciones futuras, se debe extraer del bosque lo que el bosque crece, lo que él nos puede brindar, no lo que el hombre quiere extraer, es el viejo axioma del capital (bosque) y el interés (crecimiento), si extraemos más de lo que crece estamos disminuyendo el capital.
- El aprovechamiento del bosque tiene un límite, y lo fija él mismo y no los aserraderos y carpinterías a escala semi industrial.
- Se deben elaborar productos que incrementen el valor de lo que se puede extraer del bosque actualmente. De continuar con productos tradicionales como los durmientes, postes y leña sin un control estricto de parte de los órganos del estado, conlleva a incrementar la degradación, lo que trae como consecuencia que se expulsa paulativamente a los habitantes del bosque.
- Los sistemas productivos basados en el uso múltiple, los sistemas a corto plazo probados en los PIARFON, generan ingresos inmediatos al productor y son una alternativa para lograr la conservación de los bosques nativos.
- El componente forestal debe estar presente en cualquier sistema productivo que se intente.
- Estos sistemas productivos serán la base del desarrollo sustentable de las zonas donde se instalaron los demostradores y donde se recibe el subsidio de la Ley 26331.

- Se debe promover la forestación en el marco de la ley 25.080, con ello se recuperarán áreas degradadas, se tendrán áreas de pastura para el ganado, se tendrán fruto para alimento humano y animal además de la madera que se puede ir extrayendo.

Finalmente, *“Es difícil hablar de manejo sustentable del bosque nativo, cuando los habitantes del mismo tienen las necesidades básicas insatisfechas, además del problema de tenencia de la tierra”*.

Referencias Bibliográficas

- Adámoli, J; E. Astrada; M. Blasco; F. Florio; D. Tomasini; D. Martínez Ortiz y P. Calonge. 2001. *Evaluación económica de un modelo de uso silvopastoril de vinalares y su Adecuación como instrumento de gestión política*. 1º Congreso Rioplatense de Economía Agraria- XXXI Reunión Anual de Economía Agraria. Montevideo, Uruguay, ISSN 1666-0285.
- Camba, G. 2016. Página de divulgación científica “Sobre la Tierra”. Laboratorio de Análisis Regional y Teledetección (LART), FAUBA.
- Giménez, A. M. y J. G. Moglia. 2003. *Árboles del chaco argentino. Guía para el reconocimiento dendrológico*. Facultad de Ciencias Forestales- Universidad nacional de Santiago del Estero.
- Karlin, U. y R. Coirini. 1992. *Sistemas Agroforestales para pequeños productores de zona árida*. Proyecto Desarrollo Agroforestal GTZ .
- Karlin, U. y R. Coirini. 1992. *Propuesta de Recuperación del Recurso Forestal. Sistemas Agroforestales para pequeños productores de zona Árida*. Proyecto Desarrollo Agroforestal GTZ.
- MAyDS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación). 2016. *Deforestación*
- Morello, J.; M. Crudelli y M. Sarraceno. 1971. Los vinalares de Formosa. La colonizadora leñosa (*Prosopis ruscifolia*). *Serie Fitogeográfica INTA 11*, Bs. As.
- Newton, A. C. y N. Tejedor. 2011. *Principios y Prácticas de la Restauración del Paisaje Forestal*. UICN (Unión mundial para la naturaleza).
- OIMT, 2014. (Organización Internacional de las Maderas Tropicales) *Directrices para la Restauración, Ordenación y Rehabilitación de Bosques Tropicales Secundarios y Degradados*.
- OIMT, 2015. (Organización internacional de las maderas tropicales). *Restaurando los bosques*. En colaboración con CIFOR, FAO, UICN y WWF.
- Ríos, N. PIARFON. (2005). *Estudio de los sistemas productivos en montes nativos explotados en el Parque Chaqueño subregión Chaco semiárido*. Argentina - BIRF. 4085/AR. Banco Mundial - AR.
- SENASA. *Información de existencias bovinas para 2015: Stock estabilizado con productividad en baja*

Deforestación a diferentes escalas y análisis de degradación mediante relación del volumen de madera viva/muerta en bosques del chaco semiárido

Díaz Zírpolo, J.¹ y A. M. Giménez¹



1. Introducción

La degradación forestal se define como la reducción de la cobertura boscosa y la pérdida de carbono en los bosques remanentes, en la cual las perturbaciones humanas están asociadas a un cambio en el uso de la tierra. Mientras que la deforestación es la conversión de bosques en otras categorías de uso del suelo, con la suposición de que la vegetación forestal no se espera que vuelva a crecer de forma natural en esa zona (Hosonuma *et al.*, 2012).

La deforestación y la degradación forestal comúnmente pueden diferenciarse según causas inmediatas o directas y causas subyacentes o indirectas. Las causas directas como las actividades humanas afectan directamente a la cubierta forestal y la pérdida de carbono. Estas causas se pueden agrupar en categorías tales como la expansión de la agricultura (tanto comerciales como de subsistencia), extensión de la infraestructura y la extracción de madera. Mientras que las causas indirectas son complejas interacciones de los procesos sociales, económicos, políticos, culturales y tecnológicos que pueden ejercer su influencia a cierta distancia de los bosques que se ven afectados por ellos (Geist y Lambin, 2001; Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005; Kissinger, Herold y De Sy, 2012).

Las causas directas de la deforestación y la degradación de los bosques se analizan por separado. La agricultura comercial y de subsistencia, la minería, la extensión de la infraestructura y la expansión urbana se consideran como causas directas de la

¹ Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina. E-mail: tutizirpolo@yahoo.com.ar

deforestación; mientras que las actividades como la tala, los incendios no controlados, el pastoreo del ganado en los bosques, y la recolección de leña y producción de carbón son consideradas causantes de la degradación de los bosques (Hosonuma *et al.*, 2012).

Las causas de la deforestación y la degradación forestal se producen a cualquier escala (global a lo local) y por lo tanto las estrategias para hacer frente a dichas causas ocurrirán a cualquier escala (FAO, 2015).

La combinación de la presencia o ausencia de los agentes que conducen a la deforestación y degradación pueden indicar, qué agentes están presentes y cuáles son los más influyentes en ciertos lugares. Dichos análisis son a menudo empíricos y se basan en datos a nivel sub-nacional (en los niveles provincial o municipal), que describen las condiciones económicas, sociales y demográficas y los cambios asociados a los patrones de deforestación. Sin embargo, existen dificultades para establecer una clara relación entre las causas indirectas y los agentes de la deforestación/degradación (Angelsen, 2008). Las causas directas de la deforestación y degradación de los bosques son a menudo más fáciles de controlar y cuantificar ya que se refieren más a eventos específicos de deforestación y degradación en el suelo. Puesto que los datos para el estudio de las causas indirectas, están muchas veces relacionados a diferentes sectores y los datos requeridos, a menudo no están fácilmente disponibles.

La medición de la degradación forestal constituye una operación problemática por varias razones. En primer lugar, porque es sumamente difícil de definir; en segundo lugar, porque en todos los casos, es ardua de detectar por la mayoría de los métodos de medición puesto que se manifiesta como una forma leve de cambio en el bosque (FAO, 2015).

El monitoreo y suministro de información sólida sobre los agentes y las actividades relacionadas que conducen a la deforestación y la degradación de los bosques, proveen un flujo de datos esenciales para los países en su diseño de políticas e implementación (Herold y Skutsch, 2011).

La localización de la degradación mediante teledetección, especialmente con los sistemas más frecuentemente usados que arrojan datos de media resolución espacial, resulta dificultosa puesto que la escala en que sucede suele ser inferior al píxel. Esto quiere decir que, dada su singular naturaleza, la degradación afecta a áreas que son más pequeñas que la capacidad de detección que revelan los píxeles obtenidos por teledetección (FAO, 2015).

La mayoría de las organizaciones forestales mundiales reconocen la pérdida actual de bosque como un problema importante (Tarasofsky, 1995) que se manifiesta en la pérdida de recursos, de función ecológica (captación de carbono, función hidrológica) y la biodiversidad.

En Sudamérica, el Chaco Seco está atravesando una nueva fase de expansión e intensificación agrícola, la cual no solo está aumentando exponencialmente la producción de bienes, sino que también pone en peligro la prestación de servicios ambientales (Pruel *et al.*, 2011).

Un reciente estudio sobre la deforestación en América del Sur durante el período 1990-2005 (De Sy *et al.*, 2015) demuestra que la principal causa es la expansión de los pastizales

representando el 71,2 % de la misma, un 14 %, al aumento de la demanda de tierras de cultivo comerciales y menos del 2 %, a la infraestructura y la expansión urbana.

En Argentina, la expansión de pastizales provocó la pérdida de aproximadamente el 45 % de los bosques a lo largo del período en cuestión y la expansión de las tierras de cultivo comerciales, más del 43 % (Figura 1) (De Sy *et al.*, 2015).

Durante el acelerado proceso reciente de desmonte y habilitación de tierras para la producción de granos y carne, se están extrayendo bienes y minimizando o anulando sus servicios ecológicos sin haberse identificado, conocido y valorado adecuadamente la gran variedad de ecosistemas de bosques que son disectados, fragmentados y sus manchones reducidos, rediseñados o eliminados debido a la expansión agroproductiva (Morello y Rodríguez, 2009).

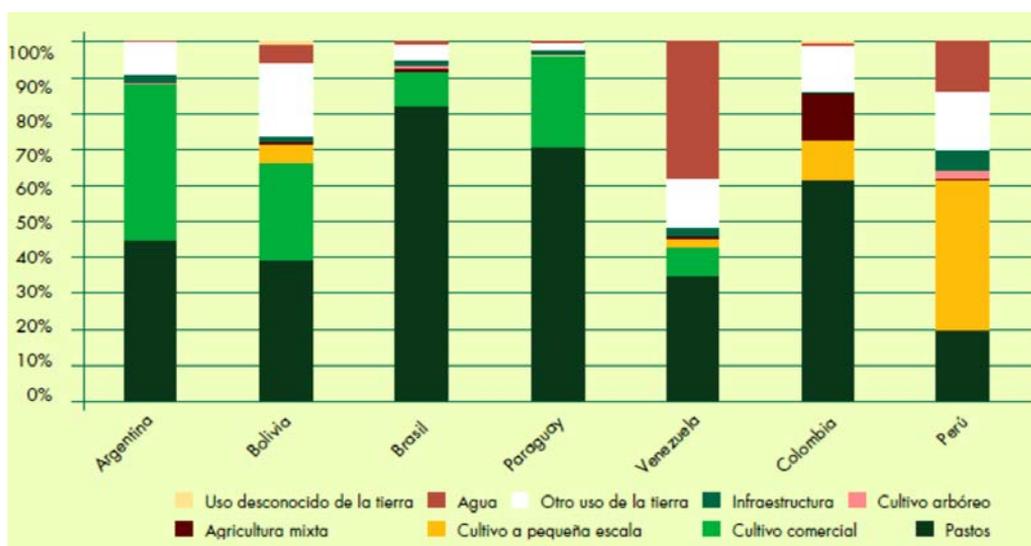


Figura 1. Proporción de deforestación debida a diversos factores en América del Sur durante el periodo 1990-2005.
Fuente: De Sy *et al.*, 2015.

En el noroeste argentino (NOA) se ha producido una expansión agrícola localizada principalmente en los bordes de los bosques xerofíticos del Chaco Semiárido (Grau *et al.*, 2005).

La vegetación típica de la región del Chaco Semiárido es el bosque xerófilo estacional que se caracteriza por presentar un estrato arbóreo con emergentes dispersos y un estrato arbustivo continuo (Morello y Adámoli, 1974). Predominan en él las especies caducifolias, de hojas pequeñas o transformadas en espinas. Las formaciones vegetales se empobrecen de Este a Oeste en estrecha relación con la disminución de las lluvias, que van de 1.200 a 500 mm anuales (Giménez y Moglia, 2003).

El período de sequedad se extiende desde el mes de Abril hasta Octubre, con meses caracterizados por una marcada amplitud entre las temperaturas diurnas y nocturnas. La

temporada de fuego dentro de la Región Chaqueña Occidental de Argentina coincide con la extensa temporada de sequedad, acompañada de vientos calientes de dirección Norte y Noreste que promueven la recurrencia de incendios (Bravo *et al.*, 2003).

En la región Chaqueña la expansión agropecuaria está asociada a la deforestación de bosques nativos, removidos a tasas que varían entre 1,5 y 2,5 % anual, valores superiores al promedio continental y mundial (0,51 y 0,2 %, respectivamente) (Volante *et al.*, 2006; FAO 2007; Gasparri *et al.*, 2008). Las provincias con mayores tasas históricas de deforestación fueron Santiago del Estero, Salta y Chaco.

Según el informe monitoreodesmonte.com.ar (2014) referido al monitoreo de desmontes de la Región Chaqueña, elaborado conjuntamente por la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (FAUBA), el IFEVA (CONICET), el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y la Red Agroforestal Chaco Argentina (Redaf), las tasas de deforestación en esta región Chaqueña se encuentran entre las más altas del mundo y están promovidas principalmente por el avance de la frontera agropecuaria. Dicho proceso ha generado importantes conflictos territoriales que incrementaron la preocupación y el interés por conservar los bienes naturales y culturales asociados a estos bosques.

Sin embargo, la gestión forestal ha evolucionado hacia una concepción más holística, buscando entre sus objetivos la conservación del ecosistema forestal en su conjunto, teniendo en cuenta que los bosques constituyen ecosistemas sumamente complejos, cuya plena comprensión aún no ha sido alcanzada por el conocimiento humano (Schwendtner *et al.*, 2005). Ante ello resulta claro que para compatibilizar la conservación con la producción, lo ideal sería desarrollar técnicas de gestión forestal que imiten la dinámica natural de los bosques (Angelstam, 1996), manteniendo los componentes principales del ecosistema.

Cuando la degradación genera claros detectables en el dosel, como ocurre en el caso de la tala selectiva o los incendios forestales, convendría utilizar métodos de monitoreo basados en percepción remota. No obstante, las mediciones en el terreno constituyen complementos importantes, especialmente cuando la degradación no causa claros en el dosel, como en el caso de la recolección de madera muerta o vegetación del sotobosque (Hardcastle *et al.*, 2008).

Se define a la madera muerta, como toda la biomasa leñosa muerta que no forma parte de la hojarasca, ya sea en pie, que yace en la superficie, las raíces muertas y los tocones de un diámetro igual o superior a 10 cm. o cualquier otro diámetro utilizado por el país (FAO, 2005).

La madera muerta, juega un papel importante en el funcionamiento de muchos de los ecosistemas terrestres, debido a que participa en aspectos claves como el flujo de energía y nutrientes, proporcionando el hábitat a diferentes macro y microorganismos, influenciando el potencial de producción de fuegos y siendo uno de los compartimientos de almacenamiento de carbono más importante de los bosques naturales (Harmon *et al.*, 1986, Chambers *et al.*, 2000, Baker *et al.*, 2007).

Un inventario forestal registra habitualmente determinadas informaciones sobre la producción maderera de los bosques y su disponibilidad, a las que se podrían añadir otros objetivos más amplios de una gestión integrada (Pelz, 1995). A razón de ello, en la

actualidad se trabaja para incluir en los inventarios forestales nuevas variables que permitan describir la biodiversidad a un nivel de percepción global. Entre las variables de interés, se proponen algunas como cantidad y dimensiones de árboles muertos en pie o caídos y su grado de descomposición (Rondeux, 2005).

Deberán integrarse también otros datos sobre los ambientes, las condiciones socioeconómicas, los tipos de recursos naturales, los riesgos potenciales de degradación, etc. Para ello, los sistemas de información geográfica constituyen una de las claves para la integración de informaciones en la escala deseada (Jeffers, 1996).

Atendiendo las nuevas tendencias mundiales de los programas de gestión forestal sostenible, los objetivos de este capítulo son:

- Evaluar los cambios de uso del suelo (deforestación) a escalas diferentes
- Analizar la degradación del bosque en función de la cobertura vegetal expresada en la relación de variables volumen de madera viva/volumen de madera muerta, como un nuevo criterio para el estudio de las superficies transformadas, especialmente cuando la degradación no causa claros en el dosel.

2. Sitios de estudio

La investigación se centra en el Distrito Chaqueño Occidental (Chaco Semiárido), esta región comprende más de 60 millones de ha. y ocupa el 22 % de la superficie continental del país, siendo la región forestal más grande.

El Chaco Semiárido Argentino abarca las provincias de Formosa, Chaco, Santiago del Estero, Salta, Tucumán, y norte de Córdoba.

Los sitios determinados para realizar el estudio corresponden a la provincia de Santiago del Estero (Argentina) (Tabla 1). Dichos sitios corresponden a predios en los cuales se están ejecutando Proyectos de Conservación y Manejo de Bosques Nativos, en el marco de la Ley Nacional N° 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos.

Tabla 1. Sitios de Santiago del Estero bajo estudio

Áreas de Estudio	Ubicación	Coordenadas geográficas
Sitio 1 (S1)	Localidad Quimilí Paso,	28° 49' 1,76" (S)
	Dpto. Salavina	63° 09' 41,06" (O)
Sitio 2 (S2)	Localidad La Fragua, Dpto.	26° 05' 40,4" (S)
	Pellegrini	64° 20' 23,8" (O)
Sitio 3 (S3)	Localidad El Caburé, Dpto.	25° 55' 29,6" (S)
	Copo	62° 26' 45,2" (O)

3. Cambios de uso de la tierra en el Chaco Semiárido bajo diferentes escalas de estudio

Con la finalidad de evaluar los cambios de uso de la tierra en las tres áreas bajo estudio (S1, S2 y S3), se utilizó la base de datos geográficos desarrollada por el sitio de internet <http://monitoreodesmonte.com.ar/>. El análisis de los cambios de uso de la tierra de los sitios de estudio se realizó bajo diferentes escalas a nivel departamental, localidad y predial.

La información cuantitativa de las superficies transformadas de bosques nativos durante el período 1976-2012, se realizó mediante escenas de imágenes satelitales Landsat. Para los años previos al 2000, se analizaron tres grandes períodos: 1976 al 1986, 1986 al 1996 y 1996 al 1999, y a partir del año 2000 se monitorearon los desmontes con una periodicidad anual (Figura 2).

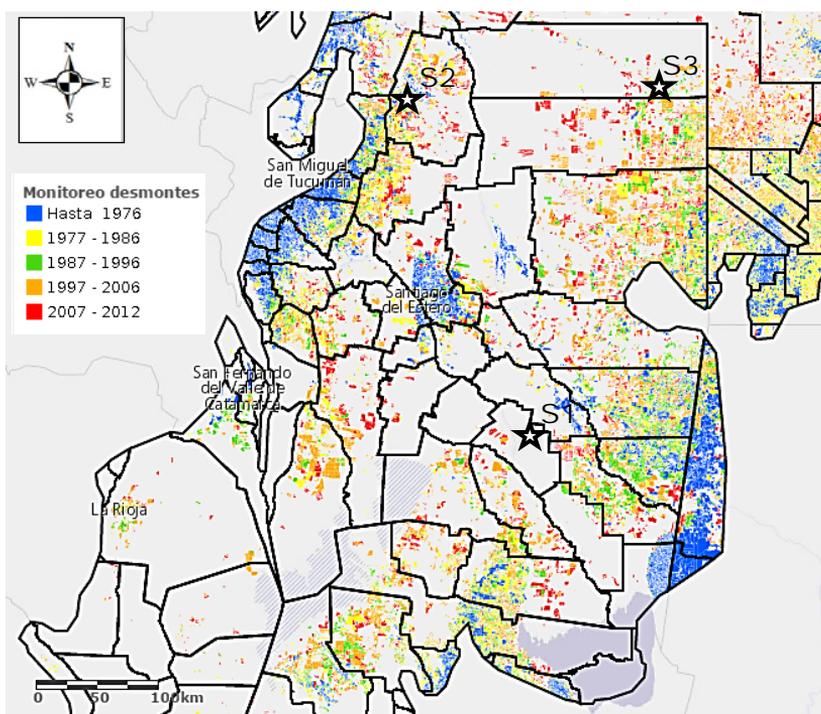


Figura 2. Distribución espacial de las áreas desmontadas en la provincia de Santiago del Estero. Las distintas tonalidades indican diferentes períodos desde 1976 hasta 2012. Fuente: <http://monitoreodesmonte.com.ar/>.

La deforestación se produce de manera heterogénea en superficie, intensidad y período. Las áreas en la provincia con mayor impacto son las este/centro, con un gradiente Sur a Norte.

3.1. Cambios de uso de la tierra en áreas de estudio a escala departamental

Para realizar los análisis de los cambios de uso de la tierra a escalas departamental y localidad, se siguió las técnicas propuestas por el sitio <http://monitoreodesmonte.com.ar/> metodología.

Para Sitio 1 (Figura 3) en el Departamento Salavina, el impacto ha sido importante previo a 1976, avanzando fuertemente a partir de 2007.

Para Sitio 2 (Figura 4) en el Departamento Pellegrini, toda el área ha sido impactada por la deforestación, con un cambio de usos de la tierra profundo.

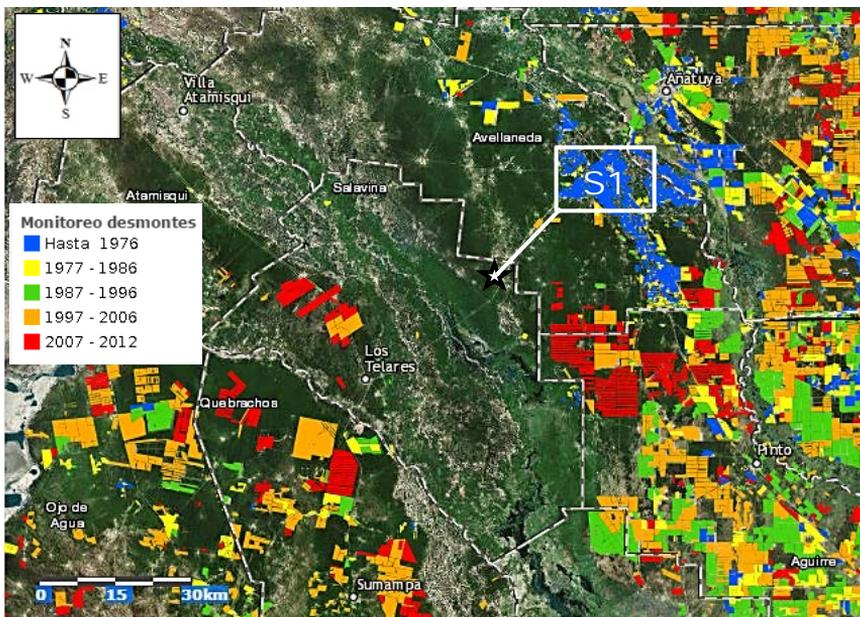


Figura 3. Distribución espacial de las áreas desmontadas en el Departamento Salavina.

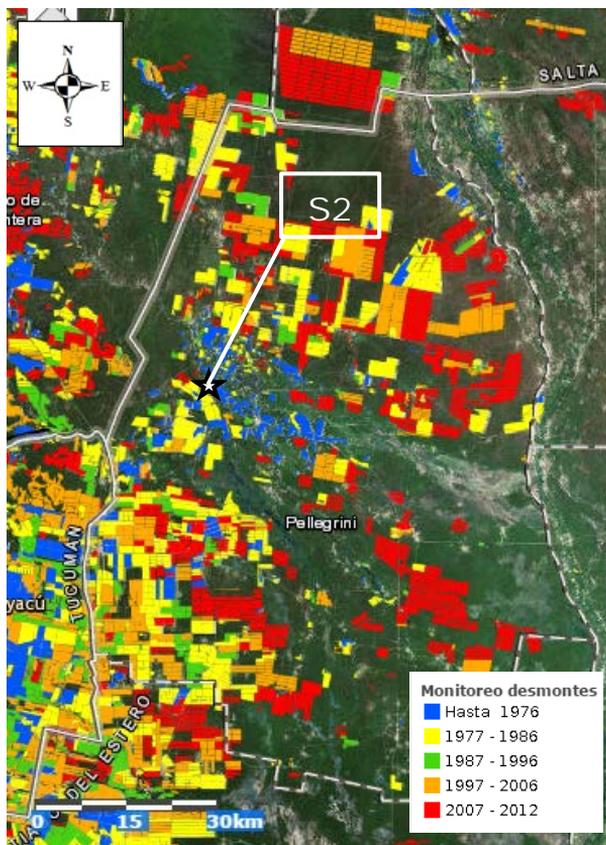


Figura 4. Distribución espacial de las áreas desmontadas en el Departamento Pellegrini.

Para Sitio 3 (Figura 5) en el Departamento Copo, toda el área presenta una transformación lenta.



Figura 5. Distribución espacial de las áreas desmontadas en el Departamento Copo.

