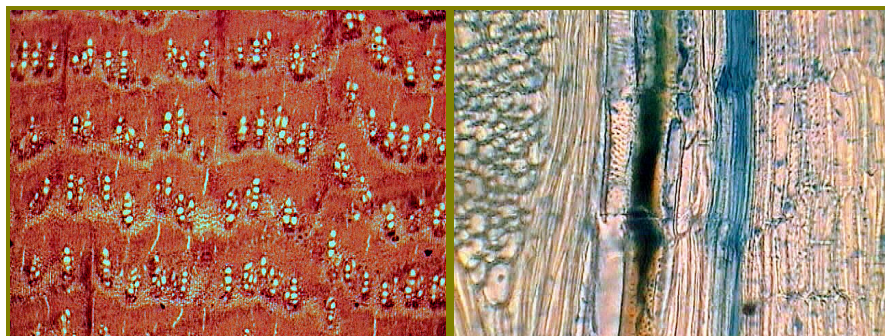




UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTIAGO DEL ESTERO
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
LICENCIATURA EN ECOLOGÍA Y CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE

***ECOANATOMÍA DEL LEÑO DE *Allenrolfea*
vaginata (Grises.) Kuntze (CHENOPODIACEAE)
EN SALINAS DE AMBARGASTA, SANTIAGO
DEL ESTERO***



TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

María Eugenia Figueroa

Directora: Dra. Ana María Giménez

2009

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTIAGO DEL ESTERO
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

LIC. EN ECOLOGÍA Y CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE

Ecoanatomía del leño de *Allenrolfea vaginata*
(grises.) kuntze (Chenopodiaceae) en Salinas de
Ambargasta, Santiago del Estero

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

María Eugenia Figueroa

Directora: Dra. Ana María Giménez

Fecha de defensa.....

Calificación.....

Comité evaluador:

Dra. Ana María Giménez Dra. Juana Graciela Moglia Ing. Diego Meloni

Dedicado a:

Mis padres, Miguel y Mirta

Mi abuela, Sara

Mis hermanas, Viviana y Saritha

Mis sobrinos, Emanuel, Lara,

Guadalupe y Lisandro

Amigos,

Compañeros y

Colegas

La educación es cosa del corazón y sólo Dios es su dueño y nosotros no podremos triunfar en nada si Dios no nos enseña el arte de ganarnos los corazones y nos pone en la mano su llave.

Don Bosco

Agradecimientos

En primer lugar agradezco a Dios por mi vida y por ser mi fortaleza durante todo este tiempo. A mi gran familia por su incondicional apoyo y paciencia. A todas las personas que colaboraron en la realización de este trabajo. Especialmente a los que colaboraron directamente en el mismo, por estar siempre predispuestos y brindar su ayuda desinteresada. Ellos son:

Dra. Ana María Giménez, mi directora, una gran persona y excelente profesional; por su dedicación, paciencia, guía; por todos los conocimientos y enseñanzas aportados; por alentarme constantemente, y ayudarme a valorar lo que soy, lo que tengo y a amar lo que hago.
Ing. Patricia Hernández, por su acompañamiento en las tareas de campo, su asesoramiento y conocimientos brindados sobre diversidad vegetal y anatomía.

Ing. Mario Cejas, por su colaboración en las tareas de campo.

Dr. Guido Lorenz, por su asesoramiento en el análisis del suelo, por facilitar bibliografía y el uso del Laboratorio de suelos del Instituto de silvicultura y manejo de bosques de la Facultad de Ciencias Forestales (NSIMA); a su ayudante *Dominga Ledesma* quien colaboró en la realización de los análisis de laboratorio.

Ing. Celia Gaillard de Benitez por su asesoramiento en los análisis estadísticos.

Lic. Miguel Boetto, de la secretaría técnica de la Dirección provincial de Geología, Minería, Geomorfología y Suelo, por su colaboración en la definición de las unidades geomorfológicas del área de estudio, por facilitar bibliografía, imágenes satelitales, mapas, informes, etc, por el tiempo dedicado y conocimientos ofrecidos.

Dr. Hugo Zerda, por los mapas facilitados.

Sr. Mirta Noemí Sposseti por la realización de los preparados microscópicos.

También, han colaborado muy desinteresadamente y realizado valiosos aportes:

Dra. Sandra Bravo por facilitar bibliografía, por sus revisiones desde la etapa de proyecto del trabajo final, aportes y acertadas correcciones realizadas.

Dra. Susana Saavedra de Ávila, por aportar sus conocimientos y resultados de su tesis doctoral en la descripción del clima.

Lic. Hugo Salas, en las correcciones del proyecto del trabajo.

Dra. Juana G. Moglia, por facilitar bibliografía.

Ing. Diego Meloni.

Ing. Adriana Palavecino,

Dr. Mariott,

Lic. Martín Tir,

Ing. Tula Peralta y a Dirección de Recursos Hídricos por la bibliografía proporcionada. *Biol. Nancy Giannuzzo*, por sus oportunos consejos.

A la Facultad de Ciencias Forestales, a sus autoridades y todo su personal docente y no docente, por brindarme el espacio adecuado para la realización de toda mi carrera y del trabajo final. Al Director de Escuela de la Lic. En Ecología y Conservación. *Biol. Javier Lima*.

Al INSIMA, las bibliotecas de la FCF-UNSE, al Instituto de Tecnología de la Madera (ITM) por los cortes de las muestras de madera, al proyecto del Cicyt-UNSE: “Biodiversidad en ambientes naturales del Chaco argentino” por facilitar la compra de materiales, las salidas a campo y los viajes a presentaciones en congresos.

A todos mis compañeros y colegas que prestaron su tiempo para escucharme. A mi gran grupo de amigas: Ivana, Any, Silvia, Euge, Andrea, Stella, Paola, Marilé, y Flavia, por la paciencia y comprensión y los inolvidables momentos compartidos. A mis amigos de siempre, Susana, Barby, Ivan, y Mauro. En especial a mi compañera Eliana Luna por su colaboración en la toma de datos a campo y su gran apoyo. Y a mis compañeras Gaby, Jime, y Mariela por el optimismo y aliento brindado.

***ECOANATOMÍA DEL LEÑO DE Allenrolfea
vaginata (Grises.) Kuntze (CHENOPODIACEAE)
EN SALINAS DE AMBARGASTA, SANTIAGO
DEL ESTERO***

CONTENIDO	Pág.
RESUMEN.....	1
CAPÍTULO I. INTRODUCCION.....	3
I.1. Ecoanatomía.....	4
I.2. Hipótesis.....	6
I.3. Objetivos.....	6
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
II.1. MATERIALES.....	7
II.1.1. <i>Allenrolfea vaginata</i> (jume negro).....	7
II.1.1.1. Hábitat.....	9
II.1.2. Características ambientales del área de estudio.....	10
II.1.2.1. Geomorfología.....	11
II.1.2.2. Clima y suelo.....	13
II.1.2.3. Fauna y vegetación.....	14
II.1.2.4. Uso del suelo.....	15
II.1.3. Unidades de estudio.....	16
II.1.4. Sitios de estudio.....	19
II.2. MÉTODOS.....	22
II.2.1. Caracterización de los sitios.....	22
II.2.1.1. Descripción del suelo.....	22
II.2.1.2. Descripción de la diversidad vegetal.....	24
II.2.2. Descripción de la estructura anatómica del leño.....	26
II.2.3. Comparación de las variables anatómicas cuantitativas.....	27
II.2.3.1. Análisis multivariado.....	28
II.2.3.2. Análisis univariado.....	29
II.2.3.3. Software Info Stat Profesional-2008.....	29

CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	30
III. 1. Caracterización de los sitios.....	30
III.1.1. Sitio I-Isla Verde.....	30
III.1.1.1. Suelo.....	30
III.1.1.2. Vegetación.....	31
III.1.1.3. Uso del suelo.....	32
III.1.2. Sitio II-La Noria.....	32
III.1.2.1. Suelo.....	32
III.1.2.2. Vegetación.....	33
III.1.2.3. Uso del suelo.....	33
III.1.3. Sitio III-Medellín.....	34
III.1.3.1. Suelo.....	34
III.1.3.2. Vegetación.....	34
III.1.3.3. Uso del suelo.....	35
III.2. Descripción de la estructura anatómica del leño.....	39
III.2.1. Índices ecológicos.....	47
III.3. Comparación de las variables anatómicas cuantitativas.....	47
III.3.1. Análisis multivariado.....	47
III.3.2. Análisis univariado.....	52
III.3.2.1. Diámetro tangencial de lumen de vaso.....	53
III.3.2.2. Longitud de elemento de vaso.....	54
III.3.2.3. Diámetro de fibrotraqueida.....	55
III.3.2.4. Altura de radio.....	56
III.3.2.5. Longitud de fibrotraqueida.....	57
III.3.2.6. Vasos por milímetro cuadrado.....	58
III.3.2.7. Área neta de vasos.....	59
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN.....	61
IV.1. Condiciones ambientales de los sitios.....	61
IV.2. Estructura anatómica del leño.....	64
IV.2.1. Índices ecológicos.....	68

IV.3. Comparación de las variables anatómicas cuantitativas.....	69
IV.3.1. Diámetro tangencial de lumen de vaso.....	70
IV.3.2. Longitud de elemento de vaso.....	71
CAPÍTULO V. CONSIDERACIONES FINALES.....	74
REFERENCIAS.....	76

RESUMEN

El objetivo general del presente estudio fue analizar las características anatómicas del xilema de *Allenrolfea vaginata* (Griseb.) Kuntze (jume negro) en diferentes sitios para determinar posibles estrategias adaptativas del leño. Los objetivos específicos fueron: determinar parámetros de suelo y vegetación que permitan interpretar las condiciones ambientales de cada sitio; describir la estructura anatómica del xilema; y comparar variables anatómicas cuantitativas en los diferentes sitios.

El estudio fue realizado en las proximidades de Salinas de Ambargasta, en el departamento Loreto y Atamisqui. Se trabajó con tres unidades de estudio de 5 has, con vegetación: halófito, arbustiva, y quebrachal, para las cuales se calcularon índices de diversidad vegetal beta. Dentro de ellas se definió un sitio de estudio de 1 ha, donde se tomaron muestras de suelo y madera. Las muestras de suelo fueron tomadas con barreno de 1m y separadas en 6 horizontes. Para su caracterización se siguió la clasificación de World Reference Base for Soil Resources 2006, first update 2007 de FAO. Se emplearon muestras de la madera de 15 individuos de jume negro, 5 por sitio, a una sección de 0.10m. En la descripción anatómica se siguió la terminología del Comité de Nomenclatura de IAWA y los preparados microscópicos se realizaron según las normas tradicionales de anatomía de madera. Las variables anatómicas cuantitativas comparadas entre los tres sitios fueron: diámetro tangencial de lumen de vaso; longitud de elemento de vaso; vaso/ mm²; diámetro de fibrotraqueida; longitud de fibrotraqueida; y altura de radio. Se realizó un análisis multivariado, (componentes principales y conglomerados) y univariado (estadística descriptiva y ANOVA), empleando los software Excel 2003 e Info Stat profesional/ 2008.

El rasgo relevante del leño fue la presencia de cambium anómalo del tipo floema incluso en el xilema, floema foraminado. La proporción de haces de floema en el xilema fue de una frecuencia promedio de 32 haces/mm². Cada haz presentó 14-20 células floemáticas y vasos en agregados con 4 a 7 células. El leño mostró porosidad difusa a semicircular, con anillos de crecimiento indistintos.

Los vasos fueron pequeños, cortos, agregados, y múltiples de 2-4 vasos, con placa de perforación simple, extremadamente numerosos. El tejido mecánico presentó fibrotraqueidas finas y cortas. El parénquima axial fue muy abundante y estratificado. Los radios fueron multiseriados, distribuidos de forma irregular en el

leño, moderadamente anchos y bajos, se observaron muy pocos radios por milímetro. Estas características del leño mostraron un sistema de conducción de agua altamente especializado al medio, orientado a la seguridad en la conducción y con marcados rasgos xeromórficos.

En este trabajo se comprobó la hipótesis de que existe variación de los caracteres anatómicos del xilema en diferentes sitios. Dichas diferencias se manifestaron en la dimensión de los siguientes elementos: vasos (diámetro tangencial del lumen y longitud de elemento de vaso); fibrotraqueidas (diámetro); y radios (altura). Los mismos mostraron diferencias significativas entre los sitios estudiados.

Por lo tanto se concluyó que el leño de la especie está adaptado al medio y además es sensible a los cambios en las condiciones de los sitios.

En un futuro se puede considerar la estructura del leño como un indicador de condiciones ecológicas.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

Los ambientes naturales de las Salinas Grandes y Ambargasta, son ecosistemas extremos de gran valor para la conservación, y con potencialidad científica y turística. Los atributos que le otorgan dicha importancia se deben a su rareza como ecosistema, su función en el paisaje (dinámica de sales), el alto grado de endemismo de muchas de sus especies vegetales y animales; sus condiciones críticas para la vida, donde solo determinado grupo de especies altamente adaptadas anatómica y fisiológicamente pueden desarrollarse (Cabido, 2004; Miatello, 1977; Lorenz, 2009).

Las quenopodiáceas, que presentan dichas condiciones adaptativas, dominan en estos ecosistemas. Su composición de especies varía en función de las condiciones particulares de cada suelo. *Allenrolfea patagonica* y *Heterostachys ritteriana*, son las mas tolerantes, y forman una estepa de nanofanerófitas suculentas en los suelos de mayor concentración de sales. Luego el sistema se enriquece con otras especies halófitas y especies xerófilas, siguiendo un gradiente de concentración salina, hasta culminar en el bosque de los dos quebrachos (Ragonese, 1951).

Allenrolfea vaginata (Griseb.) Kuntze es otra de las quenopodiáceas que forma parte de estas asociaciones y que es objeto de estudio del presente trabajo.

Tiene la particularidad de ser especialmente abundante en los suelos salinos de la provincia de Santiago del Estero, donde se encuentra formando matas en las áreas mas bajas del terreno junto a otras especies. Es considerada bioindicador de salinidad. A diferencia de las dos especies mencionadas anteriormente, las cuales son casi exclusivas de suelos extremadamente salinos y pertenecen a la comunidad de nanofanerófitas suculentas, *A.vaginata* está presente en distintas comunidades vegetales abarcando un rango mas amplio de condiciones ambientales (Ragonese y Castiglione, 1970; Cabido y Zak, 1999; Ragonese, 1951; Roic y Villaverde, 2007; Giménez y Hernández, 2008; Dirección General de Catastro, 1987).

Alcanza un desarrollo superior al de otras especies arbustivas de su familia (hasta 3m de altura y 30cm de diámetro, según mediciones en campo). Presenta mecanismos adaptativos con los que puede regular y mantener la concentración interna de iones, como lo son sus hojas suculentas (Larcher, 1977). Tal como lo

indica Degano (1999) para los vegetales que viven en condiciones de salinidad, algunos de esos mecanismos son: glándulas de sal, parénquima acuífero, abscisión de partes del vegetal, achaparramiento y presencia de caracteres haloxeromórficos.

El ambiente salino crea condiciones de sequía fisiológica debida a la alta concentración de sales. Esto sumado al clima semiárido de la provincia, hacen que la disponibilidad de agua para las plantas sea escasa (Ginzburg 1966, Fahn 1974 citados por Degano, 1999; Ricklefs, 1998). En estas circunstancias es clave el rol del xilema, que debe transportar esa escasa cantidad agua hacia todas las partes del vegetal, con la mayor seguridad, para lo cual su estructura anatómica debe estar preparada.

Además estas condiciones no son siempre constantes sino que varían. Frente a esto, los individuos deben ser capaces de adaptarse a los cambios. Sobre todo en la actualidad donde los ecosistemas están experimentando grandes modificaciones provocadas directa o indirectamente por las acciones humanas. Por ello es cada vez más importante conocer los mecanismos por los cuales los organismos se adaptan al cambio y su capacidad de hacerlo (Ricklefs, 1998).

I.1. Ecoanatomía

Es el estudio directo de las modificaciones fenotípicas de la estructura del leño como respuesta a uno o mas factores ecológicos cambiantes (Giménez et al., 2000).

Las interrelaciones entre la estructura de madera y las características climáticas de una región han sido objeto de numerosos estudios. La Anatomía Ecológica o Ecoanatomía ha adquirido importancia en los últimos años, basándose en las correlaciones entre los factores ambientales y ciertos caracteres anatómicos del leño (Moglia y Giménez, 1998).

Los estudios ecoanatómicos analizan la estructura de la madera de diferentes ambientes, con el fin de encontrar relaciones, muchas de las cuales pueden ser consideradas como estrategias adaptativas. Se basan en que las características de los tejidos del leño pueden variar en función del sitio donde crecen los individuos (Araque y León, 2006). Muchos de ellos han estudiado el efecto de parámetros ecológicos como, disponibilidad de agua, temperatura, estacionalidad, altitud y distribución geográfica, sobre caracteres anatómicos cuantitativos del xilema, como diámetro de poros, frecuencia de vasos, grado de agrupamiento, longitud de

elemento de vaso, puntuaciones intervasculares, (Lindorf, 1994) y han encontrado correlaciones positivas.

Una de las metodologías más adecuadas para estos estudios, es la realización de análisis comparativos entre individuos de una misma especie que se desarrollan bajo condiciones diferentes (Araque y León, 2006).

Estudios de este tipo fueron realizados por Araque y León (2006) para una anacardiácea que crece en dos zonas fisiográficas; Denardi y Marchiori (2005) en una mirtácea de dos regiones boscosas de Río Grande do Sul; Giménez et al. (2003), para el itín (*Prosopis kuntzei*) en regiones con distinta disponibilidad de agua; Laskowski (2000) para el semeruco (*Malpighia emarginata* DC) una especie neotropical proveniente de dos localidades diferentes; Feijóo y Arriaga (2009) para una ciperácea en distintos hábitat y estaciones del año en la patagonia; entre otros.

Estudios anatómicos del xilema en distintas especies de la región chaqueña se han realizado en Giménez, (1993 a); Moglia y Giménez, (1998); Moglia y López, 2001 a -b).

Este tipo de investigaciones, aplicadas al leño de halófitas, es escaso en la literatura. Reinoso y Luna, (2005) estudiaron la estructura anatómica de hojas, tallos y raíces jóvenes de plantas de *Prosopis strombulifera* adaptadas a condiciones de salinidad extrema, encontrando una acumulación de taninos en la corteza que cumplen una función en la retención de agua. Otros estudios fueron realizados para grupos de especies de halófilas como *Suaedoideae* perennes del salitral de la Vidriera o para halófitas dominantes y efímeras; pero en ambos casos son comparaciones anatómicas cualitativas de hojas y tallos (Pérez y Cambi, 2009 a-b). En otras quenopodiáceas se realizó un estudio morfoanatómico y citológico, pero no comparativo, para *Atriplex sagittifolia* en D'Ambrogio et al. (2000).

En este marco se desarrolla el presente estudio de la ecoanatomía del xilema de individuos de *A. vaginata* que crecen en distintos sitios, para conocer las estrategias adaptativas de la especie, y su capacidad de adaptación a los cambios en las condiciones del ambiente.

La importancia del conocimiento de tales estrategias, sobre todo en este tipo de ambientes críticos, como lo son las salinas y su área de influencia, radica en varios aspectos. Aporta conocimientos específicos sobre la relación entre este ambiente y una de sus especies más abundantes, y sobre el comportamiento del leño en distintas situaciones. Confiere valor a la especie desde el punto de vista adaptativo por la

diversidad de respuestas fenotípicas que puede presentar. Conocer su sensibilidad contribuye a su desarrollo como bioindicador. Esta información puede ser de gran valor para el desarrollo de estudios ecoanatómicos aplicados en otros ambientes salinos y otras especies de la provincia, para comprender y valorar la relación entre las especies y su medio. Además la realización de este tipo de estudios, donde el laboratorio es la misma naturaleza, permite estudiar la respuesta actual de las especies y los individuos al gran conjunto de factores ambientales que actúan e interactúan en un momento y lugar determinados.

I.2. Hipótesis

Existe variación de los caracteres anatómicos del xilema en diferentes sitios.

I.3. Objetivos

✓ General:

Analizar las características anatómicas del xilema de *A. vaginata* en diferentes sitios para determinar posibles estrategias adaptativas del leño.

✓ Específicos:

1. Determinar parámetros de suelo y vegetación que permitan interpretar las condiciones ambientales de cada sitio.
2. Describir la estructura anatómica del xilema.
3. Comparar variables anatómicas cuantitativas en cada sitio.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

CAPÍTULO II.