Los datos sobre la superficie forestal pérdida se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Superficie transformada en cada departamento

	Departamentos		
	Pellegrini (S2)	Salavina (S1)	Copo (S3)
Área Natural inicial (ha)	694.569	309.318	1.352.255
Superficie transformada (ha) Año 1976	19.079	206	2.463
Superficie transformada (ha) Año 1986	65.918	455	7.838
Superficie transformada (ha) Año 1996	14.099	68	8.409
Superficie transformada (ha) Año 2000	5.142	0	2.802
Superficie transformada (ha) Año 2001	2.191	0	1.077
Superficie transformada (ha) Año 2002	3.685	0	123
Superficie transformada (ha) Año 2003	13.976	2.298	10.427
Superficie transformada (ha) Año 2004	5.304	116	5.883
Superficie transformada (ha) Año 2005	8.353	0	4.157
Superficie transformada (ha) Año 2006	4.524	64	873
Superficie transformada (ha) Año 2007	19.599	1.603	5.878
Superficie transformada (ha) Año 2008	20.394	1.524	8.152
Superficie transformada (ha) Año 2009	15.589	2.969	3.061
Superficie transformada (ha) Año 2010	12.319	0	8.013
Superficie transformada (ha) Año 2011	9.100	0	3.065
Superficie transformada (ha) Año 2012	1.550	0	2.908
Superficie Total transformada (ha)	220.830	9.303	75.135
% Superficie transformada/Superficie de Depto.	31,8	3,1	5,55

En la Figura 6 se grafica por departamento, el período y la superficie desmontada, siendo los años 1986, 2003, 2007/2008 los de mayor impacto regional.

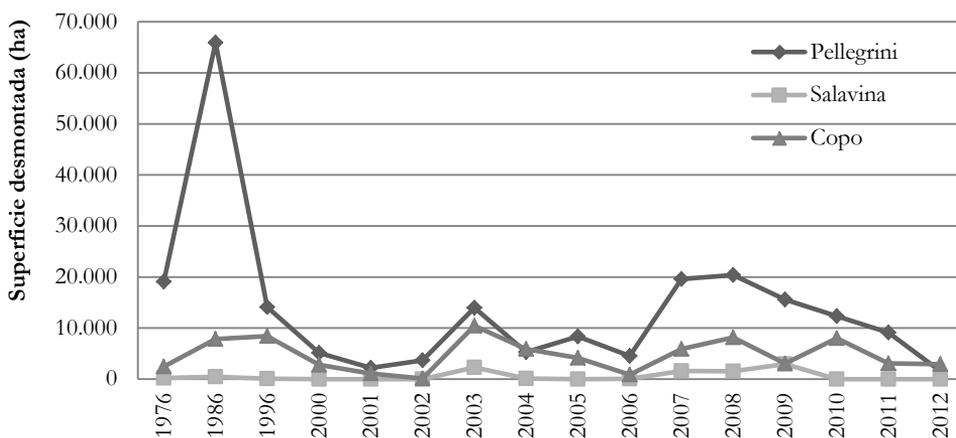


Figura 6. Dinámica temporal de la superficie desmontada (ha/año) desde 1976 hasta 2012.

A escala departamental entre los años 1976 y 2012, el sitio S2 fue el que tuvo la mayor transformación de su superficie con un valor del 31,8 % (220.830 ha), mientras que S3 y S1, presentaron valores de 5,55 % (75.135 ha) y 3,1 % (9.303 ha) respectivamente. Es de destacar que en Pellegrini se encuentra un área de bosque chaqueño serrano: el Cerro el Remate, Reserva natural provincia, de importante valor florístico.

En estos 36 años se identifican tres etapas en la dinámica de la deforestación (Figura 12). En los primeros 20 años (entre 1976 y 1996) el desmonte presentó un pico ascendente (año 1986), registrándose en S2 la mayor superficie transformada (65.918 ha). A partir de ese momento, en el que se difunde el cultivo de soja transgénica mediante siembra directa, presenta variaciones con tendencia descendente hasta fines de 2001.

En concordancia con Paruelo *et al.* (2011), la modificación del tipo de cambio (desdolarización del Peso) en el año 2002, impulsó la actividad agropecuaria debido a la mejora de los precios internacionales en el mercado de granos. Ello dio comienzo a una aceleración en el proceso de desmonte, puesto que la misma tendencia se registró en diferentes departamentos de la provincia de Salta (Anta, San Martín, Rivadavia y Orán).

Entre los años 2007 y 2008, se registra nuevamente un nuevo pico con altos valores de desmonte, momento durante el cual se sancionó de la Ley 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos, luego la cantidad de superficies transformadas comenzó a disminuir, poniendo en evidencia la importancia de políticas forestales para evitar el avance de dicho proceso.

Volante *et al.* (2012) sostienen que la vegetación original, en particular los bosques secos, del Chaco Seco están siendo reemplazados rápidamente por extensos campos de cultivo y pastizales a un ritmo alarmante, lo cual pudo comprobarse con nuestro estudio.

3.2. Cambios de uso de la tierra en áreas de estudio a escala localidad

A escala de localidad, los sitios fueron analizados en un radio de 20 km alrededor de cada predio bajo estudio.

Según el análisis, la Localidad de Quimili Paso (S1) tuvo las mayores transformaciones de su superficie en periodos anteriores al año 1976 y en recientes periodos 2007 al 2012 (Figura 7).

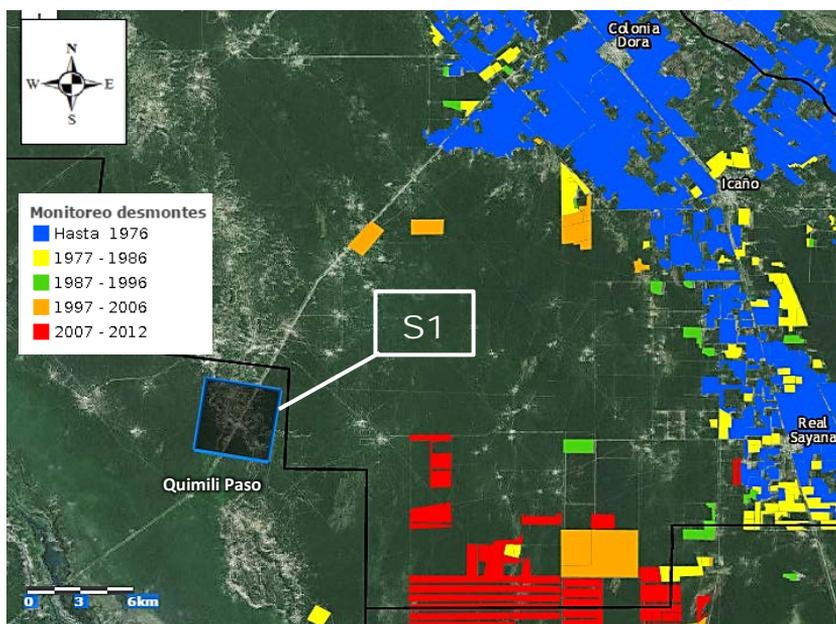


Figura 7. Distribución espacial de las áreas desmontadas en la Localidad de Quimili Paso (S1).

Por su parte, la Localidad de La Fragua (S2) las mayores transformaciones de su superficie las tuvo en periodos anteriores al año 1976 y en el periodo 1977 a 1986 (Figura 8). Justamente este último periodo coincide con la mayor superficie desmontada (año 1986), que se mencionó durante el análisis a escala departamental.

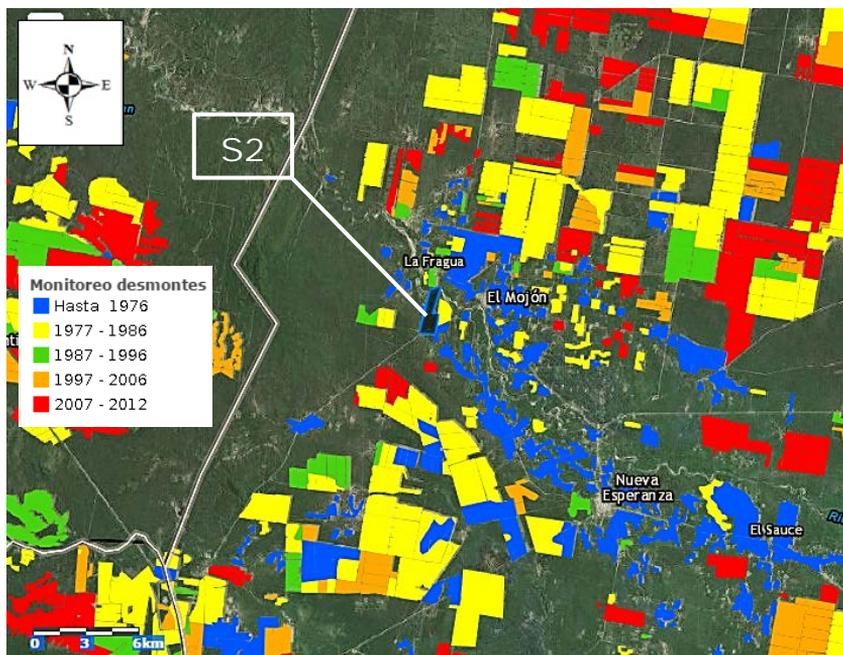


Figura 8. Distribución espacial de las áreas desmontadas en la Localidad de La Fragua (S2).

Mientras que la Localidad de El Caburé (S3) presentó los mayores cambios de uso de su superficie correspondientes al periodo 2007 a 2012 (Figura 9).

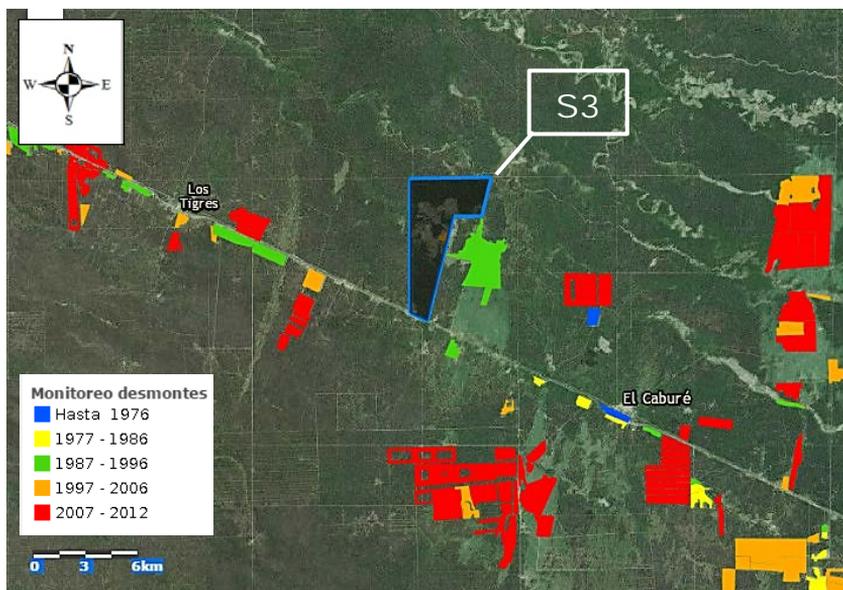


Figura 9. Distribución espacial de las áreas desmontadas en la Localidad de El Caburé (S3).

3.3. Cambios de uso de la tierra en áreas de estudio a escala predial

Para realizar los análisis de los cambios de uso de la tierra a escala predial (Figuras 10, 11 y 12), se siguieron las directrices propuestas por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI) mediante la plataforma web Global Forest Watch (<http://www.globalforestwatch.org/>).

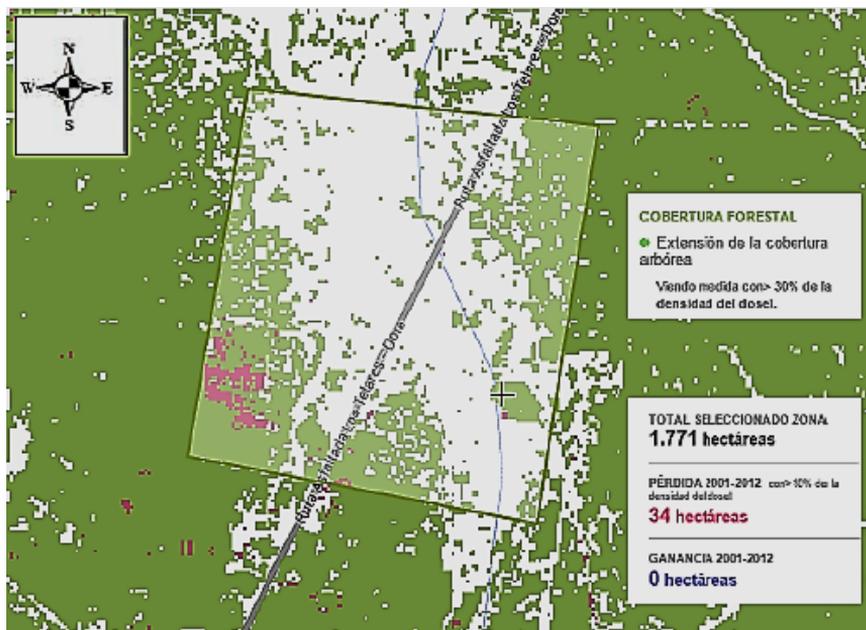


Figura 10. Cambio de uso de la tierra en el predio S1.

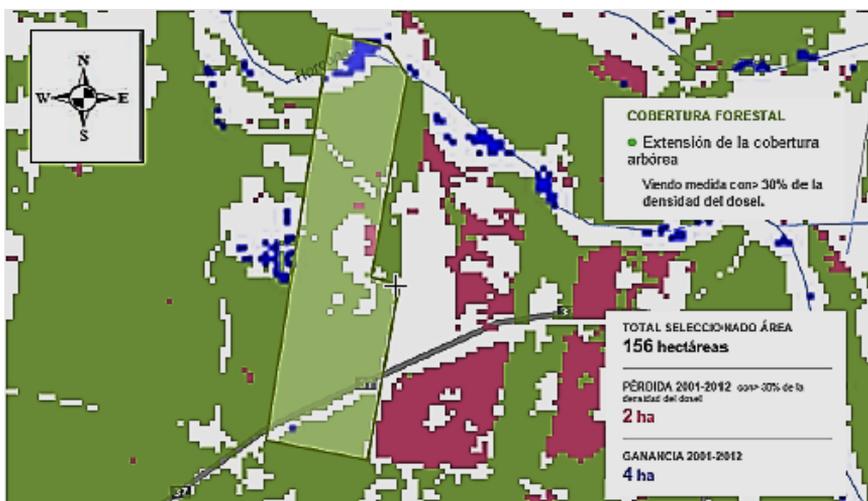


Figura 11. Cambio de uso de la tierra en el predio S2.

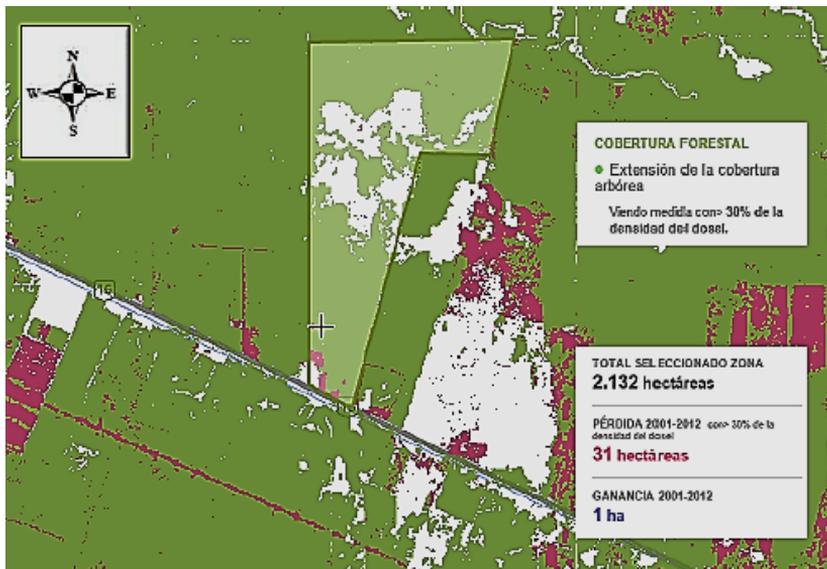


Figura 12. Cambio de uso de la tierra en el predio S3.

En dicha escala, se realizó el análisis de la degradación del bosque en función de la cobertura vegetal expresada en la relación de las variables volumen de madera viva (MV)/volumen de madera muerta (MM).

Para ello, se realizó una caracterización de las áreas de estudio (S1, S2 y S3), mediante la confección de mapas de vegetación de cada sitio de estudio con su correspondiente estratificación, lo cual permitió determinar diferentes tipos de bosques. Los pasos fueron los siguientes:

A. Confección de mapas de vegetación arbórea.

Con la finalidad de evaluar la degradación a partir de la MM presente en los sitios de estudio, se seleccionó el grado de cobertura como criterio de clasificación para la descripción de la vegetación. Para ello se utilizó la metodología propuesta por la Dirección de Bosques de la Nación a través de la Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal (UMSEF, 2002). Los criterios de clasificación fueron:

- a) **Tipo de Cobertura:**
 - Bosque: cobertura arbórea mayor al 20 %.
 - Arbustal: cobertura arbórea menor al 20 % y cobertura de arbustos mayor al 20 %.
 - Pastizal: cobertura de arbustos menor al 20 %.

- b) **Grado de Cobertura:**
 - Alta: cobertura arbórea entre 71 y 100 %.
 - Media: cobertura arbórea entre 41 y 70 %.
 - Baja: cobertura arbórea entre 20 y 40 %.

c) Distribución de la cobertura:

- Continua: cuando la cobertura arbórea se distribuye de manera homogénea.
- Discontinua: cuando la cobertura arbórea se encuentra en manchones.

B. Estratificación de las áreas de estudio

A partir del análisis de las imágenes y posterior corroboración a campo (Figura. 13), se determinó la presencia de tres tipos de bosques por cada sitio de estudio (Tabla 3).

Tabla 3. Tipos de bosques por cada sitio de estudio

Áreas de Estudio	Ubicación	Tipo de Bosque	Codificación
Sitio 1 (S1) Llanura Aluvial del Río Dulce	Localidad Quimilí Paso, Dpto. Salavina	Bosque Bajo	BBQP
		Arbustal	ARQP
		Bosque Alto	BAQP
Sitio 2 (S2) Bajada de las Sierras Subandinas	Localidad La Fragua, Dpto. Pellegrini	Bosque Bajo	BBP
		Bosque de Ribera	BRP
		Bosque Alto	BAP
Sitio 3 (S3) Planicie Loésica Cono de Deyección del Salado	Localidad El Caburé, Dpto. Copo	Bosque Bajo	BBC
		Bosque + Silvopastoril	BSPC
		Bosque Alto	BAC

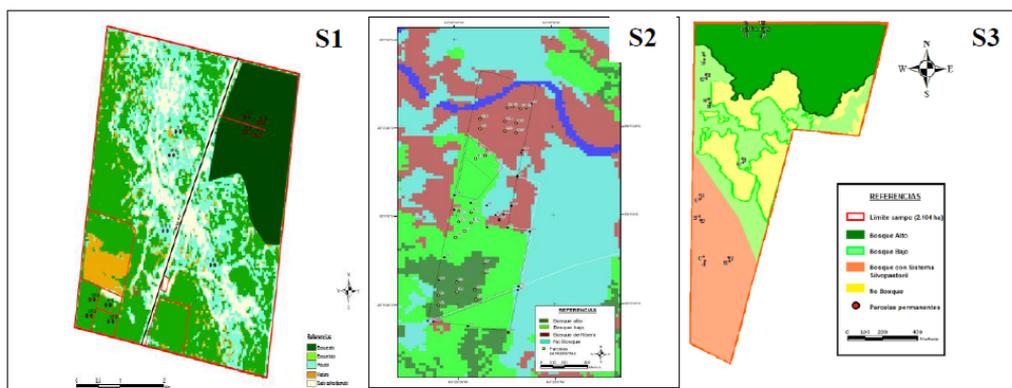


Figura 13. Estratificación de los sitios de estudio

C. Inventario forestal

Con el propósito de determinar los volúmenes MV y MM, por cada tipo de bosque (estrato de vegetación), fueron instaladas 4 parcelas permanentes y rectangulares de 10 m ancho x 100 m de largo, previamente localizadas y georreferenciadas, a través de un Inventario Forestal Continuo (IFC), con una intensidad de muestreo de alrededor del 1,5 %. Para ello se siguieron las directrices para las mediciones de restos leñosos en ecosistemas forestales (Harmon y Sexton, 1996; Díaz Zirpolo y Giménez, 2013) (Figuras 14, 15, 16 y 17).



Figura 14 a 17. Diferentes tipos de MM muestreados. 14. Árboles muertos en pie. 15. Material fino diámetro <2,5cm. 16. Tocones. 17. Material grueso diámetro >2,5cm.

Con los valores obtenidos del inventario forestal de MV y MM para cada tipo de bosque (Tabla 4), se obtuvo una ecuación polinómica de segundo grado con la finalidad de determinar la relación entre el Vol. MV (m³/ha)/Vol. MM (m³/ha) (Figura 18).

Tabla 4. Volumen de MV y MM en función de los tipos de bosques para cada sitio de estudio.

Sitios	Tipo de Bosque	Vol. MV (m ³ /ha)	Vol. MM (m ³ /ha)
S1	BBQP	16	15
	ARQP	9	17
	BAQP	19	23
S2	BBPE	42	35
	BRPE	56	54
	BAPE	52	43
S3	BBCO	47	46
	BSCO	36	38
	BACO	55	54

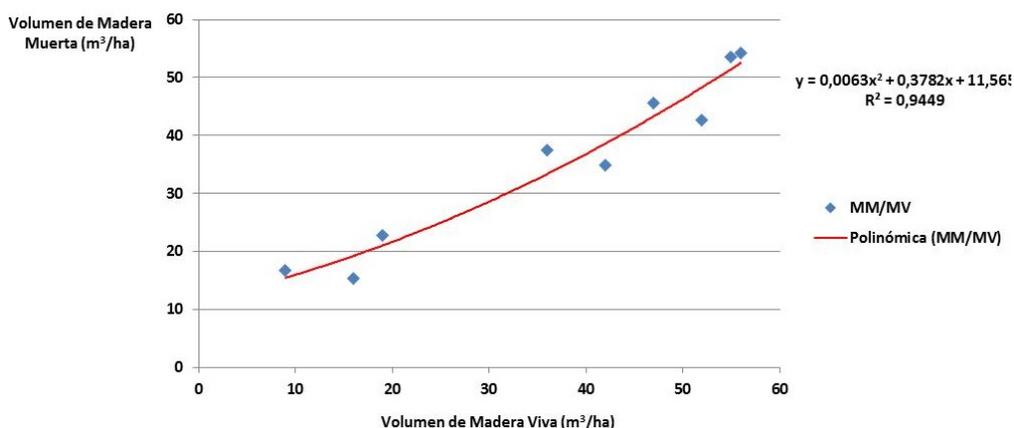


Figura 18. Relación de volúmenes de MM/MV

De acuerdo a la cuantificación total realizada, el S1 presentó los valores más bajos de Vol. MV y Vol. MM, lo cual indica que se trata del sitio con mayor degradación a escala predial, como consecuencia de antiguos aprovechamientos realizados según las prácticas locales de corta selectiva e irracional y ganadería extensiva.

Al discriminar la cuantificación según el tipo de bosque, el S1 presentó un volumen medio de MM de 18 m³/ha, permitiendo reflejar la gran contribución que ejerce el arbustal (ARQP) en un sitio de mayor degradación.

Los resultados obtenidos a escala departamental y localidad del S2, reflejan que se trata del sitio con mayores superficies de cambios de uso de la tierra, debido a la ganadería extensiva y a la siembra de cultivos de la zona como poroto, garbanzo, sorgo, girasol, cultivos forrajeros y en la actualidad grandes extensiones de soja. Sin embargo el análisis a escala predial, refleja que la presencia del Bosque de Ribera (BRPE) constituye un importante parche de bosque que no fue transformado en su totalidad y que continúa brindando servicios ecosistémicos. Por estas características, el bosque de ribera es de gran valor ecológico y florístico.

En las áreas bajo estudio, la vegetación ha sido objeto de una variedad de disturbios antropogénicos, siendo la corta de maderas duras la más frecuente bajo dos formas prioritarias: aprovechamiento de *Schinopsis lorentzii* para postes y madera aserrada y corta de todas las maderas duras (*Schinopsis lorentzii*, *Aspidosperma quebracho-blanco*, *Zizíphus mistol*, *Libidibia paraguariensis*, *Acacia furcatispina*, para producción de carbón (Tálamo *et al.*, 2012).

Volante *et al.*, (2012) sostienen que la vegetación original, en particular los bosques secos, del Chaco Seco están siendo reemplazados rápidamente por extensos campos de cultivo y pastizales a un ritmo alarmante, lo cual pudo comprobarse con nuestro estudio.

Según Giménez *et al.* (2014) el aprovechamiento y la degradación modifican la estructura del bosque y no la composición florística, lo cual pudo corroborarse durante el análisis.

Tálamo *et al.*, (2012) indican para el bosque chaqueño del Parque Copo (distante a unos 70 km del S3 estudiado), influye poco la historia de aprovechamiento en la composición y diversidad de la vegetación leñosa, lo cual sugiere que es bastante resiliente en lo que respecta a la perturbación causada por los usos tradicionales de la tierra (la tala selectiva y el pastoreo extensivo de ganado). Esto concuerda con lo estudiado, puesto que se trata del sitio con mayor grado de cobertura vegetal y menor estado de degradación, es decir la matriz de árboles está siempre presente, sin interesar el grado de aprovechamiento que ha soportado el bosque (Figura 19).