MATERIALES Y MÉTODOS

II.1. Materiales

II.1.1. *Allenrolfea vaginata* (Grises.) Kuntze (jume negro)

Allenrolfea vaginata (Grises.) Kuntze pertenece a la familia Chenopodiaceae. Este grupo está formado por hierbas o arbustos, anuales o perennes, muy raramente pequeños árboles, raramente rizomatosas o con tallos radicales; las hojas de estas especies son casi siempre alternas, sin estípulas, a veces carnosas o reducidas a escamas; son frecuentes los pelos vesiculosos; la estructura anatómica de tallo y raíz es, por lo general, anómala. Comprende alrededor de 102 géneros y unas 1400 especies (Burkart, 1979).

En Argentina se hallan representados 13 géneros, 92 especies, y 29 especies endémicas (Catálogo de las Plantas Vasculares de la Argentina, 1996). Diferentes autores citan para la provincia de Santiago del Estero, alrededor de 15 especies nativas (Administración de Parques Nacionales-SIB; Ragonese, 1951; L. Roic, 2007, Giménez y Hernández, 2008).

Allenrolfea vaginata, es un arbusto endémico de Argentina, densamente ramificado, erecto; con ramas alternas ascendentes, de follaje perenne. Mide de 1 a 2.5m de altura, posee hojas suculentas, como mecanismo adaptativo a la salinidad, de color verde oscuro, soldadas al tallo, envolviéndolo formando anillos. Sus flores son hermafroditas, en número de 5 en las axilas de las brácteas, reunidas en tirso terminales, que se tornan llamativas por su color oscuro al madurar los frutos (Ragonese, 1951; Ruiz, 1972; Roic, 2007- Fig. 1).

La madera de esta especie es dura y pesada (peso específico de 0,8 Kg/dm³); el espesor de los anillos de crecimiento varía con la edad, en un rango de 1,77-5,17mm, con un promedio de 3,85mm, por lo que la especie pertenece al tipo 2 (2-4mm) según Giménez et al (2007), lo que corresponde a una especie de crecimiento bajo a medio. Su ciclo de vida es corto, estimado a partir de un estudio de crecimiento según el cual, a partir de los 12 años de edad se interceptan el incremento medio y el

incremento anual en volumen; el diámetro a esta edad es de 9.25cm (Giménez et al, 2008a).

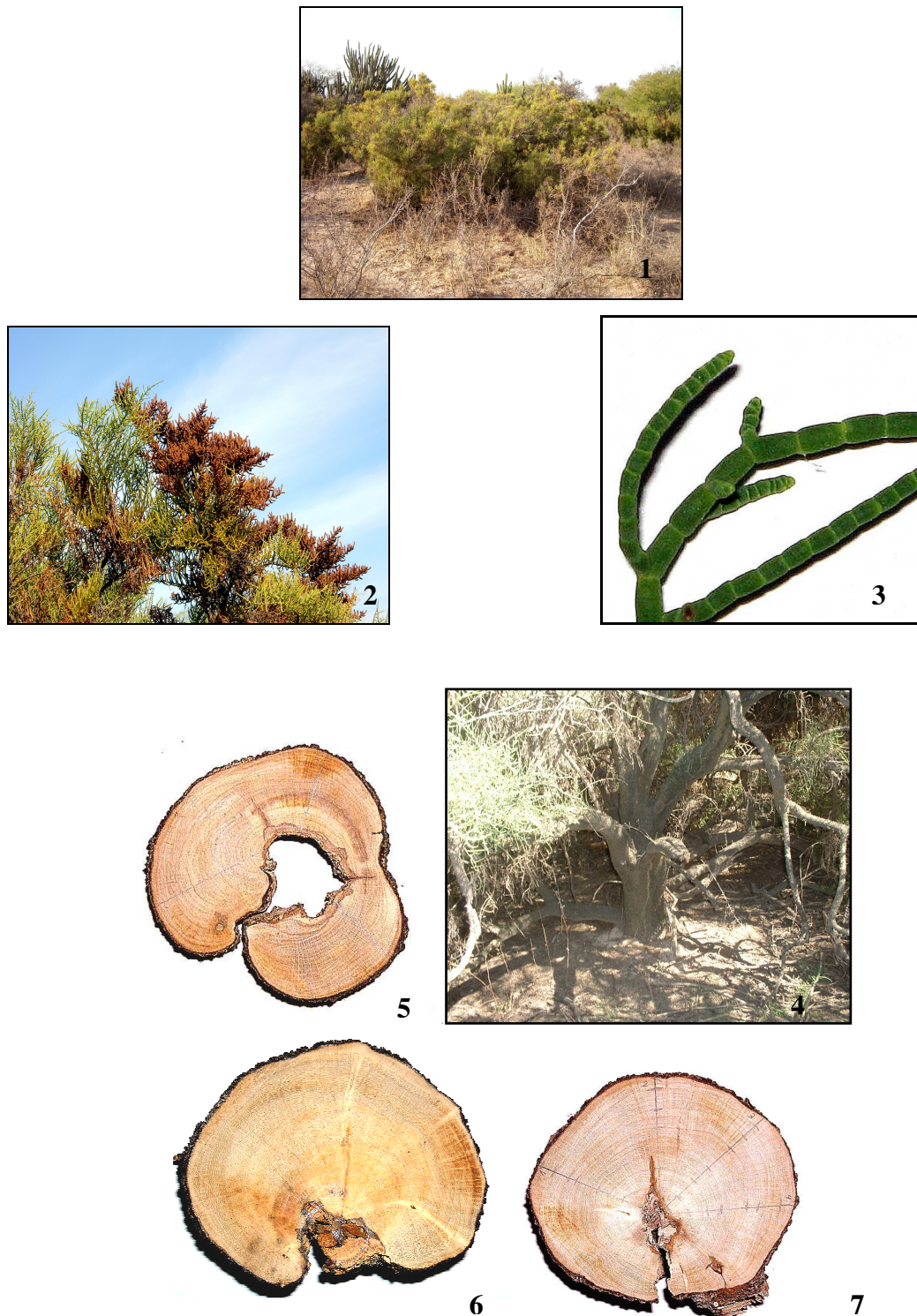


Figura 1. *Allenrolfea vaginata* (jume negro). 1-Matras de jume negro en las salinas. 2-Frutos maduros. 3-Hojas suculentas formando anillos que envuelven al tallo. 4-Ramificaciones del tallo. 5-Descomposición de la médula. 6-7-Anillos de crecimiento en muestras macroscópicas de la madera.

Forma comunidades extensas denominadas jumeales, junto a otras quenopodiáceas y otras halófitas. La presencia de esta especie indica problemas halomórficos en los suelos, los cuales son poco aptos o nulos para la producción agrícola (Ministerio de Defensa, 1978).

Es conocida como “jume negro” por los pobladores rurales. Entre los usos citados en la bibliografía se mencionan los siguientes: tintórea (tiñe la lana de color gris); mordiente para teñido; sus cenizas tienen importancia industrial para la fabricación de vidrio, jabón y soda cáustica; posible combustible (Giménez et al, 2008a; Stramigioli, 2007). Alrededor de los años 50, en interior de la provincia de Santiago del Estero, en la localidad de Pinto, se industrializaba esta especie para producir soda cáustica y carbonato de calcio; pero actualmente sólo existen las ruinas de aquella fábrica. En los análisis de las sales contenidas en sus cenizas, se encuentra en mayor cantidad sílice insoluble; luego potasio y magnesio, entre las mas abundantes (Ragonese, 1951).

II.1.1.1. Hábitat

Las quenopodiáceas tienen distribución mundial, aunque confinadas en áreas xéricas o salitrosas, especialmente en las estepas y semidesiertos de Norte y Sudamérica, Asia Central y Sudamérica, en las costas de los mares, Rojo, Caspio, y Mediterráneo, y en las llanuras salitrosas de Australia (Burkart, 1979).

En Argentina, *Allenrolfea vaginata*, habita en los suelos salados del noroeste, oeste y centro, desde Salta hasta La Pampa y Mendoza. Es muy escasa en Salinas Grandes, pero abundante en Santiago del Estero, donde existen inmensas superficies de suelos salitrosos cubiertos por dicha especie (Ragonese, 1951). Allí, ocupa el Sub-Distrito halófilo del Salado junto a vinalares de *Prosopis ruscifolia* (Ragonese y Castiglione, 1970- Fig. 2).

Además, forma parte del Matorral Halófilo Bajo junto a *Salicornia ambigua*, en sectores de la depresión de Mar Chiquita con suelos fuertemente salinos, pero que no permanecen inundados por largo tiempo, en los cuales no pueden prosperar otras especies (Cabido y Zak, 1999; Cabido, 2004).

Los estudios realizados en las proximidades de las Salinas de Ambargasta han marcado la presencia de esta especie en la mayoría de los sitios muestreados. Aunque no es dominante como en los otros sectores de la provincia mencionados anteriormente, se ubica dentro de las diez especies mas abundantes, mostrando

asociación con distintas especies según la comunidad vegetal en la que se desarrolla (Giménez, 2008b; Convenio Bajos Sub meridionales, 1986, Dirección General de Catastro, 1987).

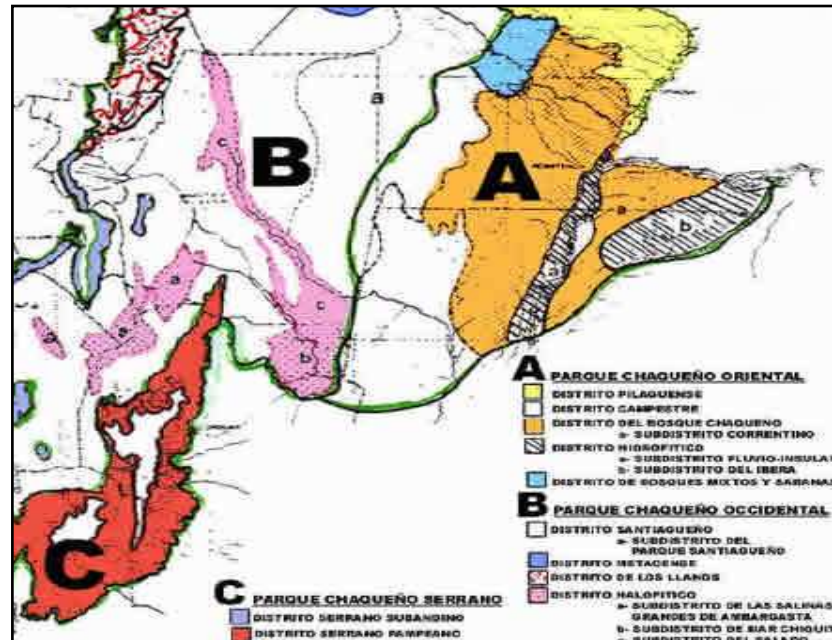


Figura 2. Vegetación del Parque Chaqueño, Ragonese-Castiglione, 1970.

□ Distrito Halófilo: Subdistritos: a- De las Salinas Grandes de Ambargasta - b- De Mar Chiquita - c- Del Salado

II.1.2. Características ambientales del área de estudio

El área de estudio se encuentra al sudoeste de la provincia de Santiago del Estero, en las proximidades de las Salinas de Ambargasta (Fig. 3).

A continuación se presenta una descripción de sus características ambientales.



Figura 3. Ubicación del área de estudio (Google Earth, 2009).

II.1.2.1. Geomorfología

Las características geomorfológicas del área se describen en función a consultas realizadas a profesionales de la Dirección general de geología, minería, geomorfología y suelo de la provincia de Santiago del Estero (Lic. Boetto, Secretaría técnica, M. D. G. M. G. S.), y al material facilitado por dicho organismo (informes, imágenes, cartas y mapas).

En el estudio realizado por el CFI- Convenio Bajos Sub meridionales (1986), se destaca que en el área es muy notoria la influencia de la geotectónica andina, que en sus distintas fases origina la formación de las fosas de hundimiento de las Salinas de Ambargasta. Esta depresión de origen tectónico se encuentra rellena por materiales sedimentarios provenientes de la destrucción de los cordones serranos perisalínicos, principalmente detritos depositados por los cauces temporarios.

El sector septentrional de las Salinas de Ambargasta, está colmado por materiales de origen fluvial, cuyo espesor alcanza varios metros. Estos fueron depositados por las divagaciones de los ríos Dulce-Namby Saladillo en este sector de la cuenca durante el Cuaternario superior.

Por otra parte la tectónica de bloques, característica de las Sierras Pampeanas, se verifica a través del control estructural que estas facturaciones del basamento

profundo afectan a la cubierta sedimentaria suprayacente, originando un sistema de dorsales. Tal es el caso de la Dorsal Atamisqui-Los Telares-Chilca Juliana-Salavina. El principal curso es el río Dulce, caracterizado por su dinámica fluvial compleja, constantes divagaciones y desbordes estacionales. Hasta 1825 bañaba Loreto y Atamisqui; y a partir de este año cambia bruscamente su rumbo hacia el oeste, formando un nuevo cauce, el río Namby, hasta 1905, cuando nuevamente retoma su curso hacia el este. Este río se pierde en un área de bañados, en la localidad Isla del Rosario, y probablemente se conecta hacia el sur a través de líneas de escurrimiento, con otro curso, el río Saladillo. Este constituye en la actualidad una vía de escurrimiento temporario con una cuenca de aporte muy reducida. En su curso medio, forma costras salinas por los desbordes y el ascenso capilar de las sales, desprovistas de vegetación; en cambio sobre pequeñas áreas que sobresalen del microrelieve se encuentran matas de jume y otras halófitas. Otro antiguo cauce del Dulce que se une al Saladillo a la altura de Chilca Juliana, es el río Pinto Seco, el cual, a su vez, posee un brazo occidental denominado río Viejo (Herrera et al., 2003). Las unidades geomorfológicas del área, descritas en el trabajo mencionado, demuestran que el paisaje posee una gran diversidad de ambientes, lo cual implica una variada gama de condiciones para el desarrollo de la biota. Básicamente estas unidades están relacionadas a las llanuras y valles aluviales de los ríos Namby, Saladillo, Pinto Seco; áreas de lagunas, bajada de las sierras perisalínicas, interfluvios, áreas de modelado eólico y de antiguos derrames.

En el presente trabajo, dos unidades de estudio se encuentran bajo la influencia de la dinámica fluvial y se ubican sobre la unidad ***paleollanura aluvial del río Pinto Seco***. Otra, en cambio, esta asentada sobre la ***dorsal Atamisqui-Los Telares***, ya mencionada.

En la sub unidad geomorfológica *paleollanura aluvial de albardones del río Pinto Seco*, las matas de jume negro crecen sobre bajos salitrosos. Esta llanura de albardones, se ha formado por las constantes divagaciones del río Viejo, que atraviesa esta unidad. Los albardones son muy abundantes, de formas alargadas y semicirculares, siguiendo la dirección de los cauces, dando un patrón muy particular. Su posición topográfica es ligeramente más alta que los interfluvios. También existen áreas con suelos muy salinos desprovistos de vegetación. Es un ambiente muy heterogéneo con una gran variabilidad de microrelieves que forman un complejo de suelos: zonas bajas con suelos desnudos, zonas más altas con albardones, cauces secos,

interfluvios. Probablemente la capa freática se encuentre a los 3 metros de profundidad.

La *paleollanura aluvial del río Pinto Seco* esta en una posición topográfica más alta que la anterior. El cauce principal es el río Pinto Seco, que presenta barrancas de entre 4-5 metros. Los interfluvios son ligeramente deprimidos. Los albardones ocupan franjas muy angostas y son más escasos. El ambiente es más uniforme. La capa freática en cercanías de este sitio se ubica a los 8m (Convenio Bajos Sub meridionales, 1986).

La *dorsal Atamisqui-Los Telares* no posee influencia fluvial evidente. La misma es un interfluvio positivo entre los ríos Saladillo y Dulce y corresponde a un remanente de la Sierra de Sumampa, en el que a poca profundidad se encuentran sedimentos del Mioceno (Sub secretaría de Recursos Hídricos de la Nación, 1979). Se presenta como una cuña dentro del terreno, que obstaculiza el avance del río Dulce y sus brazos, desviando su curso por los alrededores. Por lo tanto la estructura general del paisaje es diferente, presentándose como una unidad más uniforme. En el interior de la dorsal existen notorias lomadas o bóvedas, que probablemente son afloramientos de yeso profundos cubiertos por material moderno, loes. En las zonas más bajas, del interior de la dorsal, existen algunas abras naturales, con suelos salinos formados por el ascenso capilar de las sales, dado por la intensa evaporación, ya que esta dorsal actúa como una estructura evaporante (Lic. Boetto, M. y Lic. Duffau, R. E., Secretaría técnica, D. G. M. G. S., entrevista personal, noviembre, 2009).

El límite oriental de la dorsal que linda con la llanura aluvial del Dulce tiene un borde neto, mientras que hacia el occidente presenta una transición gradual hasta los terrenos bajos del río Pinto Seco. En estos bordes el terreno es más bajo y salino (Sub secretaría de Recursos Hídricos de la Nación, 1979).

II.1.2.2. Clima y suelo

El clima es semiárido, con nulo o pequeño exceso de agua, mesotermal, propio de la provincia. La precipitación media anual se concentra en el verano, y para esta área es de 571mm. La evapotranspiración potencial es de 1.060mm, con una deficiencia de 489mm. La temperatura media anual es de 20.8° C. Las temperaturas máximas absolutas para la provincia superan los 45° C, quedando incluida en el polo de calor de América del Sur (Boletta et al., 1992).

Según resultados de la tesis doctoral de Saavedra (2004), esta área presenta un elevado número de meses con déficit de agua: 7 - 7.5 meses; el índice de intensidad de sequía (ISQ) también es elevado: 6-7; el índice hídrico está entre -30 a -35; la duración del período vegetativo varía entre 5-6 meses.

El tipo de suelos para esta área son Fluvisoles, según mapa de suelos de FAO, escala 1:5.000.000; y a mayor escala se distinguen Aridisoles y Salortides, según mapa de suelos para la provincia de Santiago del Estero de la Dirección General de Catastro (1986), escala 1:1.000.000.

II.1.2.3. Fauna y vegetación

El área de las salinas de Ambargasta tiene una notable diversidad de fauna silvestre, siendo el refugio de muchas especies amenazadas de extinción y endémicas, asociada a una sucesión vegetal muy particular.

Se encuentran alrededor de 180 especies de aves, enriquecidas por las aves acuáticas migratorias en las áreas inundables de las salinas, una gran variedad de mamíferos, reptiles y numerosos invertebrados. Entre las especies endémicas se encuentran, entre las aves, la monjita salinera, globalmente amenazada; en el grupo de los reptiles, el chelco de las salinas, y entre los mamíferos la rata vizcacha de los chalchaleros (Cabido, 2004).

El área de estudio pertenece al Distrito Chaqueño Occidental (Cabrera, 1976). Las comunidades vegetales de las Salinas Grandes de Córdoba, Catamarca y Santiago del Estero fueron estudiadas por Ragonese (1951), quien las describió como parte de una halosere arbustiva que se inicia en el centro de la salina y culmina en el bosque de quebracho blanco o quebracho colorado santiagueño siguiendo un gradiente de concentración salina (Fig. 4).

Los terrenos que ocupan el nivel más inferior se encuentran desprovistos de vegetación cubiertos por una gruesa costra de sal. Cuando el terreno se eleva y disminuye la concentración de sales en el suelo y el exceso de humedad, haciendo factible la vida de los vegetales superiores, aparece *Heterostachys ritteriana*. A medida que la salinidad disminuye la comunidad se enriquece en especies apareciendo *Allenrolfea patagonica* como dominante. A estas etapas le sucede otra etapa seral (bosques de cardones) constituida por un matorral bajo y abierto, en su mayoría integrado por arbustos espinosos, en la cual crecen plantas típicamente halófilas como: *Suaeda divaricata*, *Cyclilepis genistoides*, *Atriplex argentina*, *Plectrocarpa*

tetracantha, *Grahamia bracteata*, etc., con otras xerófilas como: *Maytenus vitis-idaea*, *Mimozyanthus carinatus*, *Geoffroea decorticas*, *Opuntia quimilo*, capaces de tolerar cierta concentración de sales en el suelo.

Finalmente al perder el carácter salino del terreno, las especies halófilas desaparecen y son suplantadas por xerófilas típicas.

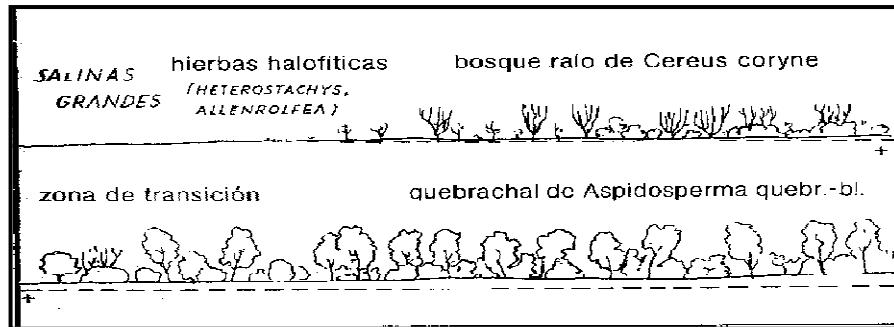


Figura 4. Perfil con las diversas etapas de la sucesión vegetal, desde la fase inicial con *Heterostachys riteriana* hasta el bosque clímax de quebracho blanco. Tomado de Ragonese, 1951.