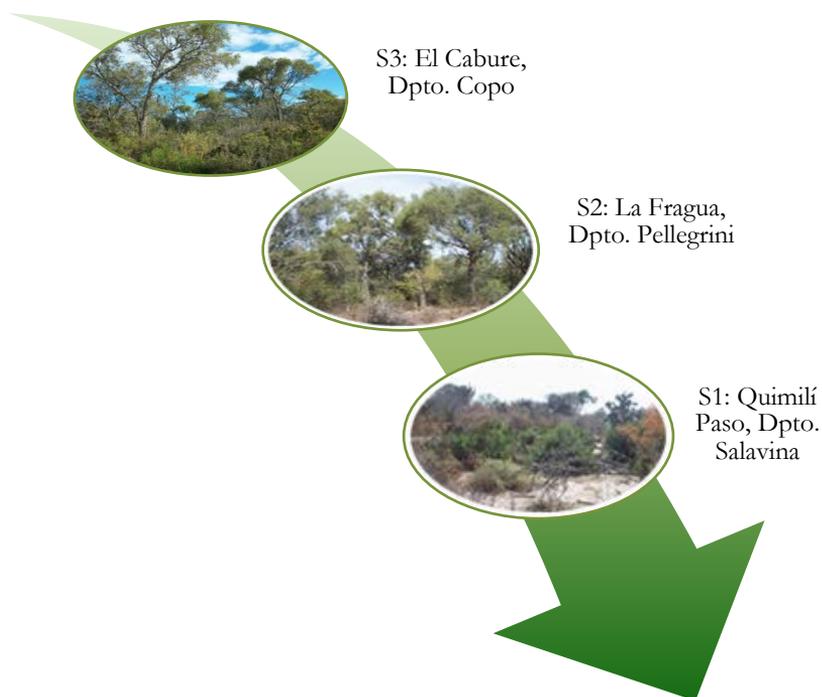


Figura 19. Avance de la degradación en los sitios de estudio a escala predial

Perspectivas futuras

Según un informe elaborado por la FAO (2015) sobre la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales, la deforestación, degradación y fragmentación del bosque, la contaminación y el cambio climático son fenómenos que están teniendo efectos perjudiciales en la biodiversidad forestal. Los análisis han confirmado que, pese a la multiplicación de los esfuerzos encaminados a la conservación de la biodiversidad llevados a cabo en los últimos 25 años, persiste el riesgo de pérdidas, tal como lo evidencia, la degradación o desaparición del bosque primario, y que esta tendencia probablemente continuará.

Los cambios de uso de la tierra y cobertura del suelo en bosques secos del Chaco se han convertido en un problema importante para las autoridades y un área de intensa disputa política (Paruelo *et al.*, 2011; Seghezzeo *et al.*, 2011; Redaf, 2012).

Para la formulación de políticas, es muy importante contar con información completa porque se puede estar informado no solo de las áreas centrales, sino también de los agentes responsables de la deforestación (De Sy *et al.*, 2015). De allí surge la necesidad de contar con inventarios forestales amplios que permitan integrar en el plano conceptual una metodología apropiada de recopilación completa de datos relativos a nuevas variables de interés como la madera muerta, tal como lo indica Rondeux, (2005).

La superficie de bosque con funciones de protección se mantiene por lo general estable y se espera que siga así en el futuro cercano. Se es cada vez más consciente de la importancia de estas funciones, tanto en lo que respecta a las tierras forestales dedicadas a la producción como a las destinadas a la conservación, y el número de países que presentan informes sobre madera muerta irá probablemente en aumento. Dado el interés que hoy despierta la restauración de los bosques, es previsible que habrá más países que realicen evaluaciones de una mayor superficie de las tierras forestales para comprobar la presencia o ausencia de estas funciones y tomar medidas para contrarrestar la degradación de los bosques (FRA, 2015).

Aunque la mayoría de los países disponen de políticas oficiales para sus sectores forestal y agrícola, existe una necesidad cada vez mayor de políticas sobre el cambio del uso de la tierra de la actividad forestal a la agricultura y viceversa. Así lo exigen los acuerdos internacionales establecidos recientemente, como la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y el Acuerdo de París sobre el cambio climático (FAO, 2016).

La FAO ha editado la versión 2016 de “El estado de los bosques del mundo (SOFO) 2016”, en la cual, se han realizado estudios de casos en varios países que demuestran que las reformas económicas pueden ayudar a incrementar la productividad agrícola y la seguridad alimentaria y, al mismo tiempo, detener o incluso invertir la deforestación. La planificación integrada del uso de la tierra deberá estar respaldada por políticas adecuadas para promover una actividad forestal y una agricultura sostenibles.

Una buena descripción espacial y temporal de los cambios de uso del suelo permitirá identificar los factores de cambios biofísicos, sociales, políticos y económicos. Por otra parte el seguimiento y monitoreo son herramientas esenciales para el desarrollo y cumplimiento de las políticas de planificación y gestión de uso del suelo.

En concordancia con Vallejos *et al.*, (2015) indican que la descripción espacial explícita de la dinámica de las áreas transformadas constituyen una herramienta indispensable para la gestión de los recursos naturales, la planificación territorial y la investigación impactos de deforestación, entre otros.

Dada la complejidad de los procesos que ocurren a nivel de paisaje, su dinámica estructural y funcional, la clasificación y mapeo del paisaje en el área de estudio debería considerar la escala a la que ocurren los disturbios, en este caso, los desmontes. Las imágenes de los sensores Landsat proveen unas resoluciones espaciales y temporales adecuadas para la identificación de los distintos parches de vegetación presentes y por ende para la realización de una clasificación de las unidades de vegetación (Gasparri y Grau, 2009).

El estudio permitió corroborar que la evaluación de los cambios de uso del suelo (deforestación) en los sitios de análisis, mostraron diferencias según la escala a la que ocurren los disturbios, en este caso, los desmontes.

La relación del volumen de madera viva/volumen de madera muerta, constituye un nuevo criterio para el análisis de las superficies transformadas del bosque cuando la degradación no genera claros en el dosel.

Referencias Bibliográficas

- Angelsen, A. 2008. How Do We Set the Reference Levels for REDD Payments? In A. Angelsen (ed.), *Moving Ahead with REDD: Issues, Options and Implications*. Bogor, Indonesia: Centre for International Forestry Research (CIFOR).
- Angelstam, P. 1996. *Ghost of forest past – natural disturbance regimes as a basis for reconstruction of biologically diverse forests in Europe*. Conservation of faunal diversity in forested landscapes. 287-337.
- Baker, T. R.; E. N. Honorio Coronado; O. L. Phillips; J. G. Martín; M. F. Van Der Heijden; M. García y J. S. Espejo. 2007. Low stocks of coarse woody debris in a southwest Amazonian forest. *Oecologia* 152: 495-504.
- Boletta, P.; A. Ravelo; A. Planchuelo y M. Grilli. 2006. Assessing deforestation in the Argentine Chaco. *Forest Ecology and Management* 228: 114-118.
- Bravo, S.; A. Giménez; C. Kunst y G. Moglia. 2003. El fuego y las plantas. *En: Kunst, Bravo y Panigatti, (Ed.). Fuego en los ecosistemas argentinos*. Ediciones INTA, 6: 61-70.
- Chambers, J. Q.; J. P. Higuchi; L. V. Schimel; Ferreira y J. M. Melack. 2000. Decomposition and carbon cycling of dead trees in tropical forests of the central Amazon. *Oecologia* 122: 380-388.
- Díaz Zirpolo, J. y A. M. Giménez. 2013. Cuantificación y calificación de madera muerta en un bosque del Chaco Semiárido. *Quebracho*. 21 (1-2): 103-114. ISSN: 0328-0543.
- FAO. 2016. *El estado de los bosques del mundo 2016*. Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra. Roma. [en línea] Disponible en: <http://www.fao.org/documents/card/en/c/6547e46e-3e6f-4c47-8dcb-8e5c19a18e00/>.
- FAO. 2015. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015*. Roma. [en línea] Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/fra>.
- FAO. 2007. *Situación de los Bosques del Mundo, 2007*. Roma. Pp. 143.
- FAO. 2005. *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales*. Roma.

- Gasparri, N. I y R. H. Grau. 2009. Deforestation and fragmentation of Chaco dry forest in NW Argentina (1972-2007). *Forest Ecology and Management* 258: 913-921.
- Gasparri, I.; R. H. 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.
- Geist, H. and E. Lambin. 2001. *What drives tropical deforestation? A meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on subnational case study evidence*. *Land-Use and Land-Cover Change (LUCC)* Report Series 4. Lovaina la Nueva (Bélgica), Programa Internacional Geosfera-Biosfera (PIGB) Disponible en: www.pik-potsdam.de/~luedeke/lucc4.pdf.
- Giménez, A. M. y J. G. Moglia. 2003. *Árboles del Chaco Argentino: guía para el reconocimiento dendrológico*. ISBN 987 95852-9-1. 307 pag.
- Grau, H; N. Gasparri y T. M. Aide. 2005. Agriculture expansion and deforestation in seasonally dry forests of north-west Argentina. *Environmental Conservation* 32: 140-148.
- GWF-Global Forest Watch. 2014. Disponible en: <http://www.globalforestwatch.org/>
- Hansen, M. C.; P. V. Potapov; R. Moore; M. Hancher; S. A. Turubanova; A. Tyukavina; D. Thau; S. V. Stehman; S. J. Goetz; T. R. Loveland; A. Kommareddy; A. Egorov; L. Chini; C. O. Justice y J. R. G. Townshend. 2013. *Hansen/UMD/Google/USGS/NASA cubierta de árboles y cubierta de la pérdida de árboles y de ganancia, perfiles de países*. Universidad de Maryland, Google, USGS, y la NASA. Disponible en: www.globalforestwatch.org.
- Hardcastle, P. D. and D. Baird. 2008 *Capability and cost assessment of the major forest nations to measure and monitor their forest carbon*. Office of Climate Change. LTS International, Penicuik, UK. Disponible en: <http://www.occ.gov.uk/activities/eliasch.htm>.
- Harmon, M. E.; J. F. Franklin; F. J. Swanson; P. Sollins; S. V. Gregory; J. D. Lattin; N. H. Anderson; S. P. Cline; N. G. Aumen; J. R. Sedell; G. W. Lienkaemper; K. J. R. Cromack; K. W. Cummins. 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Adv. Ecol. Res.* 15: 133-302.
- Herold, M. and M. Skutsch. 2011. Monitoring, reporting and verification for national REDD+ programmes: two proposals. *Environmental Research Letters* 6 (014002).
- Hosonuma, N.; M. Herold; V. De Sy; R. S. De Fries; M. Brockhaus; L. Verchot; A. Angelsen; E. Romijn. 2012. An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries. *Environmental Research Letters, in review*, 7(4): 0044009, 12.
- Jeffers, J. N. R. 1996. *Measurement and characterisation of biodiversity in forest ecosystems*. New methods and models. European Forest Institute, EFI Proceedings, 6: 59-67.
- Kissinger, G.; M. Herold y V. De Sy. 2012. *Drivers of deforestation and forest degradation: a synthesis report for REDD+ policymakers*. Vancouver (Canadá), Lexeme Consulting. Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Morello, J. y A. Rodriguez. 2009. *El Chaco sin bosques: la Pampa o el desierto del futuro*. ISBN 978-987-9260-73-9. 432 p.
- Morello, J. y J. Adamoli. 1974. Las grandes unidades de vegetación y ambiente del Chaco Argentino. Segunda Parte: Vegetación y ambiente de la Provincia del Chaco". *INTA Serie Fitogeográfica* 13: 1-130.
- Paruelo, J. M.; S. R. Verón; J. N. Volante; L. Seghezzo; M. Vallejos; S. Aguiar; L. Amdan; P. Baldassini; B. Davanzo; E. González; J. Landesmann y D. Picardi. 2011. Elementos conceptuales y metodológicos para la Evaluación de Impactos Ambientales Acumulativos (EIAAc) en bosques subtropicales. El caso del este de Salta, Argentina. *Ecología Austral*. 21, 163-178.
- Pelz, D. R. 1995. *Non-timber variables in forest inventories*. The Monte Verità Conference on Forest Survey designs. "Simplicity versus efficiency" and assessment of non-timber resources, Birmensdorf, Suiza, Instituto Federal Suizo de Bosques, Nieve e Investigación Paisajística. p. 103-109.

- Polasky, S.; E. Nelson; D. Pennington and K. Johnson. 2011. The impact of land-use change on ecosystem services, biodiversity and returns to landowners: A case study in the state of Minnesota. *Environmental and Resource Economics* 48(2): 219-242
- Red Agroforestal Chaco Argentina (REDAF). 2012. *Monitoreo de Deforestación en los Bosques Nativos de la Región Chaqueña Argentina*. Informe N°1. Ley de Bosques, análisis de deforestación y situación del Bosque Chaqueño en la provincia Observatorio de Tierras, Recursos Naturales y Medioambiente, Bosque Nativo en Salta.
- Rondeux, J. 2005. Inventarios forestales y biodiversidad. [en línea] [fecha de consulta: agosto 2013] Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x0963s/x0963s09.htm>.
- Schwendtner, O.; I. Recalde; J.T. Alcalde; J. Gómez y S. Cárcamo. 2005. Importancia de los árboles senescentes y la madera muerta en la gestión de los bosques naturales. En: S.E.C.F.-Gobierno de Aragón (eds.), Actas 4º Congreso Forestal Español. CD-Rom. Imprenta Repes, S.C. Zaragoza. Tomo 1, p. 146.
- Seghezzo, L.; J. N. Volante; J. M. Paruelo; D. J. Somma; E. C. Buliubasich; H. E. Rodriguez; S. Gagnon y M. Hufty. 2011. Native forests and agriculture in salta (Argentina): conflicting visions of development. *Journal Enviroments Dev.* 20 (3): 251-277.
- Tálamo, A.; J. López de Casenave y M. Caziani. 2012. Components of woody plant diversity in semi-arid Chaco forests with heterogeneous land use and disturbance histories. *Journal of Arid Environments* 85: 79-85.
- Tarasofsky, R. G. 1995. *The International Forest Regime Legal and Policy Issues*. UICN Unión Mundial para la Conservación.
- Torrella, S y J. Adámoli. 2005. Capítulo: Situación ambiental de la Ecorregión del Chaco Seco. Libro: *La Situación Ambiental Argentina*. Editores: Brown A, Martínez Ortiz U, Acerbi M. y Corcuera J. Publicado por Fundación de Vida Silvestre.
- UMSEF. 2002. Cartografía y Superficie de Bosque Nativo de Argentina. Dirección de Bosques - SAyDS.
- Vallejos, M.; J. Volante; J. M. Mosciaro; L. M. Vale; M. L. Bustamante y J. M. Paruelo. 2015. Transformation dynamics of the natural cover in the Dry Chaco ecoregion: A plot level geo-database from 1976 to 2012. *Journal of Arid Environments*. 123: 3-11.
- Volante, J. N.; D. Alcaraz-Segura; J. M. Mosciaro; E. F. Viglizzo y J. M Paruelo. 2012. Ecosystem functional changes associated with land clearing in NW Argentina. *Agric. Ecosyst. Environ.* 154: 12-22.
- Volante, J. N.; A. R. Bianchi; H. P. Paoli; Y. E. Noé; H. J. Elena. 2006. *Análisis de la Dinámica del Uso del Suelo Agrícola del Noroeste Argentino Mediante Teledetección y SIG. Período 2000-2005*. Ediciones INTA. Pp. 64.

Prosopis alba, alternativa sustentable para zonas áridas y semiáridas

Cisneros A. B.¹ y J. G. Moglia¹



Introducción

Entre las numerosas especies el género *Prosopis*, se destaca, *Prosopis alba* como forestal nativa de gran importancia en las Regiones semiáridas Argentinas (Giménez, *et al.* 2001). Se distribuye en aproximadamente 23.000.000 has de bosques nativos de la Región Chaqueña, es dominante en áreas bajas y paleo causes que ocupan un 10 % de la superficie de la región, en las provincias de Chaco y Formosa, donde se concentra el 80 % de extracción de madera de algarrobo (Verga, 2005).

Comercialmente es muy valorada por su madera, alto contenido en proteínas y azúcares de sus frutos, usados para alimento humano y forraje en poblaciones locales (Fagg y Stewart, 1994; Giménez *et al.*, 1998; Giménez, 2001; Felker y Guevara, 2003; Juárez de Galíndez *et al.*, 2005; Juárez de Galíndez *et al.*; 2008; Ewens y Felker, 2010; Scambato *et al.*, 2011). El uso extendido en la industria del mueble, se debe a las excelentes propiedades físico-mecánicas de su madera: muy estable, densa y de baja contracción volumétrica (Turc and Cutter, 1984; Araujo *et al.*, 2003).

En este marco, se iniciaron proyectos de domesticación del algarrobo e identificación de fuentes de semilla mediante manejo de áreas de rodales semilleros de *Prosopis alba* que permitan obtener material selecto de algarrobo para la instalación de forestaciones. La existencia de materiales caracterizados desde el punto de vista genético, que además representan distintos tipos morfológicos y ecológicos de la especie, posibilita la realización de un estudio detallado sobre la distribución de la variación de los principales caracteres de calidad de madera y aspectos morfométricos en el algarrobo blanco con posibilidades de aplicación inmediatas.

Antecedentes sobre experimentación con *P. alba*.

¹Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina. E-mail: cisnerosba@gmail.com

Los conocimientos sobre la conservación y uso de las especies del género *Prosopis* en la Región no son suficientes. Sin embargo, la creciente demanda de información fue acompañada con el establecimiento de ensayos genéticos y de manejo.

Se establecieron desde de 1950 ensayos de manejo a partir de distanciamiento con *P. alba* y *P. nigra*, en la Estación Experimental Fernández (ex IFONA), Santiago del Estero, con el objetivo de mejorar la forma del fuste. A partir de un Proyecto de Investigación Aplicada (PIA) financiados por la Secretaría de Agricultura, Ganadería Pesca y Alimentación de la Nación (SAGPyA-BIRF) con participación del INTA, la Universidad Católica de Santiago del Estero (UCSE), organismos provinciales y la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE), fueron establecidos 3 ensayos de poda para mejorar la forma y la productividad de los ejemplares.

También se realizaron investigaciones sobre crecimiento, arquitectura, y anatomía de madera en rodales nativos de los algarrobos blanco y negro (Giménez *et al.* 1998, Juárez de Galíndez *et al.* 2008; Giménez *et al.*, 2001,) y en rodales semilleros selectos con vistas a seleccionar las futuras fuentes de semilla para usos sólidos (Moglia *et al.*, 2014)

Los trabajos sobre sanidad en *Prosopis* abarcan identificación de insectos que taladran la madera del algarrobo, la identificación y control de insectos productores de agallas en vivero y plantaciones de *Prosopis alba* (Carabajal y Fiorentino, 2006; Carabajal, 2009).

En el Departamento de Industrias Forestales de la Facultad de Recursos Naturales de la UNaF, se efectuaron ensayos de elaboración de briquetas de aserrín y/o virutas, para la obtención de productos alternativos de diferentes especies del género *Prosopis*, especialmente de *P. alba* Griseb. La Facultad de Ciencias Forestales de la UNSE, también efectuaron estudios de curva de sorción y contracción en algarrobo blanco, (Turc and Cutter, 1984)

Por otro lado la Cátedra de Sistemática Forestal de la Carrera de Ingeniería Forestal de la Facultad de Recursos Naturales de la UNaF ha realizado estudios taxonómicos y fenológicos de las especies del género *Prosopis* de importancia forestal en la Provincia de Formosa.

A través del Programa de Inventario Forestal de la Provincia, el Convenio con la Agencia Internacional del Japón (JICA), y el Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos (Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas) de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, se conoce la distribución de las especies del género *Prosopis* dentro de la Provincia de Formosa, (Verga, 2005).

Actualmente son numerosos los estudios y ensayos genéticos que se vienen realizando, los que se mencionan fueron extraídos de “*Más árboles para más forestadores?*” (López, 2005):

- En el establecimiento del Banco de Germoplasma y de ensayos de procedencias y progenies dentro del Programa de Conservación y Mejoramiento de especies nativas del género *Prosopis* en la República Argentina, fue llevado a cabo por un convenio entre el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá, el ex IFONA y el IADIZA, participó además la UNSE. De allí se cuenta con un ensayo se orígenes y progenies de 57 familias de polinización abierta de *P. alba* establecido en Santiago del Estero, en el año 1990. Los

resultados permitieron discriminar las diferencias de productividad entre los orígenes cosechados y las perspectivas de ganancia genética por selección entre y dentro de las familias ensayadas (Felker *et al.* 2001; López, 2005; Ledesma *et al.*, 2008).

- Desde 1998 la UNSE efectuó nuevas selecciones de productividad y forma sobre el cauce del Río Dulce con aportes de la SAGPyA-BIRF a través de un Proyecto de Investigación Aplicada (PIA) que generaron 2 ensayos con 25 y 35 familias de progenies de polinización de *P. alba* abierta para evaluar el mérito genético de las familias (López, 2000; López, 2005).
- La Estación Experimental Fernández y la Dirección General de Protección de los Recursos Naturales de la provincia de Santiago del Estero, encaminaron un programa de propagación agámica, dentro del género *Prosopis*, para establecer un huerto semillero clonal con los genotipos selectos, por el sabor dulce de las vainas entre los mejores árboles de las mejores familias en altura y diámetro de los ensayos de progenies disponibles. Actualmente, se cuenta con la técnica de injerto ajustada y una docena de clones logrados (Ewens y Felker 2003, López, 2005).
- Desde el año 1989, la Facultad de Recursos Naturales de la UNaF en la cátedra de Fisiología Vegetal se desarrollan programas de mejoramiento genético, para de obtención de plantas de las principales especies de género *Prosopis* (*P. alba* Griseb; *P. nigra* Hieron y *P. hassleri* Harms) a través de técnicas no convencionales (López, 2005). Se han obtenido protocolos de cultivo in vitro, a partir de segmentos nodales provenientes de árboles adultos de *P. alba* Griseb. Dentro del proyecto de investigación que involucra a técnicos de la UNaF y Centro de Investigación y Formación Agraria (CIFA), Churriana, Malaga (España) de acodos aéreos a partir de árboles adultos (Castillo de Meier y Barceló Muñoz, 2002, Vega *et al.*, 2002)
- A partir el año 2001, se realizan estudios para la creación de marcadores moleculares, a través de la técnica de Fragmentos Polimórficos de ADN Amplificados al Azar (RAPDs) con el fin de realizar la caracterización molecular, en ejemplares híbridos del género, que habitan la Región del Chaco Húmedo, en el marco de un proyecto de cooperación internacional entre el Instituto de Agricultura Sostenible de la Provincia de Córdoba, España y técnicos de la UNaF. (López, 2005).

Todos estos estudios, son tendientes a captar la variabilidad natural de *Prosopis alba* y demostrar la existencia de materiales caracterizados desde el punto de vista genético, que además, representan distintos tipos morfológicos y ecológicos de la especie.

Esto posibilita la realización de un estudio detallado sobre la distribución de la variación de los principales caracteres de calidad de madera en el algarrobo blanco con posibilidades de aplicación inmediatas. El proyecto **Evaluación de la calidad de madera de *Prosopis alba*, en rodales semilleros** (Moglia *et al.*, 2014) permitió caracterizar la calidad de la madera 3 rodales semilleros diferentes hasta el momento.

El Programa Nacional del Algarrobo, declarado por Resol 244/2013 y la ley 25080, promueve plantaciones con especies del genero *Prosopis*, tiene por objetivo coordinar y

potenciar políticas estatales e iniciativas privadas, que promuevan sistemas productivos con criterios de sustentabilidad.

Estos lineamientos gubernamentales, proponen el establecimiento de plantaciones forestales de algarrobo, la promoción de actividades de enriquecimiento y de esquemas productivos silvopastoriles; la promoción de prácticas silviculturales sustentables que generen un incremento sustantivo de la oferta de madera rolliza y garanticen la continuidad de la oferta de materia prima para las pequeñas industrias de la madera.

1. *Prosopis alba* Griseb. y sus particularidades

El género *Prosopis* se encuentra ampliamente distribuido en distintas regiones tanto del viejo como del nuevo mundo (Fagg y Stewart, 1994). Estos autores definen 44 especies, de las cuales 4 se encuentran en la región oriental de Asia y África como: *Prosopis africana*, *Prosopis cineraria* (L.) Druce, *Prosopis farcta* (Solander ex. Russell) y *Prosopis koelziana* Burkart, las tres últimas son nativas de Pakistán.

América con 40 Sp de *Prosopis* tiene dos centros de diversidad; el principal con 32 especies, se encuentra en Argentina, Chile y Paraguay y el otro con 7 especies, en México y el Sur de los EE.UU (llamados comúnmente mezquites); únicamente *Prosopis juliflora* es nativa del Centroamérica (Fagg y Stewart, 1994).

En la Argentina vegetan 28 especies de *Prosopis*, distribuidos especialmente en ambientes áridos y semiáridos y ocupan el 70 % de la superficie casi todo el territorio argentino (López, 2005) *Prosopis alba* es muy abundante en la zona centro y norte del país, en las provincias fitogeográficas del Chaco, Espinal y del Monte (Ledesma *et al.*, 2008). Se encuentra en proximidades a los ríos, en los bordes de las represas, o en cinturones boscosos alrededor de depresiones salinas (Gimenez *et al.*, 2001). De acuerdo a las investigaciones de Villagra *et al.* (2009) en las zonas áridas con precipitaciones <350 mm, especies de *Prosopis* no pueden crecer independientemente de una capa freática accesible.

2. ¿Cuáles son los servicios que brindan los algarrobos?

Desde tiempos históricos el hombre utilizó el *Prosopis alba* en diversos usos cotidianos (Villagra and Morales, 2003; Frags y Stwart, 1993) siendo una especie multipropósito para forraje, alimento humano, leña, carbón, madera, tintóreo (López, 2005; Giménez *et al.*, 2001; Guerrero Maldonado, 2008; Di Marco, 2013).

Esta especie brinda servicios indirectos como: moderar las temperaturas extremas, disminución de la evapotranspiración, el amortiguamiento y redistribución en la caída de las precipitaciones, incremento de la fertilidad de suelos por acumulación de nutrientes; los efectos físicos del mantillo en la estructura del suelo, mejorando capacidad de aire y agua; la provisión de perchas para el asentamiento de aves dispersoras de frutos de otras

especies (Villagra, 2000). En función de sus características de crecimiento tienen potencial para ser usadas en la restauración de áreas degradadas y pueden catalizar el desarrollo de nuevos sistemas de producción en los ecosistemas áridos argentinos (López, 2005; Taleisnik y López Launestein, 2011).

En sistemas productivos, la copa del algarrobo blanco, ofrece sombra para el ganado. Ocampo (2011) sostiene que la reducción en la temperatura bajo el dosel de copas, reduce la carga calórica de los animales, con lo que se aumenta la productividad animal; generando implicancias directas sobre el conducta, la reproducción y la sobrevivencia de los animales, tales como: “*disminución en los requerimientos de agua, incremento en la eficiencia de conversión alimenticia; mejora en ganancia de peso y producción de leche; pubertad más temprana; mayor fertilidad; regularidad en los ciclos estrales; alargamiento de la vida reproductiva útil y reducción de la tasa de mortalidad de animales jóvenes.*”

En el Chaco Semiárido, según Grulke (1994), la productividad de carne animal, habitualmente no supera tres kg de peso vivo por hectárea y año, por lo que la sombra generada por esta especie, sumado al alto contenido de carbohidratos y proteínas en sus vainas (Prokopiuk, 2010), podría contribuir a aumentar la eficiencia en la producción de carne.

Un clásico ejemplo de la utilización de los algarrobos por poblaciones humanas lo constituye las poblaciones de Huarpes, en la Provincia de Mendoza que de acuerdo a (Villagra, 2000) se instalaban en los lugares donde vegetaban los algarrobos.

Las poblaciones locales de la Región también lo utilizaron desde hace tiempo y aun hoy utilizan actualmente para alimentación humana y forraje. Los alimentos como el patay (pan de algarroba) provenientes de distintas especies de *Prosopis* (*P. nigra*, *P. ruscifolia*, *P. alba*), aloja (bebida alcohólica), añapa, derivados de harina de algarroba, se consumen desde hace mucho tiempo por pobladores en distintos parajes (Santa Rosa, El Corrido, Las Cuatro Esquina, Río Muerto, La Unión, El Aybal, Nueva esperanza, Santos Lugares) en los Dptos. Copo, Alberdi, Pellegrini en Santiago del Estero (observación personal).

En Argentina más del 60 % de los muebles de algarrobo son elaborados con madera de *Prosopis alba*, siendo la especie de mayor importancia económica dentro del género (Giménez *et al.*, 1998). La madera para todos estos usos proviene mayormente del monte nativo, donde la explotación forestal tradicional por parte del obraje y la expansión de la frontera agrícola llevó al reemplazo de muchas formaciones naturales por cultivos agrícolas (López, 2000; López 2005; SAyDS, 2008; Mónaco, 2015). Se estima que *P. alba* proporcionó más de 100.000 toneladas de madera anuales en la Provincia del Chaco, Argentina (Ewens y Felker, 2010; Di Marco, 2013). Todo esto condujo a un fuerte deterioro de estos recursos y el ambiente donde se desarrollaban (López, 2000).

Es por ello que en la Argentina y países limítrofes comenzaron a realizarse experiencias sobre cultivo de especies de *Prosopis* y sobre diversos modos de propagación (Galera, 2000; Galera & Arias, 2003; Prosobo, 2007) dada la necesidad de dirigir los esfuerzos hacia el desarrollo y domesticación de especies leñosas que aumenten la sustentabilidad de los sistemas productivos y que permitan recuperar áreas degradadas (Verga, 2000), con el fin de revertir el agotamiento del recurso.

En este contexto, se entiende entonces la necesidad de conocer todos los aspectos atinentes a la forma crecimiento y caracterización de las poblaciones de *Prosopis alba*.

En efecto para un manejo silvicultural correcto es preciso el conocimiento de la forma y el modelo arquitectónico que caracteriza a la especie, pues del modelo arquitectónico dependerá la producción de un tronco recto sin gran cantidad de ramas (Seitz, 1995 citado por Moglia y Giménez 2006). En especies con crecimiento del meristema apical plagiotropo (que crece horizontalmente) como el caso del algarrobo, la producción de un tronco depende esencialmente del ambiente donde se encuentra el árbol. El tronco formado será más corto si hay espacio suficiente para que la copa se expanda. Para que esto suceda debe haber una presión lateral (sombra) que inhiba el crecimiento plagiotropo. En este caso la producción de un buen fuste no sólo dependerá de la poda, sino del ambiente. En el caso de especies cuyo meristema apical es ortótropo, la poda mejorará este modelo arquitectónico valorizando el fuste (Seitz, 1995 citado por Moglia y Giménez 2006). Por lo tanto el análisis del modelo arquitectónico de cada especie ayuda a definir las estrategias para la producción de fustes de buena calidad (Moglia y Giménez, 2006).

El concepto de arquitectura vegetal incluye la idea de “forma” de una planta (Hallé *et al.* 1978 citado por Moglia y Giménez, 2006) y su objetivo es dar una aproximación global y dinámica de su crecimiento. Entre ellos, se encuentran el estudio de las copas de los árboles. Los algarrobos se caracterizan por ser árboles longevos y en edades muy avanzadas presentan portes de gran tamaño, con copas que superan los 10 m de diámetro y alturas que los posicionan como árboles dominantes en el estrato secundario de la región chaqueña (Bender *et al.*, 2015).

La copa del algarrobo

En el presente capítulo se presentan estudios complementarios referidos a los índices (diámetro de los árboles y radio de copa): DAP/RMC y el Índice de vulnerabilidad del leño.

La copa es uno de los principales componentes de la producción primaria en los árboles y sus dimensiones reflejan el vigor de los individuos (Laguna *et al.*, 2008). La tasa de producción de madera de un bosque depende del tamaño y el funcionamiento de copas de los árboles. Las prácticas silvícolas más utilizadas tales como podas influyen directamente en el tamaño de la copa en los *Prosopis* (Álvarez *et al.*, 2013).

Prosopis alba se caracteriza por tener copas redondeadas muy extendidas lateralmente cuando crecen aislados, con valores de forma de copa promedio para diámetros entre 20-88 cm de 1.75 (Cisneros y Moglia, 2016).

Laguna Rodríguez *et al.* (2008), mencionan que la capacidad de protección o recuperación de los suelos, depende de la velocidad con la que se logre la cobertura de árboles, ya que al aumentar la cobertura de la copa, se reduce el impacto de la lluvia y otros agente erosivos sobre el suelo, se aumenta la captación de radiación solar y por ende la producción primaria. Estos procesos permiten generar un microclima propicio para agentes bióticos.

Las dimensiones como el radio de copa y el diámetro de los árboles, merecen especial atención. Lockhart *et al.* (2005), afirman que el índice DAP/radio medio de copa (RMC) es una medida de la eficiencia de un árbol para acumular DAP por unidad de área de la copa. Cuanto mayor sea esta relación, más eficiente es un árbol en la acumulación de DAP.

Hasta el momento no se estudió este índice en *Prosopis alba*, sería de vital importancia conocer estos aspectos, esto sobre todo cuando se pretenden instalar sistemas productivos, hacer enriquecimiento con algarrobo, o recuperar suelos degradados en el marco de leyes que fomentan su implantación ley 25.080.

Material de estudio

En el período de 2012-2016 se muestrearon 100 árboles, de *P. alba*, en la región fitogeográfica del Chaco (Figura 1 y 2), correspondiente a las provincias de Santiago del Estero, Chaco y Formosa (Tabla 1). Se seleccionaron individuos con copas dominantes y co-dominantes. En cada ejemplar se midió el DAP, la altura total, altura de fuste y 8 radios de copa. También se midió la proyección horizontal de 8 radios de copa, con el método de ángulo fijo, (Giménez *et al.*, 2001). El objetivo de este estudio fue determinar el índice DAP/ radio medio de copa propuesto por Lockhart *et al.* (2005).

Tabla 1. Sitios de muestreo con el tipo de clima, elevación, latitud y longitud

Provincia	Latitud	Longitud	Elevación (m snm)	Precipitación (mm/año)	Clima
Santiago del Estero	27°52'53.84"S	64° 9'23.56"O	176	550-600	Semiárido
Chaco	27°39'36.94"S	60°34'55.16"O	73	1108	Subhúmedo
Formosa	24°17'33.51"S	61°51'14.00"O	179	800	Semiárido

Fuente: elaboración propia.



Figura 1. El gran chaco americano
Fuente: TNC *et al.*, 2005.

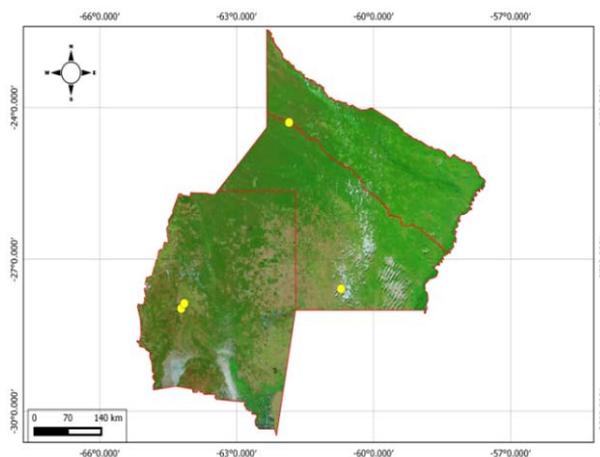


Figura 2. Sitios de muestreo, Región Chaqueña Argentina
Fuente: elaboración propia.

El índice DAP/RMC indica que en promedio por cada metro de incremento del radio de copa el DAP incrementa 8,01 cm en la provincia del Chaco y 7,64 para la provincia de Santiago del Estero (Figura 4), en tanto Formosa tuvo valores más bajo a estas dos provincias ya que el DAP se incrementa 5,85 cm por cada metro de incremento en el radio de copa. De acuerdo a estos resultados los ejemplares de las poblaciones de la provincia

del Chaco tendrían fenotipos más eficientes en la acumulación de DAP. Al aumentar el radio de copa del árbol, el DAP aumenta en forma proporcional, hasta llegar a un cierto límite.

Estudios efectuados por Lockhart *et al.* (2005) afirman que en *Fraxinus pennsylvanica* Marsh, tuvo valores en este índice de 13,9 prácticamente el doble de lo observado en el estudio de *Prosopis alba*.

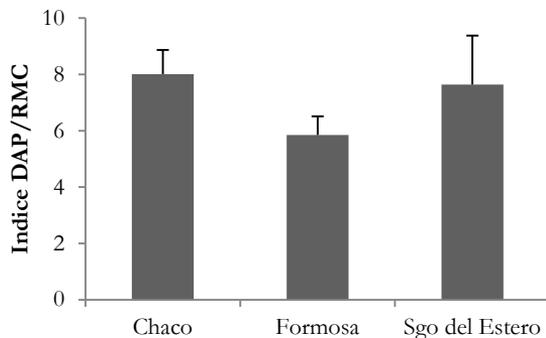


Figura 3. Valores promedios y desvío estándar por sitio del índice DAP/RMC.

Se efectuó un análisis multivariado, de conglomerado (Balzarini *et al* 2008), con las variables morfométricas mencionadas en la Tabla 2, para visualizar que morfotipos se agrupaban entre sí.

Tabla 2. Medidas de resumen, para las variables dasométricas por sitio

Sitio	Variable	n	Media	CV	Min.	Máx.
Chaco	DAP (cm)	6	39,265 ± 8,84	22,52	30,60	55,39
	Htotal (m)	6	10,17 ± 2,14	21,02	6,50	12,50
	Hfuste (m)	6	3,37 ± 0,85	25,32	1,70	4,00
	RMC (m)	6	4,94 ± 1,15	23,32	3,61	6,93
	Índice DAP/RMC	6	8,01 ± 0,86	10,77	6,99	9,14
Formosa	DAP (cm)	6	32,3 ± 2,80	8,67	29,80	36,20
	Htotal (m)	6	10,70 ± 0,87	8,11	9,85	12,06
	Hfuste (m)	6	2,43 ± 0,63	25,92	1,95	3,65
	RMC (m)	6	5,55 ± 0,50	9,06	4,69	6,08
	Índice DAP/RMC	6	5,85 ± 0,66	11,36	5,02	6,63
Sgo del Estero	DAP (cm)	88	40,52 ± 15,72	38,80	19,74	88,17
	Htotal (m)	88	9,55 ± 2,28	23,82	5,20	16,40
	Hfuste (m)	88	2,77 ± 1,06	38,22	1,29	6,90
	RMC (m)	88	5,29 ± 1,52	28,83	1,70	8,98
	Índice DAP/RMC	88	7,64 ± 1,74	22,79	4,29	15,17

Donde DAP: diámetro a la altura del pecho; RMC: radio promedio de copa; Índice de DAP/RMC; N: Número de individuos muestreados; Dev. Std.: desvío estándar; Min.: Mínimo; Máx.: Máximo.

Los resultados del análisis de agrupamiento, permitieron identificar que los individuos de las provincias de Santiago del Estero y el Chaco forman un grupo que difieren de los de Formosa (Figura 4), con un coeficiente de correlación cofenética = 0,962. Un agrupamiento morfológico similar al encontrado en este estudio, fue encontrado por Verga *et al.* (2009) en diferentes grupos morfológicos de *P. alba*, en la zona Centro Norte del País.

Este agrupamiento podría deberse a que el algarrobo se comporta como freatófita (Antezana *et al.*, 2000, Villagra *et al.*, 2009), ya que es común verla en márgenes de represas, en los bosques en galería de los ríos, cinturones boscosos alrededor de depresiones salinas (Giménez *et al.*, 1998). Esta característica de la especie, le permitiría en algún grado independizarse de las variaciones de precipitación (Chaco 1200 y Santiago, a 550 mm), al tener asegurado su fuente de agua, no incidan en las dimensiones de los ejemplares de algarrobo blanco. Aunque actualmente hay escasas las evidencias de la conexión directa del algarrobo blanco a la napa freática, hay estudios efectuados por Jobaggy *et al.* (2011), en *P. flexuosa*, donde mediciones isotópicas estables de agua en las plantas indicaron tasas de captación de agua subterránea de 200-300 mm/año.

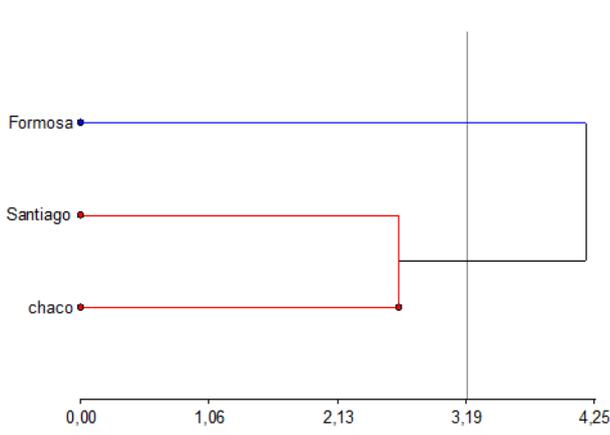


Figura 4. Dendrograma, con los 5 rasgos medidos en los algarrobos blancos, en los tres sitios de muestreo.

Por otro lado se realizó un análisis de regresión entre el DAP y el índice DAP/RMC, donde se probaron los modelos de regresión: lineal, inversa, cuadrática, logarítmica, cubica, compuesta, potencial, curva de S, crecimiento y exponencial. Para selección del modelo de regresión se utilizó el coeficiente de determinación (R^2), error cuadrático medio (C Merror), el estadístico F y la significancia de F. En el análisis se usó un nivel de confianza 95 %, $p \leq 0,05$ para la significancia estadística, se realizó usando el paquete estadístico SPSS. Los resultados obtenidos sugieren el modelo lineal como el más apropiado para estimar el índice DAP/RMC a partir del DAP por tener el mayor R^2 , por ser los coeficientes de la regresión β_0 , β_1 estadísticamente significativos, $p < 0,0001$. Existe una relación positiva lineal entre el DAP y el índice (Figura 5). Ya que el DAP explica un 43% de la variación observada en el índice DAP/RMC.

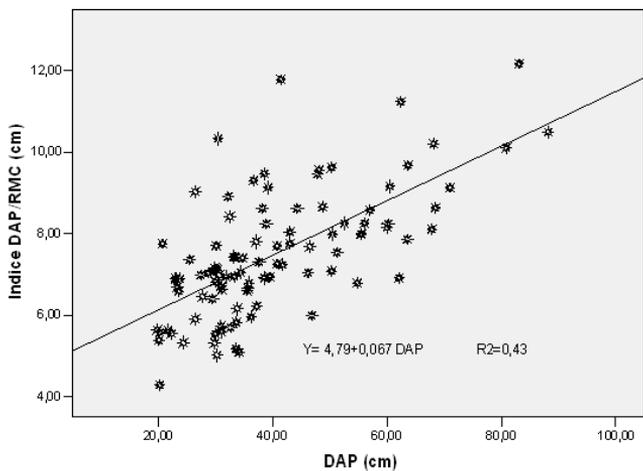


Figura 5. Relación lineal entre DAP y el Índice DAP/RMC

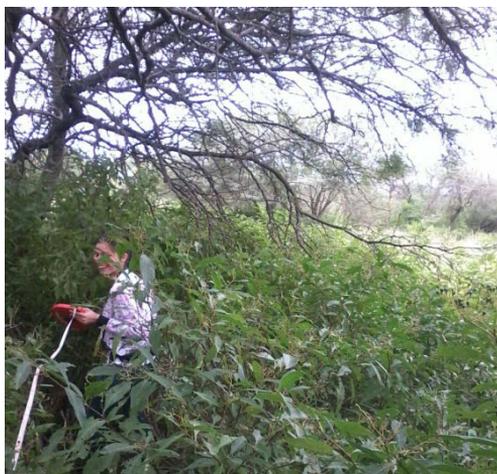


Figura 6. Radios de copa medidos en la localidad del Zanjón, Sgo del Estero



Figura 7. Rodal de *P. alba* integrado con ganado menor en la localidad del Zanjón, Santiago del Estero



Figura 8. Ejemplar de *P. alba* en la localidad de Upianita, Santiago del Estero



Figura 9. ejemplar de *P. alba* en Villa Ángela, Chaco

3. El leño del algarrobo y el ambiente. Algunas respuestas desde la eco-anatomía

Existen muchas investigaciones que relacionan las condiciones ambientales y su influencia en los vegetales: en la anatomía foliar, del leño o el crecimiento radial (Hacke and Sperry, 2001; Vilela, 2001, Corcuera *et al.*, 2004, Akkemik *et al.*, 2007, Esposito-Polesi *et al.*, 2011). Estas investigaciones hacen referencia a modificaciones como el espesor de la cutícula, la cantidad de estomas en las hojas, el espesor de los anillos de crecimiento y de las paredes celulares, tipo de parénquima, ancho de las punteaduras intervasculares, porosidad en la membrana de las punteaduras, espesamientos espiralados, el diámetro tangencial en los vasos y la frecuencia de los mismos, tipo de placas de perforación, ajuste osmótico en plantas, son algunos de los rasgos que las investigaciones efectuadas hasta el momento tuvieron en cuenta sobre :anatomía ecológica.

Los árboles y arbustos de *Prosopis* tienen mecanismos que les permite tolerar o evadir el estrés hídrico. Los estudios de Villagra *et al.* (2009) sostiene que una de las estrategias son desarrollar un sistema radical dimórfico extenso con una raíz vertical pivotante de varios metros de longitud y raíces superficiales, que se extienden lateralmente más allá del área ocupada por las copas lo cual facilita el acceso de agua tanto en profundidad como en superficie.

La plasticidad fenotípica, la adaptación local o la combinación de ambas son las respuestas esperadas para su supervivencia (Aitken *et al.*, 2008), esto puede observarse en los estudios efectuados por Antezana *et al.* (2000) en Bolivia quienes demuestran que *Prosopis alba* puede vivir en ambientes con rangos altitudinales que varían de 260 m hasta los 3000 msnm y precipitaciones que van desde los 400 a 800 mm, comportándose en este país como freatófito obligado, estagnófilo facultativo y halófilo facultativo, ocupando suelos Fluvisoles gleico, F. dístico, F. eútricos Gleysoles eútricos, G. dísticos, Solonetz gleicos. Esto demostraría en parte la adaptabilidad a un rango amplio de ambientes.

Villagra (2000) menciona que en Argentina, el género *Prosopis* ha sufrido un proceso adaptativo desde el Chaco subhúmedo hacia zonas más áridas y frías al oeste y al sur. Este proceso ha ocurrido a través de la adquisición de adaptaciones morfológicas y fisiológicas, como el paso de bioformas arbóreas a arbustivas, reducción foliar, ajuste osmótico, entre otros. Esto hace que la distribución del género abarque una gran variedad de condiciones ambientales, entre las que se pueden destacar dos gradientes muy claros: uno 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).

Al cambiar las condiciones ambientales, también pueden llegar a cambiar rasgos anatómicos del leño en las plantas (Villalba and Boninsegna, 1989) con este supuesto, se trabajó en dos rodales semilleros uno en villa Ángela, Chaco, con mayor precipitación media anual y el otro en Los Arias, Santiago del Estero, de menor precipitación media anual.

En estudios efectuados sobre el hidrosistemas de la especies de la Región Chaqueña Moglia y Giménez 1998) y específicamente *Prosopis alba* (Cisneros y Moglia, 2015), demuestran su importancia sobre todo, cuando se quiere establecer plantaciones con esta especie.

La eficiencia o máxima conductividad de agua como la seguridad en la conducción están fuertemente relacionadas con el diámetro y frecuencia de vasos, observándose que un aumento del diámetro de los poros podría incrementar notablemente la eficiencia en cuanto a conducción, pero al mismo tiempo disminuir la seguridad (Baas and Carlquist, 1985; Moglia y Giménez 1998; Pock Man & Sperry 2000; Moglia y López, 2001; León, 2005).

Estudios anatómicos efectuados por Montaña-Arias *et al.* (2013), evidencian que las especies con elementos traqueales anchos, son más vulnerables a la cavitación provocada por la sequía, que aquellos con conductos estrechos. Lindorf, *et al.* (1994) asegura que la arquitectura hidráulica es solo una forma de las múltiples que existen en las plantas para sobrevivir en situaciones de estrés hídrico.

Carlquist (1977) formuló índices que relacionan la anatomía de la madera con la humedad donde crecen las plantas. Uno de ellos es el índice vulnerabilidad que es igual al diámetro promedio de los elementos de los vasos entre la frecuencia o número de poros por mm². Para un valor mayor a 1 son catalogadas como vulnerables a la cavitación y menores a 1 seguras en la conducción del agua (Baas y Carlquist, 1985; Carlquist, 1977; Parra, 2010). Se compararon rasgos de elementos vasculares (diámetro y frecuencia de poros) para calcular el Índice de Vulnerabilidad (IV) en individuos de *Prosopis alba* Griseb. en dos sitios: Villa Ángela, Chaco y Los Arias Santiago del Estero, con diferentes condiciones ambientales, en la Región Chaqueña Argentina.

Tabla 3. Análisis de la Varianza de caracteres anatómicos para sitios y árboles dentro de cada sitio.

Variable Anatómica	p-valor entre arboles	P-valor entre sitios
Índice de vulnerabilidad IV	**	**
Diámetro de vasos (µm)	NS	NS
Frecuencia (vasos/mm ²)	**	**

** Indican significancia al 95% de probabilidad, NS (no significativo).

El índice de vulnerabilidad promedio en ambos sitios fue mayor a 1. El valor de vulnerabilidad más alejado de la unidad corresponde al sitio 2, Villa Ángela, Chaco con un valor (IV=22,26) mientras que Los Arias el índice tuvo un valor 8,73. El ANOVA efectuado mostró diferencias estadísticamente significativas en el índice de vulnerabilidad entre árboles de un sitio y entre sitios.

Estos valores indicarían que en ambos sitios la especie tiende a ser eficiente en la conducción de agua a costo de su seguridad, pero para entender estos mecanismos con más certeza entre ambientes e individuos, sería conveniente colocar en el análisis otros aspectos relacionados a presos fisiológicos o adaptaciones de órganos en las plantas.