Otras descripciones de la vegetación en ambientes salinos concuerdan con una clara zonación en la vegetación según un gradiente de concentración salina (Cabido y Zak, 1999; Posse et al., 2006; Miatello, 1977). Hernández et al (2006) realizaron mediciones de diversidad vegetal en el área de influencia de las Salinas de Ambargasta, encontrando algunas diferencias en los índices de diversidad según diferentes tipos fisonómicos.

II.1.2.4. Uso del suelo

Las tierras son mayormente de dominio privado, constituyendo grandes propiedades que abarcan montes y porciones de las salinas. En torno al área la actividad es ganadera, existiendo también cierto grado de extracción forestal para uso local y para leña. Existe también explotación de sal tanto en condiciones industriales como artesanales. Dadas las limitantes naturales para el desarrollo de actividades productivas y a pesar de su fragilidad, presenta algunos sectores bien conservados (Di Giacomo, A. S., 2007).

II.1.3. Unidades de estudio

Las unidades de estudio definidas en el área fueron tres. Cada una posee una superficie de 5 has, predeterminadas con anterioridad en el estudio de “Biodiversidad Vegetal en bosques del Chaco Santiagueño” (Giménez y Hernández, 2008), dentro del cual se realizó el presente trabajo.

La unidad 1 se encuentra a 4,2km del paraje Isla Verde (Dpto. Atamisqui); la 2 en cercanías de La Noria (departamento Loreto) y la 3 en el departamento Atamisqui a 4,5km de la localidad de Medellín. La distancia promedio es de 24km una de otras (Fig. 5).

Las unidades pertenecen a distintas **comunidades vegetales**, (según el mapa de coberturas y usos de la tierra elaborado por Zerda, 2006 -Fig. 6) y a diferentes **unidades geomorfológicas**, tal como se explicó anteriormente, que dan lugar a un paisaje muy heterogéneo, complejo y dinámico, con una gran diversidad de microrelieves (ver el mapa elaborado, mediante software ArcView 3.2, en el presente trabajo en base a la carta geomorfológica del Río Namby-Saladillo, escala 1:75.000, y a imagen Lansat proporcionada por D.G.M.G.S, que se presenta al final de capítulo en Fig. 7). En la figura 8 se muestra el mapa con las curvas de nivel para visualizar la topografía del terreno; las curvas de la unidad III (a la derecha) corresponden a la parte más elevada que es la dorsal.

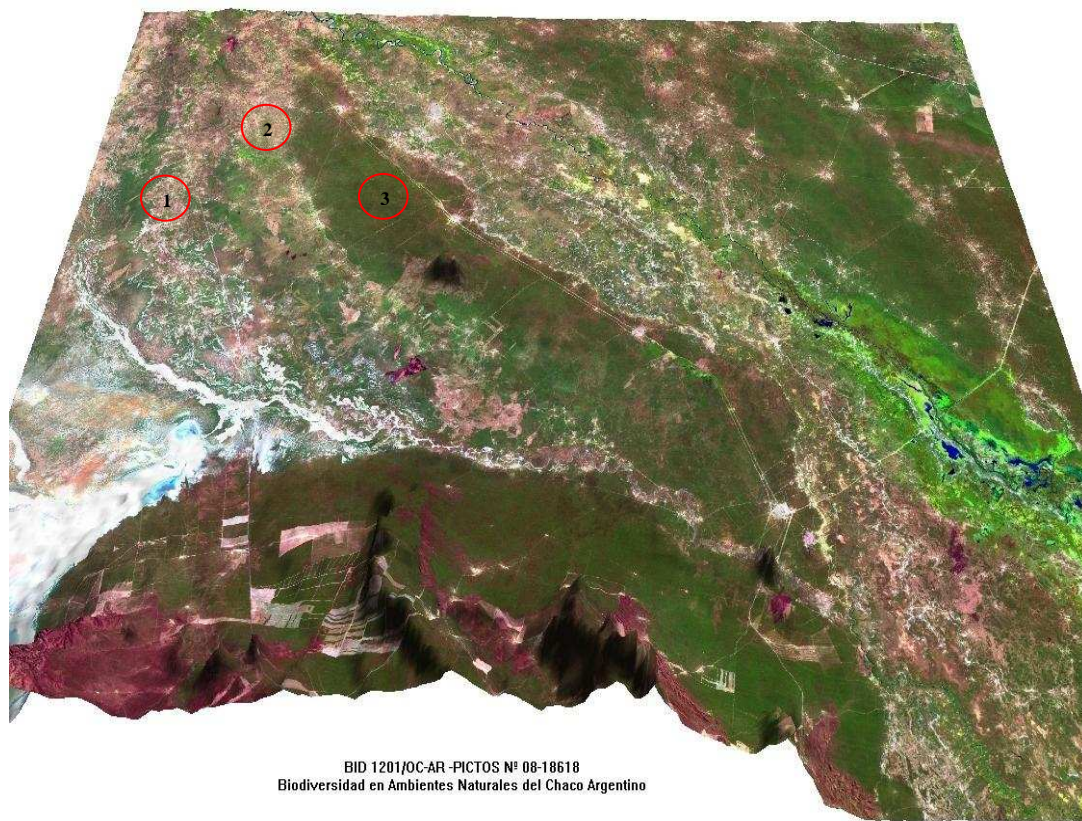


Figura 5. Modelo 3D para visualizar la topografía y ubicación de las unidades elaborado por Zerda, (2006)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTIAGO DEL ESTERO - BID 1201/OC-AR -PICTOS N° 08-18618
 BIODIVERSIDAD EN AMBIENTES NATURALES DEL CHACO ARGENTINO:
 Caracterización y aportes para su conservación

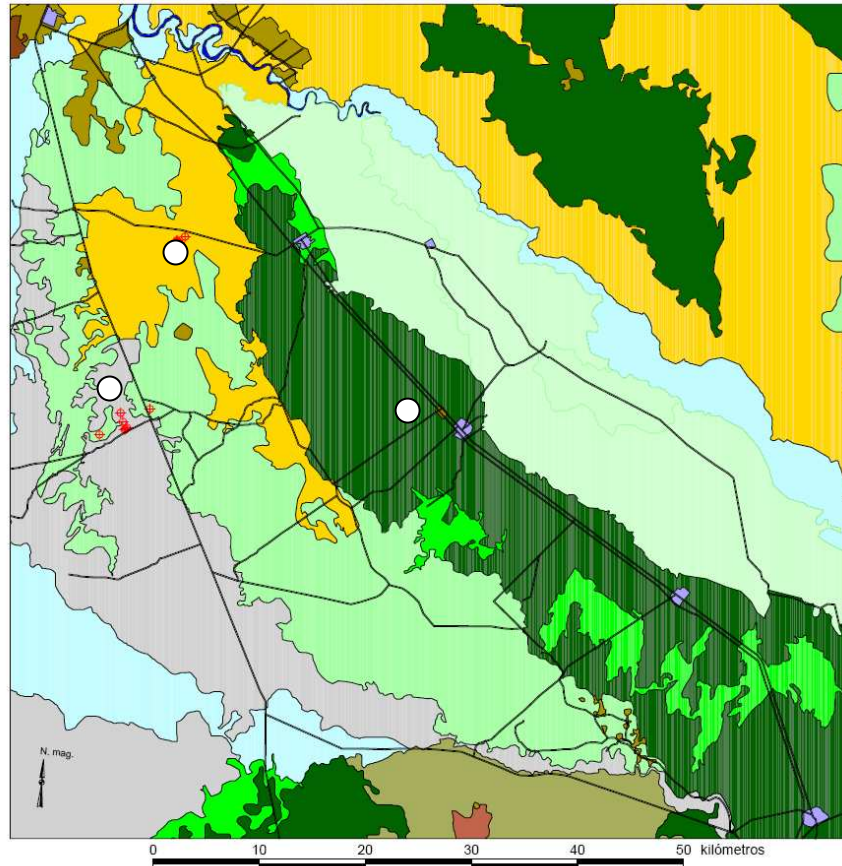


Figura 6. Mapa de coberturas y usos de la tierra del área de influencia de las Salinas de Ambargasta.
 Fuente: Cartografía elaborada por Dr. Hugo Zerda, 2006.

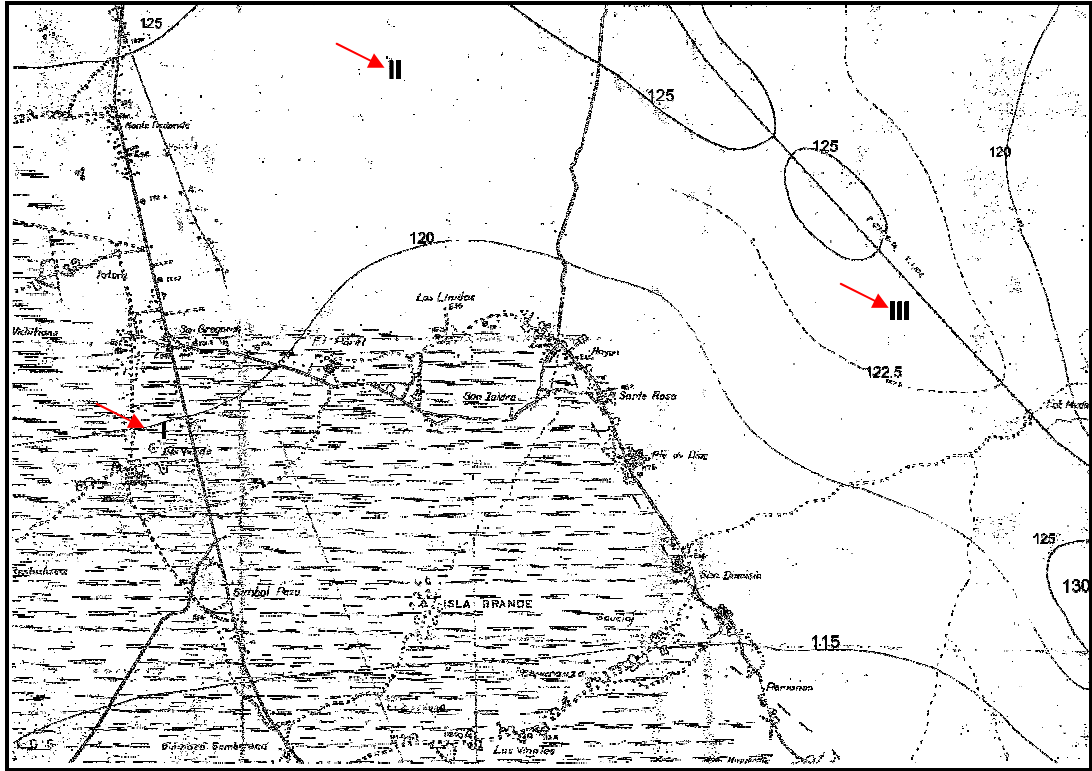


Figura 8. Curvas de nivel próximas a las unidades de estudio. Fuente: Carta elaborada por Dirección Nacional de Geología y Minería, 1967 a-b. Escala 1:100.000.