Estudios similares en la Región Chaqueña Argentina revelaron, en especies de *Prosopis* y *Acacias*, índices de vulnerabilidad relativamente altos (3-5) (Moglia y Giménez, 1998). Otros autores (Lindorf, 1994; León, 2005) en bosques tropicales muy secos de Venezuela, encontraron valores de este índice entre 1,6-93,0 para distintas especies de leguminosas. En tanto, Montaña-Arias *et al.* (2013) basándose en este índice determino que 5 especies de leguminosas estudiadas presentaron poca resistencia al estrés hídrico.

La explicación probable de tener maderas mesomórficas en ambientes semiáridos como en Santiago del Estero podría ser el efecto “mitigante” de la presencia de otros órganos vegetales adaptados al xerofitismo, (Moglia y Giménez, 1998). En este caso podría deberse a raíces freatófitas (Carlquist, 1977; Rury and Dickinson, 1984).

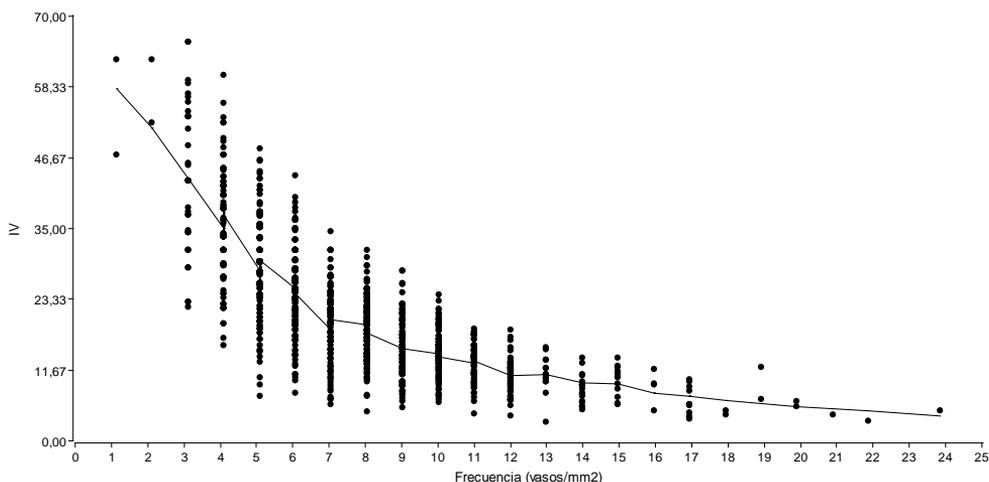


Figura 10. Diagrama de dispersión suavizado del índice de vulnerabilidad en función de la frecuencia de vasos.

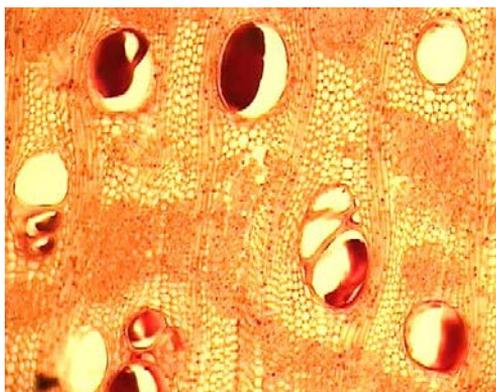


Figura 10. Corte transversal individuo 4, Villa Ángela, Chaco.

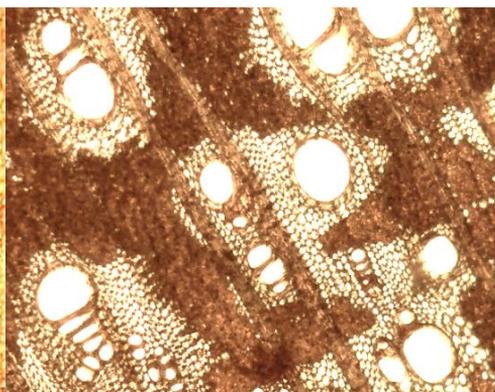


Figura 11. Corte transversal individuo 2, Los Arias, Santiago del Estero

4. Adaptación a la salinidad

Estudios efectuados por Meloni *et al.* (2004), sobre el efecto del estrés salino en el crecimiento y la acumulación de solutos en plántulas de *Prosopis alba*, señalan que concentraciones muy altas de sales (NaCl) 600 mmol.L-1 reduce la biomasa seca de tallos y raíces en un 65 y 37 % respectivamente, pero incrementos en la salinidad de hasta 300 mmol.L-1 de NaCl no afecta la biomasa de la planta, incrementos del índice parte

radical/parte aérea parecería ser una adaptación a la salinidad, como consecuencia de una mayor eficiencia hídrica y consumo de nutrientes bajo estrés salino (Gorham *et al.*, 1985).

Otros estudios efectuados por Silva *et al.* (2013), establecen umbrales de potenciales hídricos para su germinación, bajo condiciones de estrés salino e hídrico, de -2,2 MPa y 1,9 MPa, respectivamente, siendo el algarrobo blanco más tolerante al estrés salino que hídrico.

Los estudios genéticos relacionados a la adaptabilidad en *P. alba* abordados por Bessega *et al.* (2015), en 15 rasgos cuantitativos de 32 familias de polinización abierta, con 8 orígenes, mostraron que diferencias entre orígenes fueron mayores que las medioambientales y no contribuirían a la diferenciación fenotípica. Estudios similares realizados por Ledesma *et al.* (2008), en 2 orígenes de *Prosopis alba*, encontraron mayor desempeño en volumen aserrable en los orígenes del Chaco respecto a los de Santiago del Estero.

Estudios de biomasa, realizados por Felker *et al.* (1989), en clones de *P. alba*, en el sur semiárido de Texas, encontraron que años de precipitaciones favorables (550 mm), se logró productividades de hasta 20 t/ha de materia seca. Esto refleja en gran medida el potencial de los algarrobos en ambientes con déficit hídrico.

Los numerosos estudios realizados en algarrobo blanco, reafirman la importancia de *P. alba*, un recurso fundamental para zonas semiáridas de Argentina, su variabilidad tanto fenotípica como anatómica, es de gran interés para los programas de mejora genética. Cualidades en su crecimiento, productividad, como así también su tolerancia a distintas condiciones ambientales, son de elevada utilidad para recuperar sitios salinos o degradados.

Referencias bibliográficas

- Akkemik, Ü.; A. Efe; Z. Kaya and D Demir.2007. Wood anatomy of endemic Rhamnus species in the Mediterranean Regin of Turkey. *LAWA Journal*, Vol. 28 (3) 2: 301-310
- Antezana, C.; M. Atahuachi; S. Arrázola; E. Fernandez y G. Navarro. 2000. Ecología y biogeografía del género *Prosopis* (Mimosaceae) en Bolivia. *Rev. Bol. Ecol.* 8 (1): 25-36.
- Alvarez, J. A.; P. E. Villagra; R. Villalba; G. Debandi. Effects of the pruning intensity and tree size on multi-stemmed *Prosopis flexuosa* trees in the Central Monte, Argentina. *Forest Ecology and Management* 310: 857-864.
- Araujo, P. A.; A. Remacha Gete; J. C. Medina y V. R. Taboada. 2003. Los recursos maderables del Chaco Semiárido Argentino. Características, usos actuales y potenciales. *Revista AITIM* 224. p 50-53.
- Baas, P. and S. Carlquist. 1985. A comparison of ecological wood anatomy of the floras of southern California and Israel. *LAWA Bull.* 6(4): 349-353.
- Balzarini, M. G.; L. Gonzalez; M. Tablada; F. Casanoves; J. A. Di Rienzo; C. W. Robledo. 2008. *Manual del Usuario InfoStat*. Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.336p
- Bender, A.; J. Araujo; M. Perreta y J.Moglia. 2015. Magnitudes dendrométricas de cuatro poblaciones de algarrobo blanco (*Prosopis alba* griseb.) de diferentes edades. *Revista FAVE - Ciencias Agrarias* 14(1): 17-32.

- Bessega, C.; C. Pometti; M. Ewens; B. O. Saidman; J. C. Vilardi. 2015. Evidences of local adaptation in quantitative traits in *Prosopis alba* (Leguminosae). *Genetica* 143(1):31-44. DOI 10.1007/s10709-014-9810-5.
- Carabajal de Belluomini, M. y D. C. Fiorentino. 2006. Caracterización fitosanitaria de viveros de *Prosopis alba* (Griseb) en Santiago del Estero. *Quebracho* 13: 93-102. ISSN 1851-3026.
- Carabajal de Belluomini M. V.; L. Castresana; V. Salim, y A. Notario. 2009. The diversity of galls and their occurrence in productive forest systems of *Prosopis alba* (Griseb) in Santiago del Estero, Argentina. *Bol. San. Veg. Plagas* 35: 255-265
- Carlquist, S. 1977. Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. *Amer. J. Bot.* 64: 887-896.
- Cisneros, A. B. y J. G. Moglia. 2015. Variabilidad del índice de vulnerabilidad en *Prosopis alba* (Griseb) en dos sitios de la Región Chaqueña. *Rev. Quipu Forestal* (1). ISSN: 24227560.
- Cisneros, A. B. y J. G. Moglia. 2016. Características morfométricas de árboles de *Prosopis alba* en la Región Chaqueña. VI Reunión Binacional de Ecología. Libro de resúmenes pag. 176.
- Castillo de Meier, G. y A. Barceló Muñoz. 2002. Cultivo horizontal de segmentos uni-nodales de plantas de *Prosopis alba* griseb. (Leguminosae). XIII Reunión de Comunicaciones Científicas y Técnicas, Facultad de Ciencias Agrarias - UNNE.
- Corcuera, L.; J. J. Camarero, E. Gil-Pelegrín. 2004. Effects of a severe drought on growth and wood anatomical properties of *Quercus faginea*. *LAWA Journal*, Vol. 25 (2): 185-204
- Di Marco, E. 2013. *Prosopis alba* Griseb. (Algarrobo Blanco) (Familia Fabaceae, Mimosoideae). Ficha Técnica. Área Técnica Promoción Dirección de Producción Forestal MAGyP.
- Esposito-Polesi, N.; R. Ribeiro Rodríguez y M. de Almeida. 2011. Anatomia ecológica da folha de *Eugenia glazioviana* kiaersk (Myrtaceae). *Revista Árvore*, Viçosa. 35(2): 255-263.
- Ewens, M. and P. Felker. 2003. The potential of mini-grafting for large-scale production of *Prosopis alba* clones. *Journal of Arid Environments*. 55: 379–387
- Ewens, M. and P. Felker. 2010. A comparison of podproduction and insect ratings of 12 elite *Prosopis alba* clones in a 5-year semi-arid Argentine field trial. *Forest Ecology and Management* 260 (3): 378-383.
- Fagg, C. W. and J. L. Stewart. 1994. The Value of *Acacias* and *Prosopis* in Arid and Semi-arid environment. *Journal of Arid Environments* 27: 3-25
- Felker, P. and J.C. Guevara. 2003. Potential of commercial hardwood forestry plantations in arid lands - an economic analyses of *Prosopis* lumber production in Argentina and the United States. *Forest Ecology and Management* 186 (1-3): 271–86. doi:10.1016/S0378-1127(03)00280-9.
- Felker, P.; C. López; C. Soulier, J. Ochoa, R. Abdala, M. Ewens. 2001. Genetic evaluation of *Prosopis alba* (algarrobo) in Argentina for cloning elite trees. *Agroforestry Systems* 53 (1): 65-76. ISSN: 01674366.
- Felker, P.; D. Smith; C. Wiesman and R. L. Bingham. 1989. Biomass Production of *Prosopis alba* Clones at Two Non-Irrigated Field Sites in Semiarid South Texas. *Forest Ecology and Management*. 29 (1): 135-150.
- Galera, F. M. 2000. Los Algarrobos. Las especies del género *Prosopis* (algarrobos) de América Latina con especial énfasis en aquellas de interés económico. FAO-UNC. Córdoba.
- Galera, F. y R. Arias. 2003. Productividad en cultivo para *Prosopis alba* var. *Panta* y *Prosopis nigra* como madera y forraje no convencional en el NO de Córdoba. 2003. 2º Congreso Nacional sobre manejo de pastizales naturales, San Cristóbal, Santa Fe.
- Giménez, A. M.; N. Ríos; J. Moglia; C. Lopéz. 1998. Leño y corteza de *Prosopis alba* Griseb., algarrobo blanco, Mimosaceae, en relación con algunas magnitudes dendrométricas. *Bosque* 19(2): 53-62.

- Giménez, A. M.; N. Ríos; J. G. Moglia; P. Hernández; S. Bravo. 2001. Estudio de magnitudes Dendrométricas en función de la edad en *Prosopis alba* Griseb., algarrobo blanco, Mimosaceae. *Forest. Venez.* 45(2): 175-183.
- Giménez, A. M.; N. Ríos; J. G. Moglia; P. Hernández y S. J. Bravo. 2001. Evolución de magnitudes dendrométricas en función de la edad en *Prosopis alba* Griseb., algarrobo blanco, Mimosaceae. *Revista Forestal Venezolana* 45 (1): 175-183.
- Giménez, A. M.; N. Ríos y J. Moglia. 1998. Leño y corteza de *Prosopis alba* griseb., algarrobo blanco, mimosaceae, en relación a algunas magnitudes dendrométricas. Universidad Austral de Chile. *Revista Bosque* 19 (2): 53-62. ISSN: 0304-8799.
- Gorham, J., R. G. Wyn Jones; E. McDonell. 1985. Some mechanisms of salt tolerance in crop plants. *Plant Soil* 89 (1):15-40. doi:10.1007/BF02182231.
- Grulke, M. 1994. Propuesta de manejo silvopastoril en el chaco salteño. *Quebracho* 2 (1): 5-13.
- Hacke, G. U. & J. S. Sperry. 2001. Functional and ecological xylem anatomy. Perspectives in Plant Ecology, *Evolution and Systematics* 4(2): 97-115.
- Jobbagy, E. G.; M. D. Noretto; P. E. Villagra and R. B. Jackson. 2011. Water subsidies from mountains to deserts: their role in sustaining groundwater-fed oases in a sandy landscape. *Ecological Applications* 21(3): 678-694.
- Juárez de Galíndez, M.; A. M. Giménez; N. Ríos; M. Balzarini. 2005. Modelación de crecimiento en *Prosopis alba* Griseb. empleando dos modelos biológicos. *Quebracho* 12: 34-42
- Juárez de Galíndez, M.; A. M. Giménez; N. Ríos; M. Balzarini. 2008. Determinación de la edad de aprovechamiento de individuos de *Prosopis alba* mediante un modelo logístico de intercepto aleatorio para incrementos radiales. Instituto Forestal de Chile. *Ciencia e Investigación Forestal*. 14 (2): 287-299.
- Laguna Rodríguez, R.; S. Valencia Manzo; J. Meza Rangel; M. A. Capó Arteaga y A. Reynoso Pérez. 2008. Crecimiento y características de la copa de procedencias de *Pinus gregii* Engelm. en Galeana Nuevo León. *Rev. Fitotec. Mex* 31(1): 19-26.
- Ledesma, T.; G. De Bedia y C. López. 2008. Productividad de *Prosopis alba* Griseb En Santiago del Estero. *Quebracho* 15(1): 5-9.
- Lindorf, H. 1994. Ecoanatomical wood features of species from a very dry tropical forest?. *LAWA Journal*: 15 (4): 361-376.
- León, W. J. 2005. Anatomía ecológica del xilema secundario de un bosque seco tropical de Venezuela. *Acta Bot. Venez.* 28 (2): 257-274.
- Lockhart, B. R.; R. C. Weih and K. M. Smith. 2005. Crown Radius and Diameter at Breast Height Relationships for Six Bottomland Hardwood Species. *Journal of the Arkansas Academy of Science* 59(1): 110-15.
- López, C. 2005. Evaluación de la Variación Genética de Especies del Género *Prosopis* de la Región Chaqueña Argentina para su Conservación y Mejoramiento. Capítulo III: *Mejores Árboles para más Forestadores*. Editor: Carlos Norberto, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca Pag. 195-203. Buenos Aires. ISBN: 9879184475.
- López, C. 2000. Proyecto de Investigación Aplicada. Instalación de ensayos de productividad de *Prosopis alba* en el área de riego de Santiago del Estero. *PLA* 42/96, 15 p.
- Meloni, D. A.; M. R. Gulotta; C. A. Martínez and M. A. Olivera. 2004. The effects of salt stress on growth, nitrate reduction and proline and glycinebetaine accumulation in *Prosopis alba*. *Braz. J. Plant Physiol.*, 16(1):39-46.
- Ministerio de Agroindustrias. Resol. 244/2013. Creación del Programa Nacional del Algarrobo.
- Moglia, J. G. y A. M. Gimenez. 1998. Rasgos anatómicos característicos del hidrosistema de las principales especies arbóreas de la Región Chaqueña Argentina. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* 7 (1 y 2): 53-71.

- Moglia, J. G y C. López. 2001. Estrategia adaptativa del leño *Aspidosperma quebracho blanco*. *Madera y Bosques* 7(2): 13-25. ISSN 1045-0471.
- Moglia, J. G.; A. B. Cisneros; A. M. Giménez y D. González. 2014. Crecimiento y variabilidad de madera en *Prosopis alba*. Congreso del Gran Chaco. [en línea]. [fecha de consulta: 13 Septiembre de 2016], p. 271-280. Disponible en: <http://www.congracha.org/web/publicaciones_impresa/publicacion_001.pdf>
- Moglia, J. G. y A. M. Giménez. 2006. Análisis de la Arquitectura Vegetal de *Prosopis alba* y *P. nigra*. Resultados preliminares. *II Jornadas Forestales de Santiago del Estero. El algarrobo*
- Moglia, J. G.; E. Pam ; D. A. González, M Juárez de Gamildez y M. Humland. 2014. Variabilidad de las propiedades físicas de la madera entre y dentro de árboles de un rodal semillero de *Prosopis alba*. p 271. [en línea]. [fecha de consulta: 26 Septiembre de 2016], p. 485. Disponible en: <http://www.congracha.org/web/publicaciones_impresa/publicacion_001.pdf>
- Mónaco, C. G. 2015. El avance de la frontera agrícola y su impacto: 9 de julio, chaco. 1990-2010. *Revista del Departamento de Ciencias Sociales*. 3 (1): 117-138.
- Montaño-Arias S. A.; S. L. Camargo-Ricalde y C. P. Pérez-Olvera. 2013. Ecoanatomía de los elementos de vaso de la madera de cinco especies del género *Mimosa* (Leguminosae-Mimosoideae). *Botanical Sciences* 91 (1): 1-10.
- Ocampo, T. L. 2001. *Ficha Técnica Sistemas Silvopastoriles*. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (SAGARPA). Subsecretaría de desarrollo rural. Dirección general de apoyos para el desarrollo rural. pp8.
- Parra, M. 2010. Determinación de índices de vulnerabilidad y mesomorfía en especies de Laurales de la selva San Eusebio (merida, venezuela). *Pittieria* 34 (1): 12-22.
- Pockman, W. T. & J. S. Sperry. 2000. Vulnerability to cavitation and the distribution of Sonoran Desert vegetation. *American Journal of Botany* 87 (1): 1287-1299.
- Prokopiuk, D. 2010. Influence of Roasting on the Water Sorption Isotherms of Argentinean Algarroba (*Prosopis alba* Griseb) pods. *International Journal of Food Properties* 13(4): 692-701. DOI: 10.1080/10942910902742055.
- ProSoBo. 2007. *Producción de semillas y plantines de árboles nativos seleccionados de la cuña boscosa santafecina - Programa Social de Bosques (ProSoBo)*. Facultad de Ciencias Agrarias (Universidad Nacional del Litoral) y FUNDAPAZ. Disponible en: <<http://www.fca.unl.edu.ar/arbolesnativos/proyecto.html>>.
- Rury, P. and Dickinson. 1984. Structural correlations among wood, leaves and plant habit. *In: R. A. White, W. C. Dickinson* (eds.); *Contemporary problems in plant anatomy*: 495-540. Academic Press, New York, London.
- Scambato, A. A.; M. Echeverría; P. Sansberro; O. A. Ruiz and A. B. Menéndez. 2011. *Glomus intraradices* improved salt tolerance in *Prosopis alba* seedlings by improving water use efficiency and shoot water content. *Braz. J. Plant Physiol.*, 22(4): 285-289. DOI:00.0000/S000000-000-0000-0 SHORT.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. 2008. *El avance de la frontera agropecuaria y sus consecuencias. Subsecretaría de Planificación y Política Ambiental*. Dirección Nacional de Ordenamiento Ambiental y Conservación de la Biodiversidad.
- Silva, M.; M. Gulotta; A. B. Cisneros; E. Bravo; R. Ledesma; D. Meloni. 2013. Germinación de semillas de *Prosopis alba* G. en Condiciones de Estrés Salino e hídrico. *XXX Jornadas Científicas. Asociación de Biología de Tucumán*. ISBN: 978-950-554-825-5.
- The Nature Conservancy (INC), Fundación Vida Silvestre Argentina (FVSA), Fundación para el Desarrollo Sustentable del Chaco (DeSdel Chaco) y Wildlife Conservation Society Bolivia (WCS). 2005. *Evaluación Ecorregional del Gran Chaco Americano* 1a ed. / Gran Chaco Americano. Buenos Aires. Fundación Vida Silvestre Argentina. ISBN 950-9427-12-8
- Taleisnik, E. y D. Lopez Launstein. 2011. Leñosas perennes para ambientes afectados por salinidad. Una sinopsis de la contribución argentina a este tema. *Ecología Austral* 21: 3-14.

- Turc C. and B. Cutter. 1984. Sorption and Shrinkage Studies of Six Argentine Woods. *Wood and Fiber Science*, 16(4): 575-582.
- Vega, M. V.; G. Castillo de Meier; A. Russo de Bordoy; O. A. Bovo. 2002. *Enraizamiento de acodos aéreos realizados en árboles adultos de Prosopis alba Griseb.* Novenas Jornadas Técnicas Forestales. El dorado, Misiones, Argentina.
- Verga, A. 2005. Recursos genéticos, mejoramiento y conservación de especies del género *Prosopis*. En: Mejores árboles para más forestadores. Editor: Carlos Norberto, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Buenos Aires. Pag. 205-222. ISBN: 9879184475.
- Vilela, A. 2001. *Pinus chiapensis*: un enfoque ecológico de su anatomía foliar. *Polibotánica*. 11,(1): 111-120, ISSN 1405-2768, México.
- Villagra, P. 2000. Aspectos ecológicos de los algarrobales argentinos. Departamento de Dendrocronología e Historia Ambiental. IANIGLA-CRICYT. *Multequina* 9(2): 35-51. ISSN 0327-9375.
- Villagra, P. y M. S. Morales. 2003. Dendroecology of *Prosopis* woodlands in the Argentine arid zone. *IANIGLA* 1973-2002: 53-57
- Villagra, P.; A. Vilela; C. Giordano and J. A. Álvarez. 2009. Desert Plants: Biology and Biotechnology. Ecophysiology of *Prosopis* Species From the Arid Lands of Argentina: What Do We Know About Adaptation to Stressful Environments? Chapter 15. Editor Ramawat K. pp. 508.
- Villalba, R. and Boninsegna J. A. 1989. Dendrochronological studies on *Prosopis flexuosa* D.C. *LAWA Bulletin* 10:155-160.
- Verga, A. 2000. Algarrobos como especies para forestación: una estrategia de mejoramiento. *SAGPyA Forestal* 16: 12-18.
- Verga, A.; M. Navall; J. Joseau; O. Royo; W. Degano. 2009. Caracterización morfológica, distribución geográfica y estimación de nichos ecológicos de algarrobos (*Prosopis* sp.) en las regiones fitogeográficas Chaqueña y Espinal norte de Argentina. *Quebracho*. 17: 31-40.

Evaluación de propiedades relacionadas a la calidad de madera en *Eucalyptus camaldulensis*

González D.¹ y J. G. Moglia¹



1. Introducción

Las actividades realizadas en el bosque nativo con el propósito de abastecer de madera a los aserraderos que existen en el NOA, trajeron aparejada la extracción excesiva y sin criterio técnico de especies forestales de alto valor comercial, provocando la degradación del recurso forestal en gran parte de la Región Chaqueña.

Esta realidad, llevo a que surgieran decisiones legislativas tendientes a dar solución a ciertas necesidades sociales, una de ellas fue la de incentivar plantaciones forestales mediante la ley 25.080 y más recientemente con la intención de proteger y conservar los bosques nativos surge la ley 26.331. Sin embargo, la demanda madera continúa en aumento y la oferta es aún limitada.

Con la visión de plantear una alternativa diferente mediante la incorporación de especies de rápido crecimiento a fin de diversificar la producción forestal de la región y descomprimir la situación por la que atraviesan nuestros bosques, en el año 1996 la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Santiago del Estero por intermedio de los Dres. Carlos López y Luis Fornés, introdujeron familias de progenies de polinización abierta de *Eucalyptus camaldulensis* procedentes de Australia y Sudáfrica estableciendo ensayos en Santiago del Estero (Zanjón) y en Tucumán (Faimallá).