II.1.4. Sitios de estudio

Dentro de cada unidad se determinó un **sitio de estudio** que corresponde a una superficie de una hectárea. Esta determinación se debe a que el estudio ecoanatómico pretende encontrar posibles variaciones en las variables anatómicas que respondan a las condiciones particulares de cada sitio donde crecen los individuos. En las figuras 9 y 10 se presenta una descripción, imágenes y fotografías de cada sitio de estudio.

Sitios	I	II	III
Latitud S	28° 39' 0.63"	28° 30' 7.74"	28° 38' 48"
Longitud W	64° 6' 40.66"	64° 2' 59.89"	63° 49' 59"
Altitud (Dirección Nacional de Geología y Minería, 1967 a-b)	120	125	125
Localidad	Isla Verde (Atamisqui)	La Noria (Loreto)	Medellín (Atamisqui)
Comunidad vegetal (Zerda, 2006)	Vegetación halófila	Vegetación arbustiva	Quebrachales
Unidad geomorfológica (Consejo Federal de Inversiones, 1986 b)	Paleollanura de albardones	Paleollanura aluvial del río Pinto Seco	Dorsal Atamisqui-Los Telares

Figura 9. Descripción de los sitios de estudio.

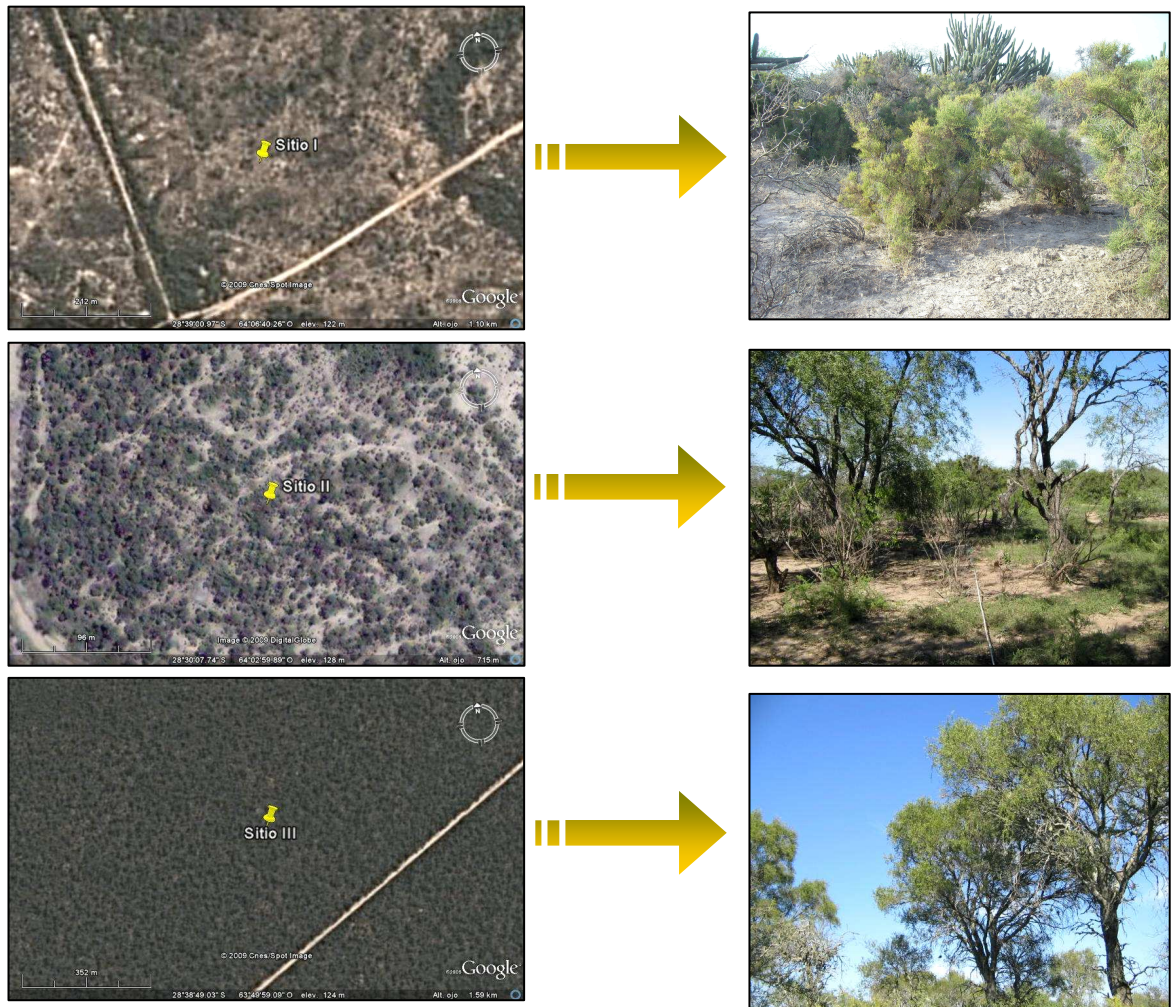


Figura 10. Imágenes satelitales (Google Earth, 2009) y fotografías en terreno que muestran el tipo de cobertura y vegetación de cada sitio de estudio.

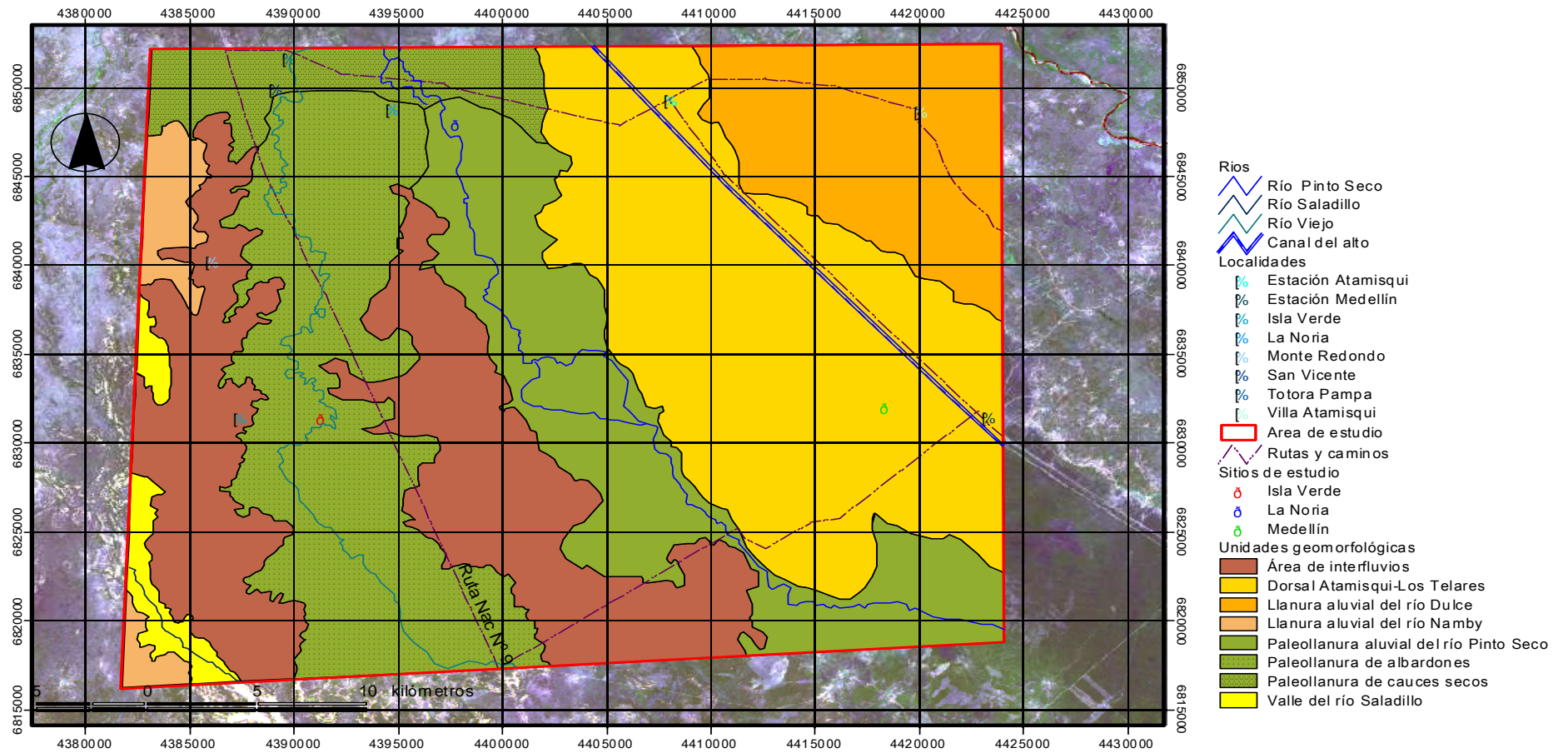


Figura 7. Mapa geomorfológico del área de estudio

II.2. Métodos

II.2.1. Caracterización de los sitios

La caracterización de cada sitio se realizó en base a la determinación de parámetros de suelo y vegetación. La misma se realizó con la finalidad de interpretar las condiciones ambientales de cada sitio.

Cada unidad de estudio definida cuenta con datos previos de inventarios de vegetación. Los mismos se emplearon y procesaron para el cálculo de parámetros de diversidad vegetal.

En cada sitio, se tomaron muestras de suelo y de la madera del jume negro.