No obstante, para la introducción y utilización de esta especie en nuestra provincia, se requiere no solo de un adecuado conocimiento de su comportamiento productivo y reproductivo sino también de su comportamiento tecnológico, de la demanda que tenga y de las acciones de difusión y promoción que se lleven adelante.

¹ Laboratorio de Anatomía de la Madera, Instituto de Silvicultura y Manejo de bosques, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina.; E-mail: gonzidamian@yahoo.com.ar

Para conocer el potencial tecnológico es preciso determinar características asociadas a la calidad de la madera. Esta “calidad” se encuentra estrechamente vinculada a las propiedades intrínsecas de la madera y fundamentalmente al objetivo de producción (López, 2005). Sin embargo es necesario tener en cuenta que la madera, al ser un material heterogéneo, presenta variaciones de sus propiedades tanto entre como dentro de una especie (Kollmann y Cote, 1968), entre clones y dentro de un mismo clon (Tomazello Filho, 1985; Evans *et al.*, 2000) e incluso dentro del mismo individuo en las direcciones radial y longitudinal.

El estudio de la variabilidad hace necesario realizar ensayos sobre numerosos individuos y muestras, proceso que se vuelve lento y costoso, principalmente porque estos ensayos se realizan de manera convencional. Por esta razón, el desarrollo de nuevas y sofisticadas técnicas instrumentales y metodologías que permitan la determinación de varias propiedades en forma simultánea de manera no destructiva, se están volviendo cada vez más popular.

Ante la demanda de madera en el NOA, se procedió a estudiar las características relacionadas a la calidad de madera en los materiales genéticos de *Eucalyptus camaldulensis* implantados en Santiago del Estero, con el menor impacto posible por ser uno de los pocos ensayos genéticos del país donde se encuentran identificados los orígenes y procedencias de esta especie. Para tomar tal recaudo se recurrió al uso de técnicas no destructivas y al abatimiento de pocos individuos seleccionados dentro de las procedencias que mejor se adaptaron y desarrollaron según los estudios de López (2004) a fin de corroborar la eficiencia de los equipos utilizados.

2. El género Eucalipto en Argentina-Aspectos generales

La introducción de los eucaliptos en Argentina comienza con la plantación de *E. globulus* en 1857, principalmente para cortinas y montes de reparo de la ganadería en Buenos Aires, y luego con eucaliptos colorados como *E. camaldulensis* y *E. tereticornis*. Finalmente se incorporó *E. grandis*, siendo hoy en día, el más abundante en superficie plantada y de mayor industrialización.

Posteriormente los eucaliptos colorados sucedieron al *E. globulus* en el distrito bonaerense y comenzaron a expandirse a otras regiones como Mendoza, Córdoba, Santa Fe y el NOA, debido a su gran rusticidad y plasticidad.

La madera de eucalipto que fue utilizada en un primer momento en el mercado de Buenos Aires provenía de árboles híbridos o de poca aptitud, esto producía rajaduras y alabeos frecuentes en la madera y como consecuencia de ello comenzó a ser poco considerada y menospreciada durante muchos años. En la actualidad las plantaciones con material genético mejorado y el uso de tecnologías apropiadas para el tratamiento de la madera, permite vislumbrar un panorama muy alentador para el uso de eucaliptos.

Según Sánchez Acosta (2005) las especies utilizadas a nivel comercial en las zonas Pampeana y Mesopotámica se restringe a *E. grandis*, *E. viminalis*, *E. globulus*, *E. dunnii*, *E. camaldulensis* y *E. tereticornis*

3. *Eucalyptus camaldulensis*

Eucalyptus camaldulensis Dehnh es sinónimo de *Eucalyptus rostrata* Schlecht; pertenece a la familia Mirtáceas. Es un árbol de 20 a 50 m de altura y originario de Australia. Tiene un tronco liso de color gris o marrón claro, que muestra un aspecto manchado ocasionado por los numerosos fragmentos de corteza que se caen (Mangieri y Dimitri, 1961).

Tanto *E. camaldulensis* como *E. tereticornis* son llamados colorados, por presentar maderas de color rojo a pardo rojizo en el duramen. Su textura es fina y homogénea; con grano entrecruzado u ondulado. Son maderas pesadas (D.B. 0,75-0,98 g/cm³) y duras, comparables entre sí. Son relativamente fáciles de trabajar, se pulen bien y adquieren mucho brillo.

Según Marco y Harrant (2005) los eucaliptos colorados presentan un crecimiento menor a los blancos y rosados, de 25 a 10 m³/ha/año. Sin embargo estos valores son mayores a los de *Prosopis alba*, especie cultivada en la región chaqueña, donde alcanza una tasa de crecimiento anual de 8 a 9 m³/ha. (Braier, 2004)

Es la especie del género *Eucalyptus* de más amplia área de dispersión en Australia, encontrándose en casi todos los estados, con una gran variedad de climas, dándole a la especie gran variabilidad genética. Su rango latitudinal va de los 12 ½ a los 38° S, casi toda la parte continental de Australia con excepción de partes del sur de Western Australia (WA) y South Australia (SA) y una franja angosta costera sobre los estados de Victoria (VIC), New South Wales (NSW) y Queensland (QLD) (Figura 1), generalmente en riberas de cursos de agua sobre suelos arenosos aluviales. La especie crece en climas templados con lluvias de invierno en la parte sur, a tropicales con lluvias de verano en la parte norte del continente australiano, con precipitaciones que van de los 200 mm a más de 1100 mm/año. Las heladas son frecuentes e intensas en el sur y ausentes en el norte. El rango de altitud va de los 20 a 700 metros sobre el nivel del mar (Eldridge, *et. al.*, 1994).

Para Eldridge, *et al.* (1994) fuera de Australia quizás constituye la principal especie de eucalipto plantada en zonas áridas o semiáridas y resiste tanto condiciones de extrema sequía como inundaciones periódicas, tolera suelos salinos y se adapta a subsuelos con terreno arcilloso. Ello demuestra la alta plasticidad de la especie, que la hace extremadamente apta para plantaciones en diferentes partes del mundo.

En el trabajo de Tinto (1979), “Utilización de los Recursos Forestales Argentinos” se detallan los usos a que puede destinarse la madera de *Eucalyptus camaldulensis*. Entre los más destacados se menciona pastas celulósicas, tableros de fibra, paneles aglomerados, postes impregnados, partes de equipos y máquinas, escaleras fijas en interiores, carpintería rural, construcciones rurales, marcos para aberturas, marcos para puertas exteriores y ventanas, parquet, pisos, chapas, esqueletos de techos, pisos a la intemperie, leña y carbón de calidad por su alto calor específico. En la actualidad, con la tecnología disponible, las aptitudes de

esta madera ya contemplan usos como mueblería con la única desventaja, que en algunos casos los muebles pueden ser moderadamente pesados si son sobredimensionadas las piezas.

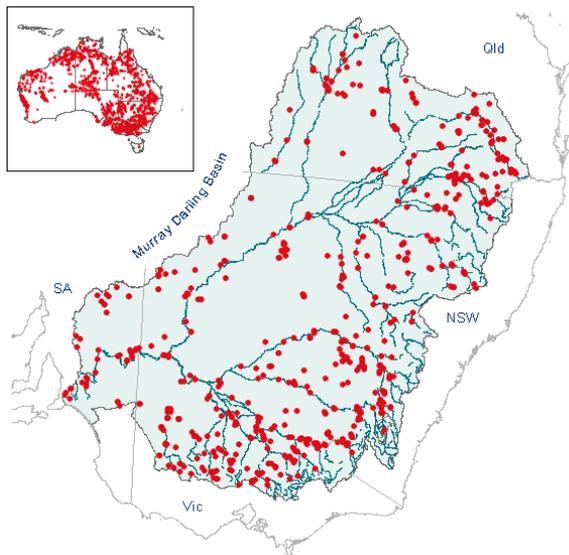


Figura 1. Distribución geográfica de *E. camaldulensis* en el continente Australiano.
Fuente: <http://www.anbg.gov.au/cpbr/WfHC/Eucalyptus-camaldulensis/index.html>

4. Ensayos no destructivos

La tecnología de evaluación no destructiva puede definirse como aquella que identifica las propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales de un material sin alterar su capacidad de uso final (Ross y Pellerin, 1994).

En estas pruebas la información sobre el material se obtiene mediante mediciones indirectas y sus principales ventajas son la rapidez en la colecta de los datos, el bajo costo y la posibilidad de evaluar un gran número de individuos en condiciones de campo.

Si bien estos ensayos proveen datos menos exactos acerca del estado de la variable a medir, los realizados de manera convencional a pesar de ser precisos, en la mayoría de los casos impiden el análisis de un gran número de muestras, inviabilizando la caracterización de la madera.

En la actualidad existen numerosos equipos y técnicas pseudo destructivas y no destructivas para la estimación de las propiedades tecnológicas de la madera, algunas de evaluación en árboles en pie, mientras que otras en trozas y en tablas. Entre los equipos de evaluación temprana que fueron utilizados en estas investigaciones se encuentran pilodyn, resistógrafo y extensómetro. La medición con los instrumentos empleados se realizó con

la valiosa colaboración del Ing. Juan López del INTA Bella Vista de Corrientes, que facilitó el equipamiento, personal capacitado y el asesoramiento para su utilización, como así también, mediante el apoyo económico por parte del proyecto PIA N° 14022 "Evaluación de variables de calidad en madera de *Eucalyptus camaldulensis* implantados en Santiago del Estero con técnicas de muestreo no destructivo" dirigido por la Dra. Juana Moglia.

Además de estos equipos, fue utilizada una técnica que está ampliamente difundida en otros países, como lo es la espectroscopia con infrarrojo cercano. En Argentina hay estudios basados en esta técnica en diferentes áreas de aplicación, pero aún no está implementada en del sector forestal. Los resultados de esta técnica estarán plasmados en una tesis doctoral que se está realizando en el doctorado de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Santiago del Estero.

5. Estudios previos realizados en el ensayo

El principal objeto de estudio de la introducción y establecimiento del ensayo de familias de progenies de polinización abierta de *Eucalyptus camaldulensis* procedentes de Australia y Sudáfrica en Santiago del Estero (Zanjón) fue comprobar la capacidad de adaptación de los materiales genéticos introducidos a diferentes ambientes de implantación y mejorar sus características de crecimiento en volumen, densidad y supervivencia por selección entre y dentro de poblaciones de diferentes orígenes geográficos.

Los resultados obtenidos por López (2004) revelaron interacciones altamente significativas de las procedencias con el ambiente en las variables diámetro y supervivencia y detectaron mayor estabilidad de los materiales procedentes de Gibb River, Kimberley, WA para Santiago del Estero. No obstante dicho autor manifestaba que para emprendimientos productivos de pequeña y mediana escala se puede utilizar el material del huerto semillero de Zimbabwe dado su desempeño excelente en volumen, a pesar de su moderada adaptación al ambiente de este sitio.

En este ensayo además se realizaron varias investigaciones en los diferentes estadios de crecimiento. Así Moglia *et al* (2007) estudiaron los caracteres morfológicos de corteza y describieron varios tipos de corteza lisa y en placas con una alta variabilidad entre árboles. La variabilidad observada no se correlacionaba con los orígenes o procedencias, por lo que no fue un factor que permitiera la diferenciación de las progenies. Además se estudiaron los defectos del leño de 30 ejemplares, los más frecuentes fueron la presencia de rajaduras asociadas a las tensiones de crecimiento, presentes en el 70 % de los individuos estudiados. Se determinó que el índice de rajado a los 9 años de la plantación con la metodología utilizada por el Inta en Concordia en el año 2005, mediante la sumatoria de las rajaduras visibles dividido el diámetro de la rodaja. Se tomó una sola determinación al DAP a las 4 hs posteriores al apeo del árbol, resultando independiente del diámetro y también de la forma del árbol. Otros defectos observados en menor frecuencia fueron: nudos, venas de quino, tilosis y ataques de insectos, solo en pocos ejemplares.

En el año 2008 estos autores estudiaron la variabilidad en la anatomía del leño de dos orígenes de *E. camaldulensis* encontrando que, la mayor variabilidad para las variables estudiadas se detectaban entre árboles y en sentido radial, lo que corrobora la mayor importancia de la variabilidad entre y dentro del árbol (Moglia *et al.*, 2008).

Siguiendo la línea de investigación para la introducción de dicha especie en Santiago del Estero, Moglia *et al.* (2010) estudiaron la velocidad de crecimiento de individuos de este ensayo, mediante la medición de los anillos de crecimiento con la finalidad de dar pautas sobre sus posibles turnos de cortabilidad. Se encontró que el promedio de espesor de los anillos es de 10,64 mm (9,65-24,3) para un intervalo de 9 años.

En los ejemplares estudiados de *E. camaldulensis* existe una amplia variedad de colores de duramen predominando en un 50% los castaños rosados en diferente gama e intensidad. El veteado es espigado suave y el grano oblicuo. La proporción de duramen a los 10 años alcanza el 75,7 %. El radio del duramen correlaciona positiva y significativamente con el DAP, con el radio sin corteza y en menor proporción con los espesores de anillos. El mejor predictor del radio del duramen es el radio sin corteza. Tanto el espesor de albura como el espesor de corteza no muestran relación con ninguna de las variables estudiadas (Moglia *et al.* 2011).

Con el objeto de tener material para plantar, Venturini y López (2010) evaluaron la forma de desarrollar individuos mediante propagación agámica.

6. Origen y muestreo del material de estudio

El material empleado en esta investigación proviene de un ensayo de progenie de *Eucalyptus camaldulensis* constituido de 13 orígenes australianos, uno africano y 2 testigos de semillas comerciales totalizando 104 familias de polinización abierta. Este ensayo fue realizado bajo un diseño experimental de bloques de familias compactos con 4 repeticiones, subparcelas lineales de 5 plantas y bordura perimetral simple.

El año de implantación fue 1996 en la localidad del Zanjón Santiago del Estero, (27° 46' Latitud Sur; 64° 18' Longitud Oeste y a 188 m.s.n.m) (Figura 2). Presenta un régimen de precipitaciones de tipo monzónico que varía entre 500 y 550 mm anuales, entre los meses de noviembre y marzo. La evapotranspiración potencial es de 1000 mm anuales. El suelo pertenece al orden Entisoles, gran grupo Torrifluent, sub grupo Típico, con horizontes A, AC y C, sin limitaciones de profundidad y drenaje. Es un suelo sódico con salinidad leve. Los valores de pH varían entre 7.5 y 10, en sentido horizontal y profundidad.

La temperatura máxima media del mes más cálido (enero) es de 32.5° C; la mínima media del mes más frío (julio) es de -2.9 °C, y la temperatura mínima absoluta es -7 °C. Las heladas ocurren de Junio a Agosto y hay más de 300 días libres de ella, los vientos predominantes soplan de norte a sur, especialmente en agosto (López, 2004).

Fueron utilizados 29 individuos seleccionados a través de un ranking elaborado a partir del mérito genético obtenido en base al DAP, forma y densidad estimada indirectamente con pilodyn mediante índices de selección.



Figura 2. Localización del material de estudio

Una vez seleccionados los individuos y realizadas las evaluaciones no destructivas, se procedió al apeo de los mismos a fin de extraer el material de ensayo para corroborar la eficiencia de las mediciones efectuadas con los instrumentos a través de los métodos de referencia, densidad básica mediante norma IRAM 9544 para evaluar pilodyn y resistógrafo e Índice de rajado para evaluar el uso de extensómetro.

Tabla 1. Detalle del material genético

Procedencia	Localidad	Nº de Flia. Selectas	Individuos selectos
A	Emu Creek, Petford, QLD	A6- A2	3 (103-104-510)
B	Huerto Semillero de Zimbabwe, África	B3-B8-B9-B11-B12	8 (125-166-196-260-258-516-614-629)
C	Dimbulah, Petford, QLD	C5-C6-C9	4 (150-157-211-458)
D	Gibb River, Kimberley, WA	D1-D2-D3-D4-D7-D9	6 (247-640-627-684-706-718)
E	8 km west of Irvinebank, QLD	-	-
F	South of Katherine, NT	-	-
G	Ord River, WA	-	-
H	Gilbert River, QLD	-	-
I	Dunham River, WA	I1	2 (274-612)
J	Gilbert River, QLD	-	-
K	Wyalba Creek, QLD	K4-K6	2 (300-584)
L	Kimberleys, WA	-	-
LL	Lennard River, WA	LL8	2 (605-606)
M	Fitzroy River, WA	M1	1 (647)
SA	Testigo comercial de Sudáfrica	SUD	1 (676)
T	Testigo comercial de Mendoza	-	-

Fuente: González adaptado de López 2004

7. Medición de propiedades con Métodos no destructivos y convencional

7.1. Determinación de la densidad básica mediante Norma IRAM 9944.

Se determinó la densidad básica (peso seco/volumen saturado) con el método tradicional de desplazamiento de fluidos para realizar una calibración entre penetración de pilodyn, resistografo y densidad real del material.

Los datos de densidad básica (g/cm^3) se indican en la Tabla 2. Estos fueron obtenidos realizando el promedio de los valores de densidad de las probetas extraídas tanto de las posiciones externas, medias e internas de las orientaciones Norte y Sur de cada tronco del árbol

Tabla 2. Valores de Densidad Básica en 29 individuos selectos de *Eucaliptus camaldulensis*

	D.B (g/cm^3)
Promedio	0,66
Máximo	0,80
Mínimo	0,56

Estos valores resultan ser relativamente bajos para la especie si contemplamos que el rango de densidad citado que varía entre 0,75 y 0.98 g/cm^3

7.2. Estimaciones de densidad básica en forma no destructiva

7.2.1. *Penetrómetro Pilodyn (6J Forest)*

Este instrumento fue desarrollado originalmente en Suiza, y se trata de una especie de pistola con un mecanismo de resorte que impacta en la madera una aguja de acero a una velocidad constante de 6 Joule. La profundidad de penetración de esta aguja es asociada negativamente con la densidad y medida en una mirilla que posee el instrumento en una escala graduada en milímetros (Figura 3).

Las evaluaciones con este instrumento fueron realizadas a 1,30 m de altura (DAP) en sentido Norte-Sur y Este-Oeste. Para la medición se extrajo una porción de corteza de manera que el instrumento entre en contacto directamente con la albura del árbol



Figura 3. Disparo y lectura de penetración con pilodyn.

Los valores determinados en la Tabla 3 son menores a los encontrados por Böthig (2001) en diferentes lotes de tablas de madera seca a horno y solo de duramen de *Eucalyptus grandis*. Los valores promedios resultaron en 10,4; 10,6 y 11,4 mm en los distintos lotes, esto refleja la densidad superior del *E. camaldulensis* ya que a menor penetración mayor densidad.

Tabla 3. Valores de Pilodyn en individuos selectos de *Eucalyptus camaldulensis*.

	Pilodyn (mm)
Promedio	9
Máximo	12
Mínimo	6

Para llevar adelante los análisis se utilizaron los valores de penetración promedio de las posiciones cardinales y los valores de la densidad básica de la porción externa del tronco, se procedió de esta forma ya que el instrumento solo otorga una medida a nivel superficial.

En la Figura 4 se presenta gráficamente la relación entre la penetración de pilodyn (variable independiente) y la densidad básica (variable dependiente). En el análisis de esta regresión se obtuvo un coeficiente de correlación negativo de 0,76. Si bien este valor resulta desde un punto de vista estadístico altamente significativo, el coeficiente de determinación (R^2) obtenido refleja que la penetración de pilodyn puede explicar el 58 % de la variación de la densidad básica de la madera al utilizar este instrumento.

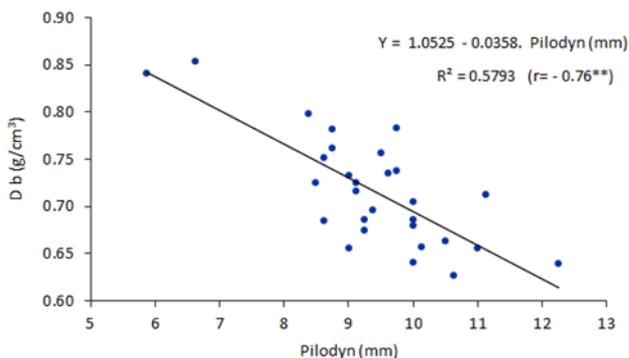


Figura 4. Estimación de la densidad básica de individuos de *Eucalyptus camaldulesis* en función del penetrómetro Pilodyn (J. Forest)

7.2.2. Resistógrafo (modelo IML F500-S)

Este instrumento mide la resistencia que la madera opone a la penetración de una mecha de acero de 3 mm de diámetro que gira a velocidad constante mientras se introduce en la madera (Figura 5). Al atravesar la madera, esta mecha encuentra intensidades diferentes de resistencia, lo que refleja la condición estructural de las paredes celulares, las variaciones entre leño temprano o tardío en los anillos de crecimiento y la forma en que el árbol se ha desarrollado en respuesta a las condiciones ambientales. (Lima *et al.*, 2007)

La resistencia de penetración del taladro es medida electrónicamente en valores de amplitud (%) y almacenado por el equipo, a su vez también permite generar un perfil de resistencia sobre un papel termal y de esta forma visualizar el avance de la mecha perforadora a través del diámetro del árbol. Esta medida de amplitud indica el consumo de energía que se necesita para que la mecha venza la resistencia a la perforación de la madera en relación a un valor de referencia del equipo.

Las determinaciones se realizaron a nivel del DAP desde la corteza hasta la medula y en cuatro penetraciones radiales (sentido norte-sur y este-oeste) por debajo de la porción sin corteza abierta para el pilodyn.

Las regresiones obtenidas del análisis de las variables estudiadas (amplitud del resistógrafo y DB) se presentan en la Figura 6. Las ecuaciones 1, 2 y 3 corresponden a la orientación Norte en la posición externa, media e interna del fuste respectivamente, mientras que las ecuaciones 4, 5 y 6 a las posiciones de la orientación Sur.

En cuanto al uso de este equipo puede observarse en Figura 6, los valores de R^2 en las posiciones externas para ambas orientaciones (ecuación 1 y 4) son bajas. Esta respuesta probablemente se debe a que las mediciones del instrumento no descartan la corteza y albura, porciones eliminadas a la hora de determinar los valores de la densidad básica por los métodos convencionales. Los valores obtenidos en las restantes ecuaciones indican que este instrumento explicaría entre 60 y el 63 % de la variabilidad total de la densidad básica en individuos en pie.

a

b



c



Figura 5. Medición de la Amplitud radial con el Resistógrafo: a y b) Detalle de las diferentes formas de registrar la amplitud del equipo; c) Perforación radial del fuste.

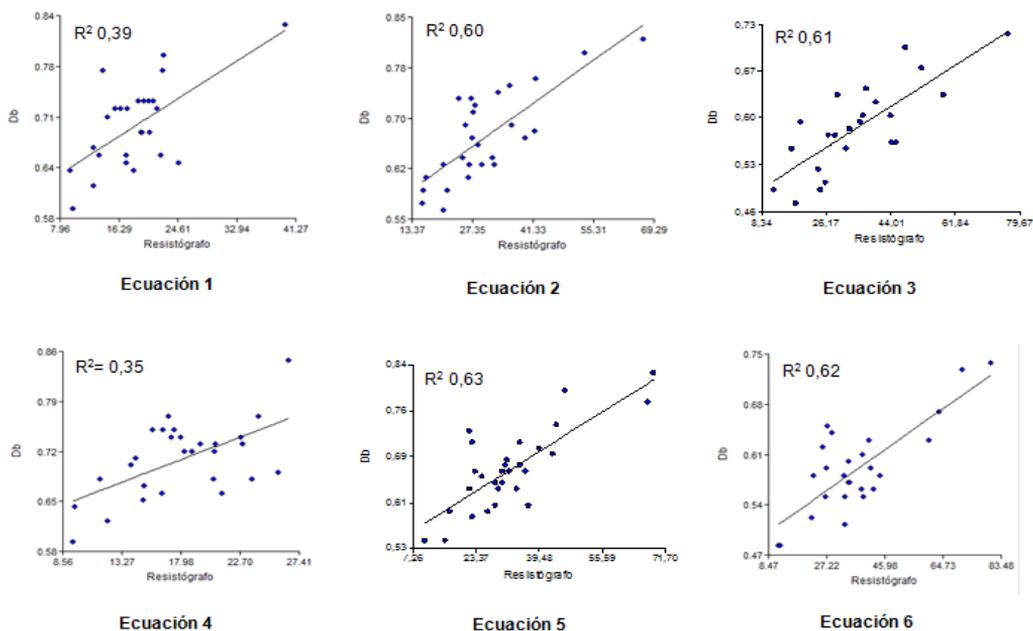


Figura 6. Regresiones lineales considerando la orientación y posición entre densidad básica y el Resistógrafo.

Aunque los ajustes de los modelos de los equipos usados no son muy buenos, se considera que son datos valiosos para discriminar e identificar de manera no destructiva genotipos por densidad de la madera dentro de programas de mejoramiento forestal. La ventaja del resistógrafo con respecto al pilodyn es que permite estimar la densidad en todo el perfil radial del fuste del árbol, mientras que su desventaja es el elevado costo de adquisición.