II.2.1.1. Descripción del suelo

En cuanto a las características edáficas, se realizó una clasificación preliminar del suelo de cada sitio. Para ello se contó con la colaboración de la cátedra de Edafología Ecológica de la Facultad de Ciencias Forestales, y las mediciones se realizaron en el Lab. De Suelos del Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques, bajo la supervisión de docentes de dicha cátedra.

Se midieron: conductividad eléctrica, concentración de sales, presión osmótica, potencial de agua del suelo, clase textural, pH, carbonatos, y color, siguiendo el procedimiento indicado en Lorenz (2005) y la clasificación de World referente Base for Soil Resources 2006, first update 2007 de FAO.

El principal parámetro para medir y clasificar el grado de salinidad utilizado fue la **conductividad eléctrica** en la solución del suelo (CE) en extracto de saturación. La misma aumenta proporcionalmente con la concentración de iones de las sales en solución. Ambas variables se relacionan linealmente con la presión osmótica (π) en la solución del suelo:

$$CE = \frac{conc (sal)_{sol}}{640} (dS \cdot m^{-1}) \text{ ó } (dS \cdot cm^{-1})$$

$$\pi = 36.5 \times CE \quad (kPa)$$

Los factores constantes son empíricos.

El método empleado para la caracterización de la salinidad en general, es decir para medir el contenido total de sales solubles o la conductividad eléctrica (CE), fue el método rápido en suspensión suelo: agua de 1:2.5 de Schlichting et al, citado en Lorenz (2005).

La conductividad eléctrica se registró a una temperatura de referencia de 25° C, mediante un conductímetro con temperatura y compensación automática de CE a dicha temperatura.

Las muestras de suelo se tomaron con un barreno de 1m de profundidad, en 4 puntos al azar, en cada sitio. Cada muestra se separó en 6 horizontes y en cada uno de ellos se realizaron los análisis correspondientes (Fig. 11).

H ₁	10cm
H ₂	20cm
H ₃	30cm
H ₄	50cm
H ₅	75cm
H ₆	100cm

Figura 11. Horizontes analizados y sus respectivos espesores.

Dada la dilución de la solución de suelo en la suspensión, la conductividad eléctrica medida en la suspensión, se corrigió según la siguiente ecuación, usando el volumen de agua en capacidad de campo (CC) como referencia:

$$C^*E_{cc} = \frac{CE_{2.5} \cdot rel (ag:suelo) \cdot D_{ap}}{CC}$$

Considerando el valor 2.5 en la relación agua: suelo y estimando el valor de 1g/cm³ para la D_{ap}, la ecuación queda simplificada:

$$C^*E_{cc} = \frac{CE_{2.5} \times 2.5}{CC}$$

*C^*E_{cc}*: conductividad eléctrica estimada para la solución del suelo a capacidad de campo (dS•m⁻¹)

CE_{2.5}: conductividad eléctrica en el extracto 1:2.5 (dS•m⁻¹)

rel (ag:suelo): relación agua: suelo (cm³•g⁻¹)

D_{ap}: densidad aparente del suelo (g•cm⁻³)

CC: capacidad de campo

El volumen de agua en capacidad de campo se estimó en función de la textura y la densidad aparente, según los valores de Bolden citados en Lorenz (2004). Para ello, se determinó la clase textural para cada sitio, y se consideró una densidad aparente baja para estos suelos.

También se calcularon los valores de CE, concentración de sales y presión osmótica para el punto de marchitamiento, el cual corresponde a un volumen de agua del suelo tres veces menor al volumen correspondiente a la capacidad de campo. En este punto la concentración de sales se triplica. Esta situación puede asemejarse mas al valor real de salinidad que deben enfrentar las plantas cuando el suelo esta seco.

La medición del pH del suelo se realizó en CaCl_2 y en agua.

La presencia de carbonato de calcio (CaCO_3) se estableció a través de la adición al suelo de gotas de HCl (ácido clorhídrico) al 10-por ciento. El grado de efervescencia del gas de dióxido de carbono es indicativo de la cantidad de carbonato de calcio presente en el suelo. Las clases para la reacción de carbonatos en la matriz del suelo se definieron según lo indicado en la guía mencionada.

La clase textural se estimó a través del método manual (Arens y Etchevehere, 1966).

La determinación del color se realizó en seco y húmedo para los horizontes 1, 2, y 6, siguiendo, también, los métodos correspondientes.

II.2.1.2. Descripción de la diversidad vegetal

En relación a la vegetación se consideró a la *diversidad vegetal* como indicador de las condiciones ambientales de cada sitio estudiado en el que está presente el jume negro. Para ello se realizaron mediciones de la *diversidad beta* (entre los sitios). La diversidad beta o diversidad entre hábitats es el grado de reemplazamiento de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales, según Whittaker (1972) citado en Moreno (2001). La medición de la diversidad beta está basada en proporciones o diferencias. Estas proporciones pueden evaluarse con base en índices o coeficientes de similitud, de disimilitud o de distancia entre las muestras a partir de datos cualitativos (presencia-ausencia de especies) o cuantitativos (abundancia proporcional de cada especie medida como número de individuos, biomasa, densidad, cobertura, etc.), o bien con índices de diversidad beta propiamente dichos (Moreno, 2001). En este caso para todos los cálculos se emplearon datos cualitativos (presencia-ausencia) provenientes de inventarios de vegetación del Proyecto

PICTO/ 18618: “Biodiversidad en ambientes naturales del Chaco Argentino, área de “Biodiversidad Vegetal en bosques del Chaco Santiaguense”. Los valores de cobertura (del índice de Margalef, 1974) se tomaron de los ya calculados en el proyecto. Los índices se calcularon siguiendo las metodologías reunidas en Moreno (2001). Se determinaron los siguientes índices:

- ✓ Riqueza de especies por biotipo: árbol, arbusto, crasa.
- ✓ Riqueza total de especies.
- ✓ Número de especies de quenopodiáceas, como indicador de condiciones de salinidad.
- ✓ Índice de similitud: coeficiente de similitud de Jaccard, calculado de a pares:

$$I_J = \frac{c}{a + b - c}$$

Donde:

a = número de especies presentes en el sitio A

b = número de especies presentes en el sitio B

c = número de especies presentes en ambos sitios A y B

- ✓ Índice de disimilitud:

$$d = 1 - s \text{ (Magurran, 1988)}$$

- ✓ Índice de reemplazo de especies: índice de Cody (1993):

$$\beta = 1 - \frac{c(a + b)}{2ab}$$

Donde:

a = número de especies presentes en el sitio A

b = número de especies presentes en el sitio B

c = número de especies presentes en ambos sitios A y B

- ✓ Índice de complementariedad: se refiere al grado de disimilitud en la composición de especies entre pares de biotas (Colwell y Coddington, 1994, citado en Moreno, 2001). Se calcula primero:

-La riqueza total para ambos sitios combinados: $S_{AB} = a + b - c$

Donde a es el número de especies del sitio A, b es el número de especies del sitio B, y c es el número de especies en común entre los sitios A y B.

-El número de especies únicas a cualquiera de los dos sitios: $U_{AB} = a + b - 2c$

-Luego la complementariedad es:

$$C_{AB} = \frac{U_{AB}}{S_{AB}}$$

II.2.2. Descripción de la estructura anatómica del leño

En este trabajo se tomaron muestras de la madera de 15 individuos al azar, a una sección de 0.10 m.

Se determinaron los parámetros básicos para la descripción según las normas tradicionales de anatomía de la madera.

A partir de las muestras se realizan preparados microscópicos. Las mismas, debidamente orientadas, fueron cortadas con micrótopo de carro móvil Leitz con un espesor de 12- 20 μ , en plano transversal y longitudinal tangencial y radial. Luego se tiñeron con coloración de acridina roja y azul de astra, (Freund, 1970). Posteriormente se deshidrataron en serie alcohólica ascendente, y colocaron en xilol y montaron con Entellán.

De las probetas se separó material para la realización del macerado. Fueron tratadas con una solución de una parte de ácido acético glacial y dos partes de peróxido de hidrógeno (Berlyn y Miskische, 1976).

Los criterios para la descripción y la terminología usados, fueron principalmente los determinados por IAWA Committee (1989) y se complementaron con los criterios calificativos mencionados en Tortorelli (1956).

Las mediciones anatómicas de los caracteres seleccionados se efectuaron siguiendo las recomendaciones de Muñiz (1986), Muñiz y Coradin (1991), con la medición de 25 elementos por variable e individuo.

Se obtuvieron los valores porcentuales siguiendo la metodología de Quirk y Smith (1975). La longitud de miembros de vaso se contabilizó incluyendo los apéndices.

Las fotografías microscópicas fueron tomadas con el equipo Zeiss, y cámara Olympus O M 35.

Se calcularon los índices de vulnerabilidad y mesomorfía de Carlquist (1977), citado

en Araque y León (2006), para determinar el grado de seguridad o eficiencia que presentan los elementos de conducción que se desarrollan en un medio determinado. Estos índices toman en consideración aspectos fundamentales del tejido de conducción como diámetro, frecuencia y longitud del elemento vascular:

$$IV = \text{diámetro de vaso} / (\text{vasos}/\text{mm}^2)$$

$$IM = IV \times Lev$$

Donde:

IV = índice de vulnerabilidad.

IM = índice de mesomorfía.

Lev = longitud de elementos vasculares.

II.2.3. Comparación de las variables anatómicas cuantitativas

Siguiendo la metodología, que según Araque y León, (2006) es la más adecuada, se seleccionaron y compararon variables anatómicas cuantitativas entre 15 individuos de *A. vaginata* provenientes de tres sitios (tratamientos: T1, T2, y T3). A continuación se presenta un esquema resumen de la metodología seguida (Fig. 12).