7.2. Estimaciones de las tensiones de crecimiento.

Una de las principales limitaciones técnica que presenta este género según Maree and Malan (2000), son las grietas y rajaduras que se producen en los rollizos luego de que el árbol es abatido. Este defecto afecta principalmente el rendimiento de madera aserrada durante el proceso de transformación mecánica y es causado por la liberación de las tensiones de crecimiento. Su origen, ya estudiado desde 1945 por Jacob's citado por Latorraca and Albuquerque (2000) se debe a la lignificación de las paredes celulares de las fibras durante el proceso de maduración. Este fenómeno provoca la expansión o hinchamiento lateral de las células en sentido transversal y la contracción o acortamiento en sentido longitudinal. Por lo tanto al apea y seccionar en rollos los árboles, se produce un reordenamiento que origina en primera instancia rajaduras en las caras de los rollos y posteriormente, rajaduras, alabeos y torceduras en piezas aserradas.

Existen diferentes formas de estimar las tensiones de crecimiento entre estos métodos se mencionan:

7.3.1. Extensómetro (método no destructivo)

Es un instrumento creado por el CIRAD-Forêt (Centre de Coopération International e em Recherche Agronomique pour le Développement, Département des Forêts). El extensómetro mide las deformaciones residuales longitudinales (DRL) registradas en un reloj comparador que se encuentra apoyado a dos púas fijadas a 45 mm una de la otra. Para liberar las tensiones y originar el movimiento de las púas entre las dos se efectúa un orificio con una mecha de 20 mm de diámetro (Figura 7). Las determinaciones con este equipo fueron efectuadas en la parte descortezada del tronco donde se usó el pilodyn.

Los valores promedios encontrados en los individuos estudiados resultaron moderados para esta especie (Tabla 4) si se compara con los valores encontrados en base a la literatura consultada. Muneri *et al.* (2000) obtuvieron valores medios de 0,077 mm en *Eucalyptus cloeziana*, a los 4 años de edad, Lima *et al.* (2004) encontraron valores de 0,71 mm en clones de *Eucalyptus* spp. de diferentes edades. Trugilho (2005) ya obtuvo valores similares a los determinados en este estudio siendo de 0,90 mm en 11 clones de *Eucalyptus* spp., a los 6 años de edad. Mientras que fue menor a los registrados en árboles de *Eucalyptus dunnii* con edades de 8, 13, 15 y 19 años que alcanzaron valores de 0,107; 0,113; 0,111 y 0,123 mm respectivamente (Trugilho *et al.*, 2004).

Tabla 4. Valores de las Deformaciones residuales Longitudinales de los individuos selectos

	DRL (mm)
Promedio	0,099
Máximo	0,152
Mínimo	0,042

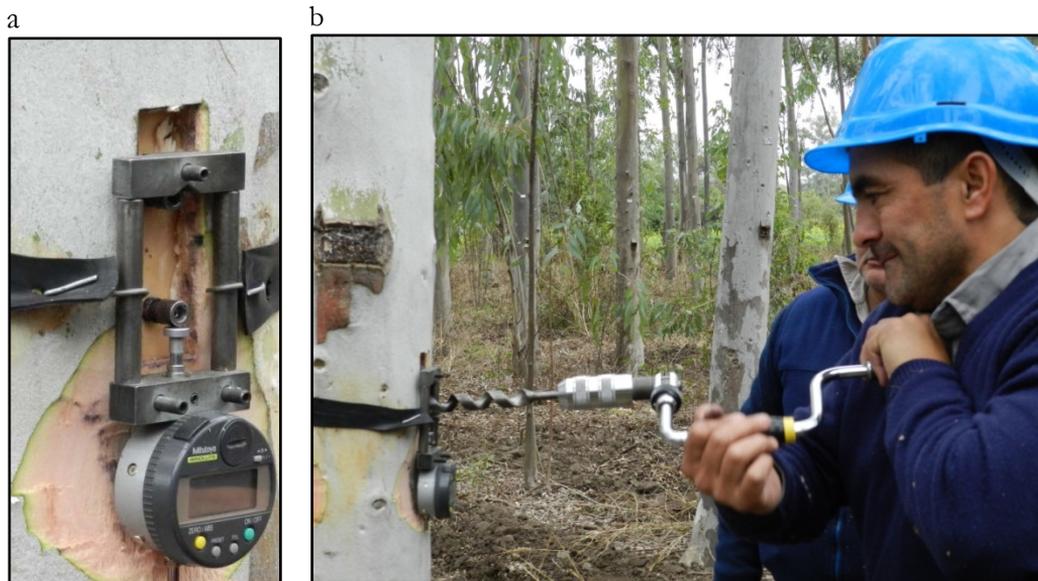


Figura 7. Estimación de las tensiones de crecimiento por medición de las deformaciones residuales longitudinales: a) Detalle de fijación de púas e instrumento; b) Perforación del fuste para originar el movimiento entre púas.

7.3.2. Índice de Rajado

Otra forma de determinar las rajaduras puede ser mediante el uso de índice de rajado, obtenido mediante la medición de las grietas producidas en las caras de los rollos. Esta forma de determinación indirecta es una de las más confiable sin embargo requiere de mayor tiempo empleado para la estimación, como así también del abatimiento del árbol.

Para asegurar que las determinaciones de las rajaduras sean producida verdaderamente por las tensiones de crecimiento y no por el proceso de secado natural, a cada una de las caras de los rollizos se las cubrió con bolsas plásticas siguiendo la metodología propuesta por López y Genes (2005) y Trevisan *et al.* (2013).

La medición de las longitudes de las rajaduras se efectuó con un software SIG de uso libre denominado kosmo versión 2.0.1. Las medidas fueron obtenidas sobre las fotografías tomadas en cada cara de los rollizos a los 2 días de ser apeados los árboles, ya que en el trabajo realizado por González *et al.* (2014) demostraron que no había diferencias con el tamaño de las rajaduras producidas en días posteriores. Para la determinación del índice de rajado se utilizará la fórmula propuesta por Lima (2000), que relaciona la sumatoria de las áreas ocupadas por las rajaduras y el área total de la sección transversal que contiene a esas rajaduras.

$$IR = \frac{\sum_{i=1}^n (Ai * Li)}{\frac{\pi * D^2}{4}} * 100$$

Donde

Ai: Es el ancho máximo (cm) de la rajadura i (i=1,...,n);

Li: Largo (cm) de la rajadura i (i= 1,...,n)

D: Diámetro medio de la sección transversal (cm) que contiene las rajaduras.

N: Número de rajaduras encontradas en la cara de la troza.

En la Tabla 5 se representan los valores medios, máximos y mínimos determinados en este estudio.

Tabla 5. Valores de IR para *Eucaliptus camaldulensis*

IR a las 48 hs	
Promedio	0,88
Máximo	2,72
Mínimo	0,07

EL valor promedio determinado en este trabajo es alto si se lo compara con el valor obtenidos por López y Parisi (2002) donde el valor de IR total promedio obtenido para los diferentes lotes de semillas de *Eucaliptus grandis* resulto en 0,47. Sin embargo hay que tener en cuenta que este valor fue determinado a las 4 horas de haber apeado el árbol donde las rajaduras son menores.

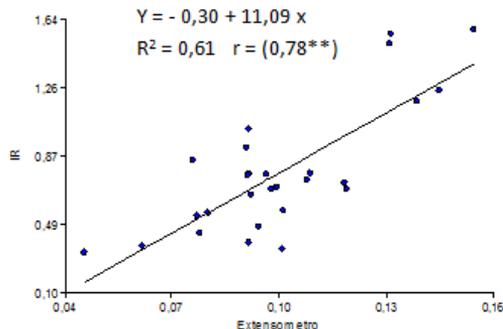


Figura 8. Relación entre el extensómetro y el índice de rajado

Los resultados demuestran que la correlación entre las mediciones realizadas con extensómetro y el IR promedio individual fue de 0,78 mientras que el ajuste de la regresión evaluado a través de su coeficiente de determinación indicó que este instrumento puede explicar el 61 % de la variabilidad total de las rajaduras. No existe correlación entre este instrumento y la densidad de la madera, lo que indica baja influencia sobre esta variable.

Como consideraciones finales se puede aducir que aunque estos métodos no destructivos proporcionan resultados bastante satisfactorios, su aplicación a la actividad forestal es todavía limitada y requiere mayor investigación. El desarrollo de métodos rápidos, precisos e industrialmente viables se convierte, por tanto, necesario en la caracterización y clasificación de materia prima relacionada con la industria forestal.

8. Referencias Bibliográficas

- Böthig, S. 2001. *Densidad, Dureza y Color de Eucalyptus grandis de Uruguay*. Informe de Investigación N° 5. Proyecto de Tecnología de Ensayo de Productos Forestales LATU-JICA (1998-2003) 24 p.
- Braier, G. 2004. *Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina y el Caribe*. Informe Nacional Argentina. FAO. [agosto 2014], 1-71. Disponible en: http://www.agrobit.com/Documentos/H_1_Forestac/853_tendencia%20forestal.pdf
- Eldridge, K.; J. Davidson; C. Harwood and G. Van Wyk. 1994. *Eucalypt Domestication and Breeding*. Clarendon Press. Oxford, 288 p.
- Evans, J.; J. Senft and W. Green. 2000. Juvenile wood effect in red alder: analysis of physical and mechanical data to delineate juvenile and mature wood zones. *Forest Products Journal* 50 (7/8): 75-87.
- González, D.; J. Moglia; A. López; M. Pece; J. López; R. Moreno. 2014. Estimación de las tensiones de crecimiento en individuos selectos de *Eucalyptus camaldulensis* mediante extensómetro e índice de rajado. *Quebracho* 22 (1, 2): 57-65
- Kollmann, F. and W. Coté. 1968. *Principles of Wood science and technology*. Berlin: Springer-Verlag, 592 p.
- Latorraca, J. and C. Albuquerque. 2000. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. *Floresta e Ambiente* 7 (1): 279-291.
- Lima, I. L. 2000. *Variación de Propiedades Indicativas da Tensão de Crescimento em Função da Posição na Arvore e da Intensidade de Desbaste*. Tese Mestrado, Universidade de São Paulo. Brasil. 90 p.

- Lima, J.; P. Trugilho; S. Rosado; C. Cruz. 2004. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em eucaliptos e suas associações com outras propriedades. *Arvore*: 28 (1): 107-116.
- Lima, J.; R. Sartório; P. Trugilho; C. Cruz; R. Vieira. 2007. Uso do resistógrafo para estimar a densidade básica e a resistência à perfuração da madeira de *Eucalyptus*. *Scientia Forestalis* 75: 85-93.
- López, C. 2004. *Variación genética en procedencias y progenies de Eucalyptus camaldulensis introducidas en el noroeste Argentino*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. España.
- López, J. y L. Parisi. 2002. *Tensiones de crecimiento del estrato dominante de algunos orígenes y procedencias de Eucalyptus grandis a los 17 años de edad en 2 sitios del oeste de la provincia de Corrientes*. Argentina. XVII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia.
- López, J. 2005. Madera de calidad para usos sólidos. In: *IDIA XXI, Revista de Información sobre Investigación y Desarrollo Agropecuario*. [febrero 2010], 175-179. Disponible en: <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210583.pdf>
- López, J. y P. Genes. 2005. *Ajuste y validación de un método no-destructivo para seleccionar genotipos de Eucalyptus grandis con bajo nivel de tensiones de crecimiento*. 3° Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Corrientes.
- Mangieri, H. y M. J. Dimitri. 1961. *Los eucaliptos en la silvicultura*. Editorial ACME SACI. Buenos Aires. 226 p.
- Marcó, M. y L. Harrand, 2005. *Valor potencial de los Eucaliptos colorados en combinaciones híbridas*. I Jornadas Forestales de Santiago del Estero. Santiago del Estero, Argentina.
- Maree, B. and F. Malan. 2000. *Growing for solid hardwood products: a South African experience and perspective*. In: Proceedings of an IUFRO Conference on the Future of *Eucalypts* for Wood Products, Launceston, Tasmania, Australia 319-327 p.
- Moglia, J. G.; S. Bravo; A. M. Giménez; C. López. 2007. *Defectos en el leño en progenies de Eucalyptus camaldulensis cultivados en Santiago del Estero*. Jornadas UNIRAM Santiago del Estero. p. 18-20 Octubre.
- Moglia, J. G.; S. Bravo y R. Gerez. 2008. Anatomía comparada del leño de dos Orígenes selectos de *Eucalyptus camaldulensis* Denhn (MYRTACEAE), ensayados en la Provincia de Santiago del Estero, Región Chaqueña Argentina. *Boletín de la SAB*. ISSN 0373-580X.
- Moglia, J. G.; A. M. Giménez; D. González; R. Gerez. 2010. Caracterización de los anillos de crecimiento y relación con la densidad básica de la madera en progenies de *Eucalyptus camaldulensis* cultivados en Santiago del Estero. *Quebracho* 18 (1,2): 47-57
- Moglia, J. G.; M. Venturini; A. M. Giménez, C. Lopez. 2011. Caracterización del duramen en individuos selectos de progenies de *Eucalyptus camaldulensis* Denhn. en Santiago del Estero, Argentina. *CIDEU* N°10. ISSN 1885-5237.
- Muneri, A.; W. Legate; G. Palmer. 1999. Relationships between surface growth strain and some tree wood and sawn timber characteristics of *Eucalyptus cloeziana*. *Southern African Forestry Journal* 187: 41-49.
- Ross, R.; R. Pellerin. 1994. *Nondestructive testing for assessing wood members in structures: A review*. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-70 (Rev.). Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 40 p.
- Sánchez Acosta, M. 2005. *Experiencia Argentina en el uso de la madera de Eucalipto*. Anais do Seminário Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto para Serraria. [septiembre 2012], 74-91. Disponible en http://www.ipef.br/publicacoes/seminario_serraria/cap09.pdf
- Tinto, J. C.: 1979. *Utilización de los recursos forestales argentinos*, IFONA foll. tec. 41: 97. Buenos Aires.
- Tomazello Filho, M. 1985. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*. *IPEF* 29: 37-45.
- Trevisan, R.; L. Denardi; G. Cardoso; C. Haselein; E. Santini. 2013. Variação axial do índice de rachadurasna base e no topo de toras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. *Scientia Forestalis* 41 (97): 75-81.

- Trugilho, P.; S. Iwakiri; M. Pereira da Rocha; J. Monteiro de Matos y L. Saldanha. 2004. Efeitos da idade e classe diamétrica na deformação residual longitudinal em árvores de *Eucalyptus dunnii* maiden. *Árvore* 28 (5): 725-731.
- Trugilho, P. 2005. *Tensão de crescimento em árvores vivas de clones de Eucalyptus spp. e de Eucalyptus dunnii Maiden e propriedades de sua madeira*. Tese (Pós Doutorado em Ciências Florestais)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 123 p.
- Venturini, M. y C. López. 2011. Propagación de árboles selectos por injerto de púas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. *Quebracho* 18 (1,2): 101-105.

Aplicación de la técnica NIRS (Espectroscopía de infrarrojo cercano) en la discriminación de la madera de *Bulnesia sarmientoi*

Chifarelli, V.¹; A. M. Giménez²; S. Nisgoski³ y J. G. Moglia⁴



Introducción

Bulnesia sarmientoi Lorentz ex Griseb., pertenece a la familia Zygophyllaceae y es una especie muy apreciada por sus múltiples aplicaciones. Por las características intrínsecas de su madera, que presenta color pardo-verdoso, peso específico mayor a 1,1 kg/dm³, brillo y aroma intenso, es considerada una especie de gran valor en la flora dendrológica argentina. Su nombre vulgar, palo santo, hace referencia al hecho que la madera una vez encendida, mantiene la llama largo tiempo y desprende olor muy agradable (Tortorelli, 1956). Para uso exterior se la emplea en trabajos de tornería, tallados, pisos, marcos y para postes de gran duración (Giménez *et. al.*, 2007).

De la madera se destila un aceite esencial conocido como guayacol, que se emplea como ingrediente de perfumes. Es una planta melífera, con propiedades tintóreas y fuente de productos bioquímicos: insectífugo, medicinal. Tiene aplicaciones en manufactura de barnices y pinturas oscuras (PFNM, 2003). Es una especie rustica, vigorosa y tolerante a las plagas y enfermedades.

Está incluida en el apéndice CITES II (Convenio Internacional de Tráfico de Especies Silvestres. Apéndice II) debido a su tala excesiva de las últimas décadas. Crece aislado o formando rodales pequeños en sitios bien drenados, donde desempeña el papel de árbol emergente en el estrato arbustivo espinoso (Giménez, Moglia; 2003). Frecuentemente se

¹ Axiliar de primera Catedra de agrometereología. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina. E-mail: vaniniachifarelli@yahoo.com.ar

² Catedra de dendrología. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina. E-mail: amig@unse.edu.ar

³ Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira, Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR, Brasil. E-mail: silvana.ufpr@gmail.com

⁴ Catedra de dendrología. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina. E-mail: vimog@unse.edu.ar

encuentra acompañada por *Aspidosperma quebracho-blanco*, (quebracho blanco), *Schinopsis balansae* (quebracho colorado chaqueño), *Ziziphus mistol* (mistol), *Prosopis ruscifolia* (Vinal), *Prosopis alba* (algarrobo blanco), *Prosopis nigra* (algarrobo negro) y *Tabebuia nodosa* (palo cruz), ocupando el estrato dominante (Giménez *et al.*, 2006).

Se distribuye geográficamente en el norte de Argentina y es una de las leñosas arbóreas emblemáticas del Chaco Occidental. También se lo encuentra en los países limítrofes: sudeste de Bolivia, sudoeste de Brasil y en la región occidental de Paraguay. Poco se conoce sobre por qué el área de distribución es acotada en Argentina; siendo esta información necesaria para establecer planes de manejo acordes a las posibilidades de crecimiento. La especie en su rango de distribución tiene aspectos externos similares, internamente no se conoce, por eso es importante verificar si hay diferenciación que puedan ser relacionadas con su procedencia.

El empleo de la espectroscopia por infrarrojo cercano (NIRS) para análisis de distintos productos de las industrias de alimentos, química, bioquímica, ambiental, farmacéutica y médica, se viene desarrollando desde hace tres décadas. La espectroscopia estudia la interacción de la radiación electromagnética con la materia. NIRS comprende el segmento de luz de longitudes de ondas entre 800 y 2600 nm del espectro electromagnético y analiza la absorción de energía en dicha región por los grupos funcionales de las moléculas de la muestra. Su uso generalizado se debe principalmente a que permite realizar análisis cualitativos y cuantitativos de multicomponentes en muestras, con un mínimo de preparación. Esta metodología, además, se caracteriza por ser no destructiva, rápida, no emplear reactivos químicos, disminuir el error del operador y requerir menos mano de obra que los métodos tradicionales empleados en el laboratorio. En la madera ha comenzado a usarse en la década del 90 y cada vez tiene mayores aplicaciones ya que de forma eficiente caracteriza las propiedades morfológicas, químicas, físicas y mecánicas de los materiales lignocelulósicos (Schimleck, 2008, Schimleck *et al.*, 2009, Tsuchikawa y Schwanninger, 2013)

En el presente trabajo se exponen resultados referidos a la distribución de *Bulnesia sarmientoi* y origen de la muestra, aplicando técnicas de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS).

En base al mapa de distribución (Figura 1) de palo santo en Argentina (Morello y Adámoli, 1968), se seleccionan tres áreas de muestreo en las provincias de Chaco, Formosa, Salta según los puntos indicados en Tabla 1. Las áreas de recolección fueron geo-referenciadas por al sistema Gauss-Kruger.

Tabla 1. Puntos de muestreo

Denominación	Latitud	Longitud	Provincia	Localidad
33	-25,39308	-60,99057	Chaco	Las Hacheras
38	-25,27168	-61,07932	Chaco	La Armonía
96	-24,56963	-60,47774	Formosa	Las Lomitas
99	-23,94239	-61,76360	Formosa	Ing. Juárez
130	-23,43909	-62,95843	Salta	Morillos/Coronel Juan Sola
18	-24,65257	-63,81069	Salta	Las Lajitas

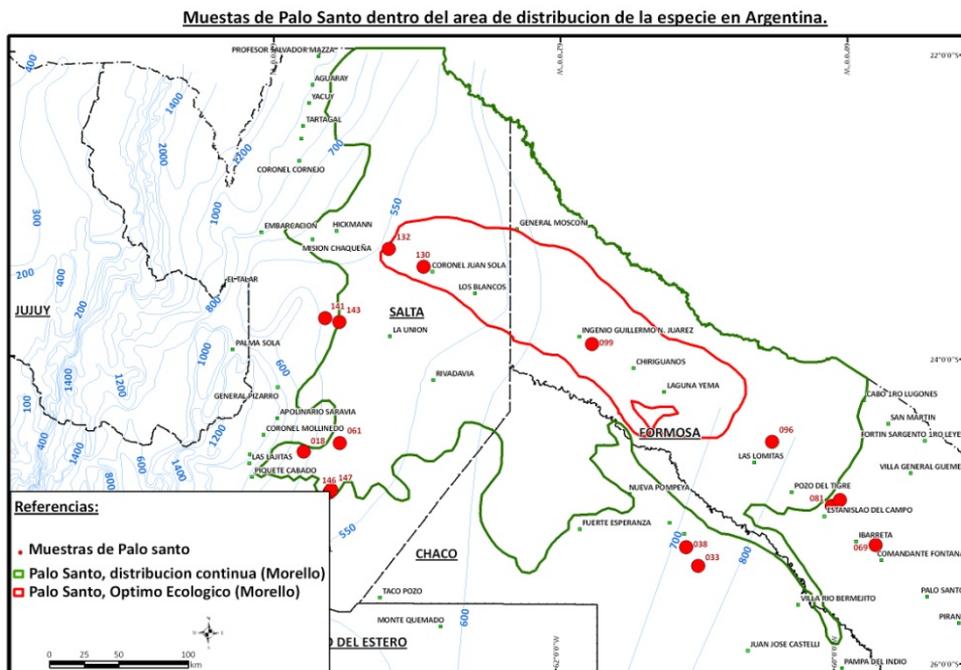


Figura 1. *Bulnesia sarmientoi* en su área distribución y de crecimiento optimo

Fuente: Morello y Adámoli, 1968

En el mapa de distribución están incluidos todos los puntos de estudio, en este trabajo se consideró las muestras de solo seis localidades, dos por provincia según se indica en la Tabla 1.

Para las variables climáticas se usaron mapas climáticos (Bianchi, 2010). Se obtuvieron datos climáticos de temperatura, precipitación y EP (Evapotranspiración Potencial), de las estaciones meteorológicas del SMN (Servicio los sitios Meteorológico Nacional). Se determinó el Balance Hídrico Climático (BHC), empleando la metodología propuesta por Thornwhaite (1948).

Para aplicar la técnica NIRS en madera de diferente procedencia, de manera exploratoria, se trabajó con 6 individuos de *Bulnesia sarmientoi*, colectados dentro de su área de distribución en Argentina correspondientes a: Chaco (2), Formosa (2) y Salta (2). Fueron seleccionas de cada individuo 2 ramas gruesas con duramen de 4 a 10 cm de diámetro y 2 ramas finas de 1 a 3.5 cm de diámetro, sin duramen (Figura 2).



Fuente: Cortesía del Biólogo Ricardo Banchs

Fuente: Cortesía del Biólogo Ricardo Banchs



Figura 2. *Bulnesia sarmientoi*, obtención de las muestras.

El trabajo se realizó en el Laboratorio de Anatomía de la madera. (UFPR, Curitiba, Brasil). Se analizaron las muestras con NIRS (Figura 3). El equipo utilizado fue un espectrofotómetro FTIR Tensor 37 marca Bruker, operando en reflectancia difusa en la faja infrarroja próximo entre 4000 e 10000 cm^{-1} . Las lecturas fueron obtenidas con resolución de 4 cm^{-1} e 64 scans. Los espectros de absorbancia fueron obtenidos a partir de las lecturas en la superficie transversal de las ramas gruesas y finas, haciendo diez lecturas en la albura y diez lecturas en el duramen, totalizando 120 repeticiones.

Para el análisis de datos fue usado el programa Unscrambler X (versión 10 a CAMO Software AS). Se aplicó Modelos exploratorios de componentes principales (PCA).

Las muestras de madera fueron estudiadas anatómicamente con microscopio electrónico de barrido (MEB) Hitachi TM 1000 Tabletop.



Figura 3. Equipo de Espectroscopía y Análisis de las muestras

De acuerdo a los elementos climáticos analizados, el agroclima/optimo ecológico se presenta entre la isohieta media anual de 500 y 800 mm y entre la isoterma media anual de 22 y 23 $^{\circ}\text{C}$.

Con respecto a la precipitación media anual se observa que los sitios de toma de muestras de Salta presentan diferencias en relación con los demás sitios muestreados de la provincia de Formosa y Chaco. En cuanto a la temperatura no hay diferencias entre los sitios, y la evapotranspiración media anual es mayor en Formosa y Salta que en la provincia de Chaco.

La Figura 4, muestra el balance hídrico climático de las localidades de Rivadavia y Las Lomitas, representativa del área muestreada. La ausencia de datos meteorológicos de la localidad de las Hacheras y La Armonía de provincia de Chaco, determino a que se utilizaran los datos de Las lomitas, para su representación.

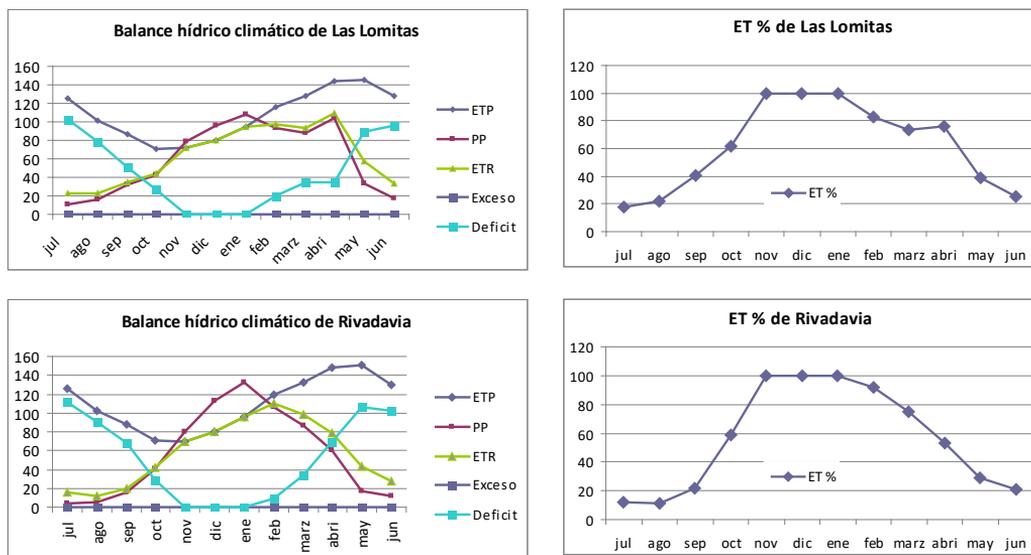


Figura 4. Balance Hídrico Climático y evapotranspiración de Las Lomitas (Formosa), Rivadavia (Salta), con datos desde el año 1960 al 2015.

Las Figuras 5, 6 y 7 indican la Evapotranspiración Potencial media anual, precipitación media anual y temperatura media anual respectivamente.

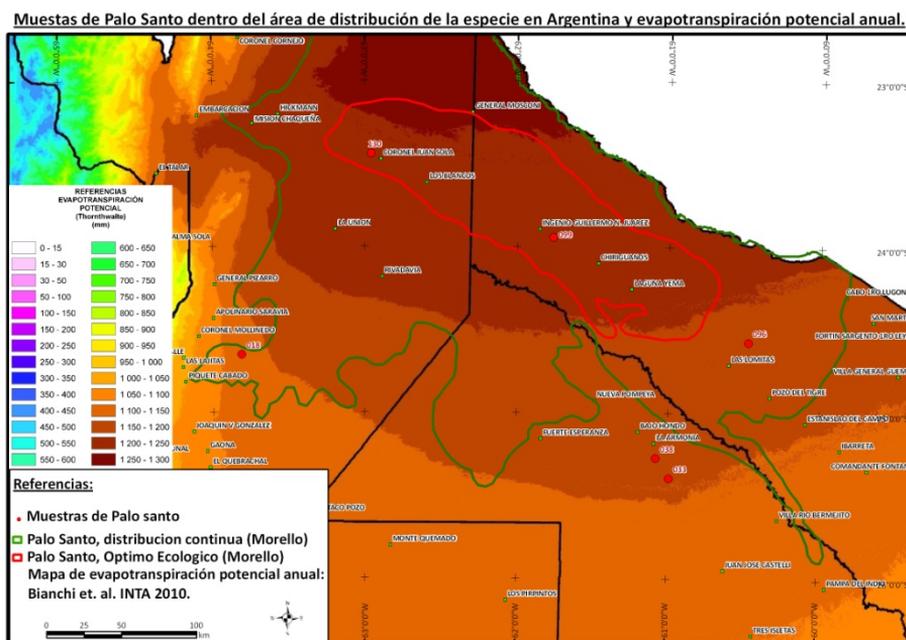


Figura 5. Mapas de Evapotranspiración Potencial media anual según Atlas climático de la República Argentina (Bianchi, 2010).

La Evapotranspiración media anual para los sitios de muestreo en la provincia de Formosa se encuentra entre los valores de 1150 a 1250 mm anuales. En los sitios de la provincia de Chaco presenta valores de 1150 a 1200 mm anuales y en la provincia de Salta de 1100 a 1250 mm anuales.

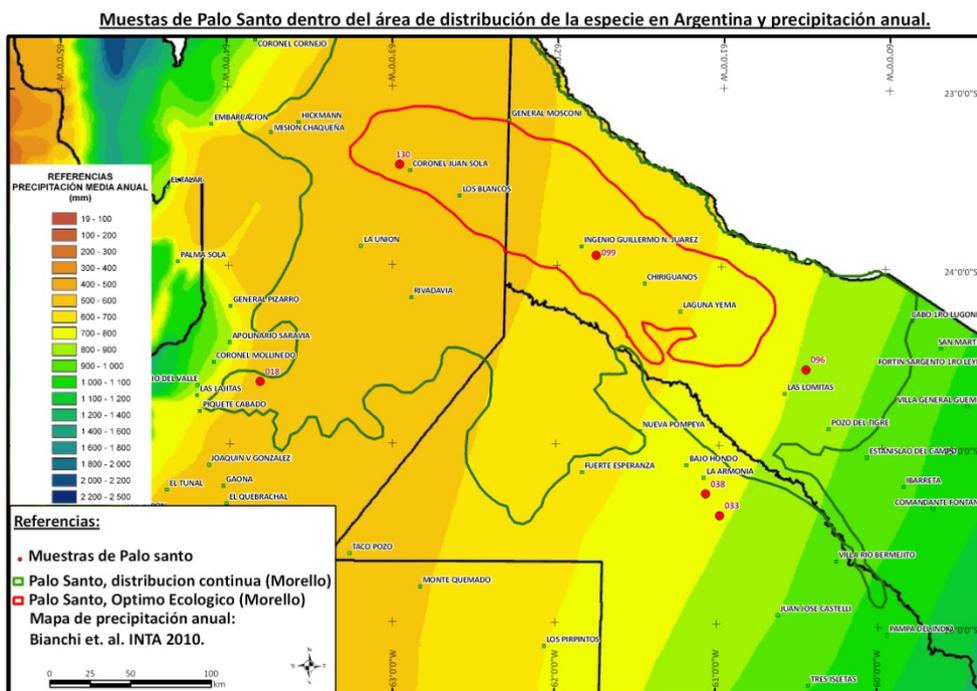


Figura 6. Mapa de Precipitación media anual según Atlas climático de la República Argentina (Bianchi, 2010).

La precipitación media anual de los sitios de estudio es: Formosa se encuentra en el rango de 600 a 900 mm anuales, en Chaco de 700 a 800 mm anuales y en la provincia de Salta con valores de 500 a 600 mm anuales.

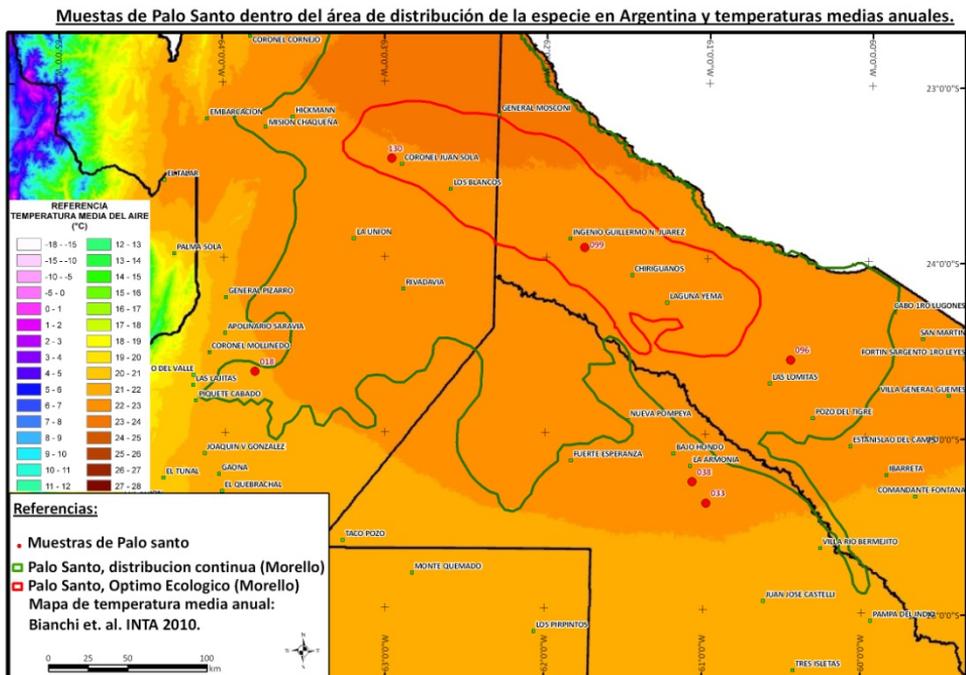


Figura 7. Mapas de Temperatura media anual según Atlas climático de la República Argentina (Bianchi, 2010).

Las temperaturas medias anuales en los sitios se discriminan a continuación según la provincia. Las muestras de Formosa se encuentran en el rango de temperatura de entre 21 a 22 °C, en Chaco de 21 a 22 °C y en Salta de 20 a 21 °C.

La madera analizada con MEB destaca los siguientes rasgos anatómicos: leño con porosidad dendrítica, miembros de vasos cortos, con placa de perforación simple y puntuaciones areoladas alternas. Los radios son 2/3 seriados, cortos, estratificados, con abundantes cristales de oxalato de calcio (Figura 8). La estructura de la madera es compacta, con fibras de paredes muy gruesas.

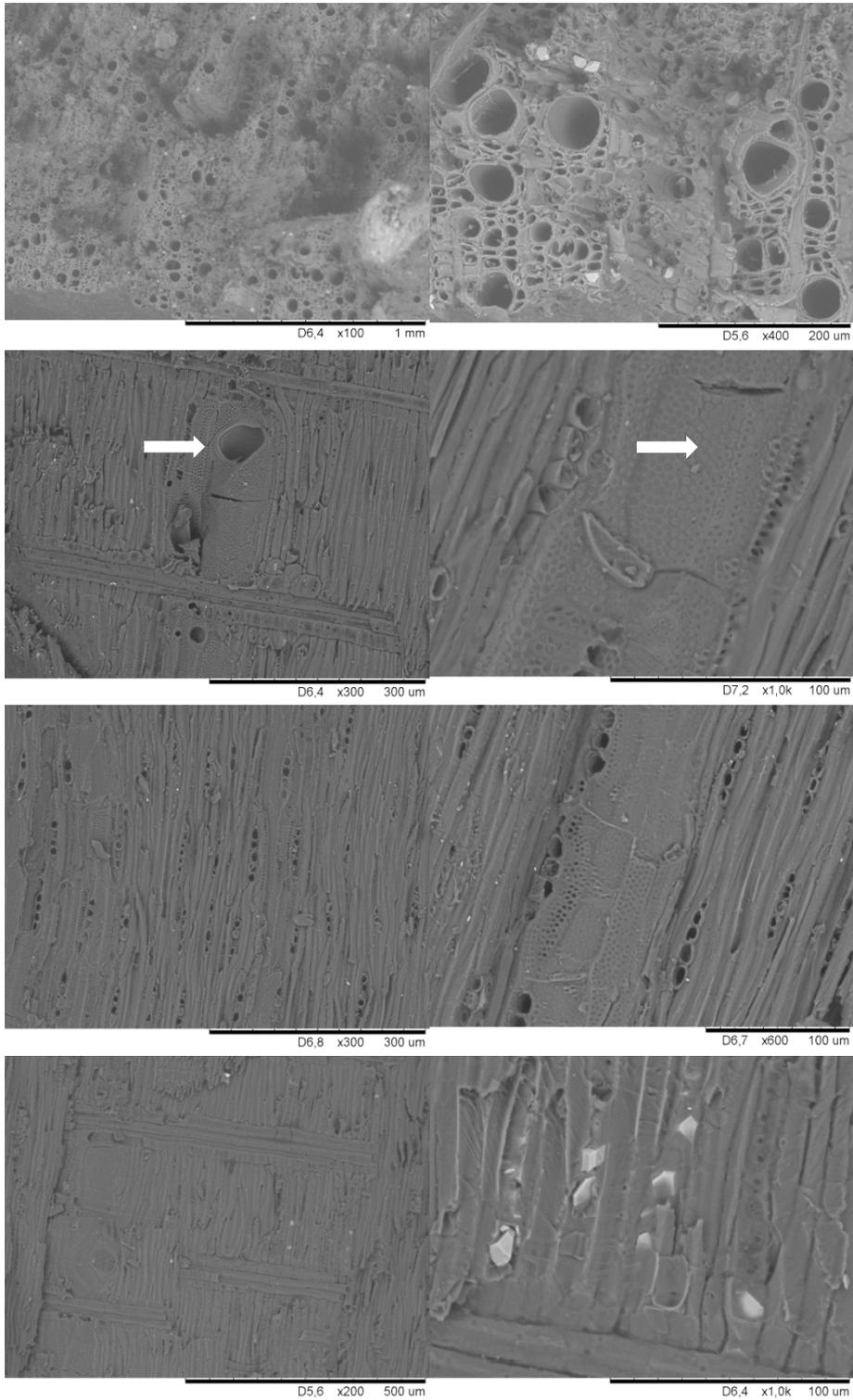


Figura 8. Anatomía del leño de *Bulnesia sarmientoi* Lorentz ex Griseb.

Aplicación de la técnica NIRS para diferente tipo de material leñoso

El espectro de todas las muestras en su conjunto se expresan en Figura 9. Las muestras presentan tendencia semejantes y con perfiles de bandas características de materiales lignocelulósicos. Dichas tendencia son descriptas en el trabajo de los investigadores Schimleck *et al.* (2009), Tsuchikawa y Schwanninger (2013). Se distinguen dos picos pronunciado entre los 680.0000 y otro a los 4868.269 cm^{-1} . Esto se da debido a las a las vibraciones de estiramiento de los enlaces $-\text{OH}$ y $-\text{CH}$, presentes en la celulosa y lignina. Observandose el pico maximo en 4868.269 cm causado por el estiramiento $-\text{OH}$ y a la deformación $-\text{CH}$ atribuidas a las moléculas de agua (Tsuchikawa y Siesler 2003, Siesler *et al.* 2002).

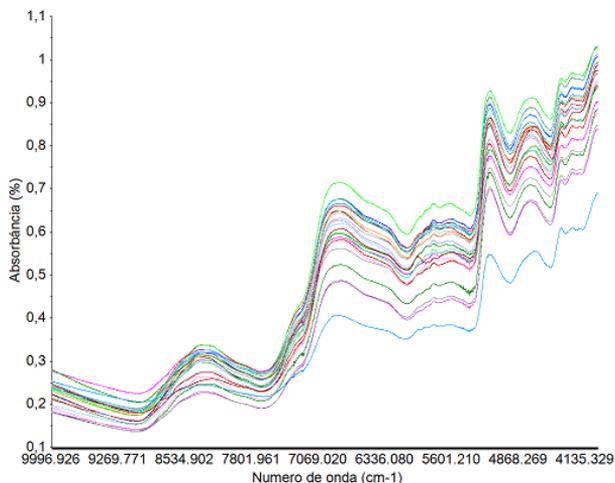


Figura 9. Espectros promedios FT-NIR de las muestras en su conjunto

El análisis de los componentes principales (PCA) a partir de la lectura de los espectros permitió discriminar el tipo de muestra: rama gruesa o fina, además del área de procedencia, el tipo de muestra y la sanidad de la planta (Figura 10).

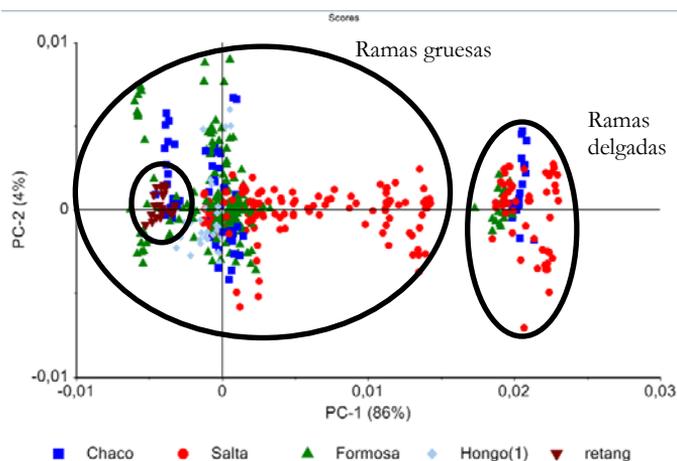


Figura 10. Análisis de componentes principales de *Bulnesia sarmientoi*

El PCA muestra el comportamiento de la especie según su área de origen, el primer componente expresa el 86 % de la variabilidad total. Para ramas gruesas la procedencia Salta presenta una gran dispersión de valores, no así las procedencias de Formosa y Chaco. Lo mismo sucede para ramas finas, pero en menor amplitud.

Una de las muestras se encontraba infectada con hongo, siendo discriminada por la técnica. También se realizó el mismo procedimiento de búsqueda a una muestra incógnita de prueba, pudiéndose al aplicar la técnica verificar su origen.

Se distingue un comportamiento discriminatorio según el tipo de muestra (rama gruesa o fina). Esto es debido probablemente a que las ramas con menor diámetro no poseen desarrollado el duramen y poseen más cantidad de componentes característicos de la albura.

Tratamiento similar se realizó a las muestras según su origen (Figura 11). El Componente 1 explica el (87 %) de la variabilidad para Chaco, 72 % para Formosa y 9 % Salta. En todos los casos el material proveniente de ramas gruesas se diferencia.

Las muestras de Salta son más dispersas en los 2 análisis realizados. Las muestras estudiadas están en la zona marginal de distribución de la especie. Las muestras de Chaco y Formosa, presentan similitud en el comportamiento de los espectros en APC, siendo diferenciado el origen Salta.

Este estudio abre nuevas incógnitas a ser analizadas sobre la distribución y las áreas óptimas y marginales la dispersión.

Las muestras de Salta son más dispersas en los 2 análisis realizados, pues están en la zona marginal de distribución de la especie. Las muestras de Chaco y Formosa, presentan similitud en el comportamiento de los espectros en APC, siendo diferenciado el origen Salta.

Este estudio abre nuevos interrogantes a ser analizadas sobre la distribución y las áreas óptimas y marginales la dispersión.

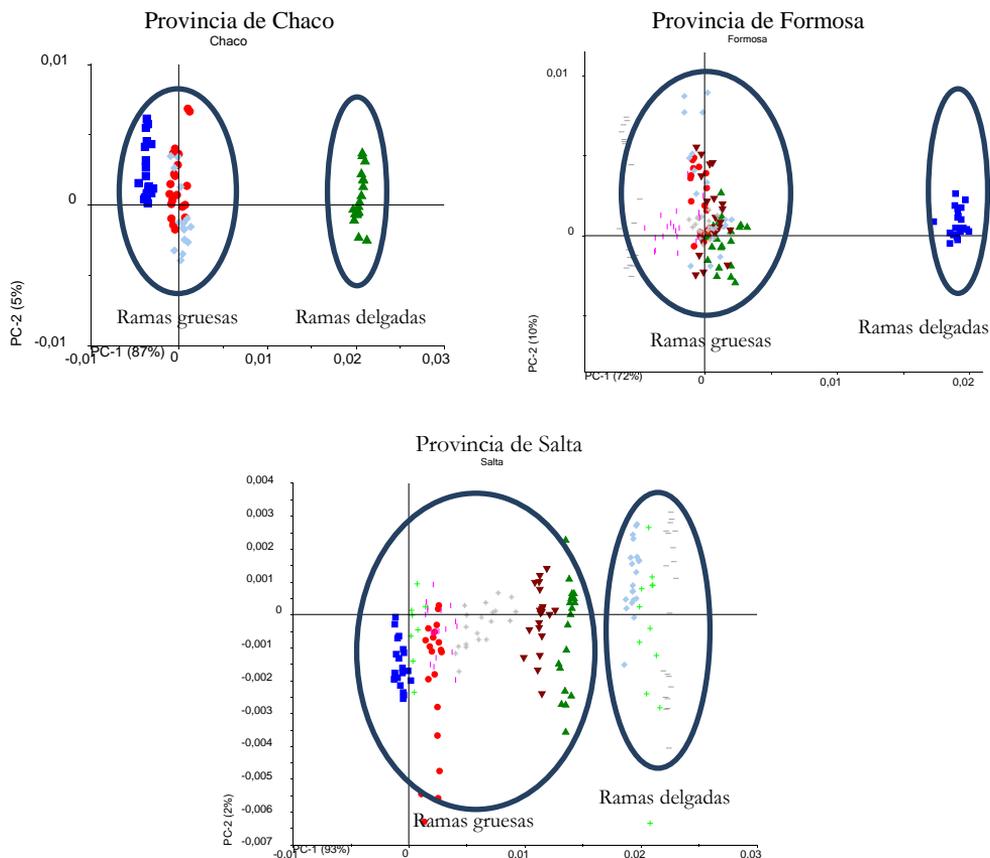


Figura 11. Análisis de componentes principales (PCA) para ramas gruesas y delgadas

Los resultados obtenidos con NIRS demuestran que en las provincias de Chaco y Formosa, la composición morfológica, química, física y mecánica de los materiales lignocelulósicos se asemejan y se observa una diferencia marcada en las muestras de la provincia de Salta.

Ello, es probable que se deba a diferencias fisiológicas y haría posible determinar la región de donde proviene una muestra de madera utilizando la técnica NIRS.

Es factible que la distribución geográfica de esta especie esté influenciada por la precipitación, no obstante habría que considerar la inferencia otros factores como el tipo de suelo, profundidad de la napa y la topografía. En tanto la temperatura no muestra inferencia en cuanto a su distribución, ya que las áreas de estudios presentan similar valores de temperatura media anual.

La evapotranspiración media anual, presenta valores mayores en los sitios de las provincias de Salta y Formosa, que en la provincia de Chaco. En Salta el rango de precipitación media anual es el más bajo (500 a 600 mm) y el de evapotranspiración media anual de 1000 a 1250 mm, el déficit es mayor en comparación con las otras dos provincias.

Agradecimientos

A la Dra. Graciela Inés Bolzón⁵, quien me guió en mi estadía en la Universidad de Parana y me abrió las puertas del laboratorio donde realice los estudios del presente trabajo. Y todas las personas que de una u otra manera colaboraron en el presente trabajo.

Referencias Bibliográficas

- Bianchi, A. R.; S. A. C. Cravero. 2010. Atlas climático digital de la República Argentina. Edición Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Proyecto INTA PNECO 1301.
- CITES. 2016. *Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Anexo II(C): trozas, madera aserrada, láminas de chapa de madera, madera contrachapada, polvos y extractos.* [en línea] Disponible en: <https://www.cites.org/eng/app/appendices.php>.
- Giménez, A. M y J. G. Moglia. 2003. *Árboles del Chaco Argentino. Guía para el reconocimiento dendrológico.* Facultad de Ciencias Forestales, UNSE y Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable del Ministerio de Desarrollo Social. Editorial El Liberal, Argentina. 310 p.
- Giménez, A.; P. Hernández; R. Gerez; N. A. Ríos. 2006. *Biodiversidad Vegetal en un bosque de Palo Santo en la Provincia del Chaco, Argentina.* Trabajo Voluntario. Comisión Biodiversidad; Educación y Conservación. 12 Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales Eldorado. Misiones. 56.1:13.
- Giménez, A. M.; Hernández, P.; Gerez, R. y C. Spagarino. 2007. Anatomía de leño y anillos de crecimiento de Palo Santo (*Bulnesia sarmientoi* Lorenz ex. Griseb Zygothylaceae). *Quebracho* 14: (23-35).
- Morello, J. y J. Adamoli. 1968. Las grandes unidades de vegetación y ambiente del Chaco Argentino. Primera Parte. *INTA, Serie Fitogeográfica*, 10: 1-125.
- PFNM. 2003. Dirección de Bosques, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Nación. *Base de Datos*.
- Schimleck, L. R. 2008. Near infrared spectroscopy: a rapid, non-destructive method for measuring wood properties and its application to tree breeding. *New Zealand Journal of Forestry Science* 38:14-35.
- Schimleck, L. R.; C. Espey; C. R. Mora; R. Evans; A. Taylor y G. I. B. Muñiz. 2009. Characterization of the wood quality of pernambuco (*Caesalpinia echinata* Lam.) by measurements of density, extractives content, microfibril angle, stiffness, color and NIR spectroscopy. *Holzforschung* 63:457-463.
- Tortorelli, L. 1956. Maderas y bosques Argentinos. Administración Nacional de Bosques. Editorial ACME, Buenos Aires. 910 p.
- Tsuchikawa, S.; H. W. Siesler. 2003. Near-Infrared spectroscopy monitoring of the diffusion process of deuterium-labeled molecules in wood. Part I. Softwood. *Appl Spectrosc* 57: 667.
- Tsuchikawa, S.; M. Schwanninger. 2013. A review of recent near-infrared research for wood and paper (Part 2). *Applied Spectroscopy Reviews* 48:560-587.

⁵ Dra. Eng. Florestal. Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira, Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR, Brasil. E-mail: graciela.ufpr@gmail.com