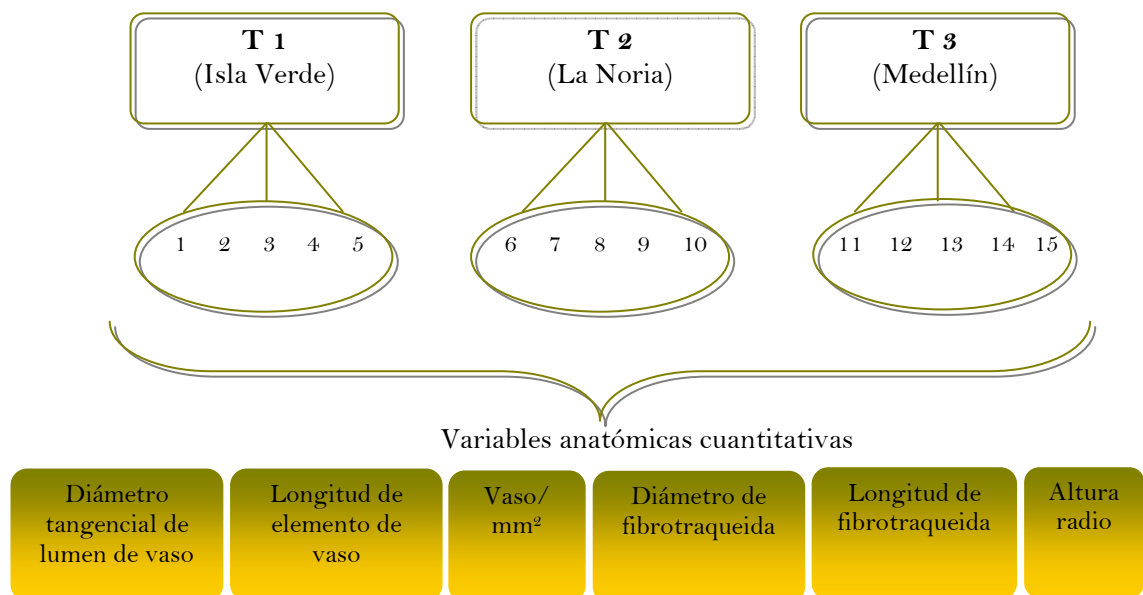


Figura 12. Esquema resumen de la metodología para el estudio de la ecoanatomía del xilema.

Además de la comparación entre estas variables se realizó el cálculo adicional del *área neta de vasos*, la que permite conocer cual es el área que efectivamente realiza la conducción del agua. Esta variable surge de la relación:

$$\text{Área neta de vasos} = \text{Área de vasos} \times \text{Vasos/mm}^2$$

Donde el área de vasos es $= \pi \cdot d^2/4$

II.2.3.1. Análisis multivariado

En primera instancia se realizó un análisis exploratorio examinando simultáneamente todas las variables anatómicas mediante la herramienta de análisis multivariado.

Se utilizó la técnica multivariante de *componentes principales* para identificar las variables con mayor contribución en la explicación de la variabilidad total entre los sitios. Los resultados se presentan en gráficos *biplots* y tablas con los autovalores y autovectores correspondientes.

Los biplots son gráficos que se construyen a partir del análisis de componentes principales. En los ejes artificiales se grafican las componentes principales (CP1 y CP2), las variables se representan como vectores y las observaciones como puntos. Permiten visualizar las observaciones y las variables en el mismo gráfico, así es posible identificar asociaciones entre observaciones, entre variables y entre variables y observaciones.

Los autovalores representan la proporción de variabilidad total explicada por cada componente y los autovectores (e_1 y e_2) muestran los coeficientes con que cada variable original fue ponderada para conformar las CP1 y CP2. Cada componente principal es un nuevo conjunto de variables no correlacionadas que explican la estructura de variación en las filas de la tabla de datos.

También se realizó un *análisis de conglomerados*. Éste es frecuentemente utilizado como otro método exploratorio de datos con la finalidad de obtener mayor conocimiento sobre la estructura de las observaciones y/o variables en estudio. Si bien el proceso de agrupamiento conlleva inicialmente a una pérdida de información ya que se sitúan en una misma clase unidades que no son idénticas (sólo semejantes), la síntesis de la información disponible sobre las unidades consideradas puede facilitar considerablemente la visualización de relaciones multivariadas de naturaleza compleja. Se recurre a técnicas de agrupamiento cuando el objetivo operacional es identificar el agrupamiento natural de las observaciones. Las técnicas de clasificación basadas en agrupamientos implican la distribución de las unidades

de estudio en clases o categorías de manera tal que cada clase (conglomerado) reúne unidades cuya similitud es máxima bajo algún criterio. Es decir los objetos en un mismo grupo comparten el mayor número permisible de características y los objetos en diferentes grupos tienden a ser distintos (Manual de Infostat, 2008).

En este sentido se aplicó esta técnica para todas las variables medidas según distintos criterios.

Primero se realizó un agrupamiento jerárquico de todas las variables teniendo como criterio de clasificación los sitios, para conocer la similitud de las variables según los sitios. Luego se realizó un agrupamiento de las variables en función de los individuos, para conocer asociaciones entre ellas. Por último se agruparon los individuos en función de las variables para corroborar si los mismos se agrupan naturalmente en sus sitios correspondientes.

II.2.3.2. Análisis univariado

El análisis anterior permitió obtener una aproximación sobre el comportamiento de las variables. Luego se realizó un análisis más detallado para una mejor interpretación, con el cálculo de los estadísticos básicos, el análisis de la varianza por variable en función de los sitios, y el test de Duncan ($\alpha = 0,05$) para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los sitios.

II.2.3.3. Software Info Stat Profesional-2008

En el análisis estadístico se empleó el software estadístico InfoStat Profesional desarrollado en Argentina por el Grupo InfoStat, un equipo de investigadores en Estadística Aplicada, de la Maestría en Estadística Aplicada de la Universidad Nacional de Córdoba (InfoStat/P, 2008). También se utilizó Microsoft Office Excel 2003.

CAPÍTULO III

RESULTADOS

CAPÍTULO III.

RESULTADOS

III. 1. Caracterización de los sitios

Cada sitio en el que se desarrollan los individuos de jume negro estudiados, posee condiciones particulares generadas por la interacción de distintos factores ambientales entre sí. El relieve, la actividad fluvial y el clima son los principales factores que determinan la dinámica de cada sitio. Los resultados de los análisis de suelo y los valores de diversidad vegetal se muestran en las tablas 1, 2 y 3, y figuras 13 y 14.

A continuación se presenta la descripción de cada sitio y luego un cuadro comparativo resumiendo las principales características de cada uno.

III.1.1. Sitio I-Isla Verde

III.1.1.1. Suelo

El suelo de este sitio, según los análisis realizados, se clasifica como **Haplic Epi Hypersalic Fluvisol (Endohyposodic, Siltic)**. Por encontrarse sobre sedimentos fluviales de la *paleollanura aluvial de albardones del río Pinto Seco*, corresponde clasificarlo como Fluvisols; según la WRB 2007.

Presenta un horizonte hipersálico, es decir que la conductividad eléctrica es más de 30 mS/cm en por lo menos algún sub horizonte dentro de los 100cm desde la superficie. En este suelo la conductividad eléctrica posee valores mayores de 15 mS/cm, desde la superficie, aumentando este valor de conductividad en profundidad. Por lo tanto califica como *Epi* hypersalic, ya que presenta un horizonte sálico superficial, entre los 25-50cm desde la superficie. Esto indica condiciones desfavorables en el espacio de enraizamiento para la mayor parte de las especies.

Se evidencia la presencia de sodio en profundidad por el aumento del pH (de 6,2 a 9,1, en agua) en igual sentido por lo que se agrega el adjetivo Endo hiposódico. El

adjetivo Siltic se debe a la presencia de limos. No muestra horizonte mólico. Por su textura es franco limoso arenoso.

La concentración de sales en el suelo seco para un volumen de agua correspondiente al punto de marchitamiento, supera los 53 g/l en los primeros 30cm y llega hasta más de 80g/l en los 100cm, con una presión osmótica que varía entre 2.000 y 4.600 kPa y un potencial de agua del suelo entre 3.500 (entre los 30cm) y 6.000kPa (a 100cm).

III.1.1.2. Vegetación

Se encuentran especies halófilas en los interfluvios, como *Heterostachys ritteriana*, *Atriplex argentina*, *Allenrolfea vaginata* y en los albardones los vinalares. También se hallan arbustos espinescentes y cactus arbóreos. La altura del dosel es menos de 8 metros de altura. La cobertura es del 5%. La riqueza total es de 27. En cuanto a los biotipos es mayor la riqueza de especies arbustivas que arbóreas. Posee el mayor número de especies de quenopodiáceas. El 16% de las especies relevadas son exclusivas de este sitio. El índice de diversidad beta entre este sitio y el arbustal es de 0.69, y el grado de disimilitud en la composición de especies entre ambos es del 85%. Mientras que con el quebrachal la diversidad es de 0.50, con el 68% de complementariedad.

Listado de especies exclusivas:

- ✓ *Atriplex argentina*
- ✓ *Castella coccinea*
- ✓ *Heterostachys ritteriana*
- ✓ *Opuntia quimilo*
- ✓ *Opuntia sulphurea var pampeana*
- ✓ *Plectrocarpa tetracantha*
- ✓ *Prosopis reptans*
- ✓ *Tephrocactus auriculatus var. oligacanthus*

III.1.1.3. Uso del suelo

En Isla Verde, los pobladores rurales poseen ganado caprino principalmente, y debido a su inadecuado manejo, generan peladares peridomésticos. A pesar de ello, este ambiente mantiene aún las características naturales típicas de los ambientes salinos, en gran parte bien conservadas, con la estratificación de la vegetación en función de la concentración salina tal como se describe en Ragonse (1951). Las limitantes del suelo permiten un uso restringido a la subsistencia, con extracción de leña y pequeñas huertas. Se observa en esta zona, la creación de artesanías con los productos del monte, telares teñidos con tintes naturales, fijados con lejía de jume negro, utilización de la fauna silvestre para comercio como mascotas (tortugas, lampalaguas) y alimento.

III.1.2. Sitio II-La Noria

III.1.2.1. Suelo

El suelo se clasifica, según los análisis de las muestras tomadas, como **Haplic Endo Hypersalic Fluvisol (Siltic)**. Este suelo clasifica como Fluvisol, por estar sobre la planicie aluvial antigua del río. Evidencias de esta dinámica fluvial se encuentran en las muestras del suelo donde cerca de los 100cm de profundidad se observa un horizonte mas oscuro, de textura franco arcillo limoso, lo que significa que posiblemente se trata de un horizonte "A" enterrado. Además, en los primeros 30cm de este suelo no se observan valores elevados de salinidad.

Se destaca la presencia de un horizonte sálico entre los 50-100cm desde la superficie, es decir en profundidad, por cual clasifica como *Endo Hypersalic*. Por lo tanto el espacio de enraizamiento se encuentra despejado de sales para la mayor parte de las plantas que generalmente exploran a esta profundidad.

El pH no muestra valores altos y se mantiene en general entre 7,8 a 8,1 (medido en agua), por lo tanto no es hipo sódico. El adjetivo Siltic se debe a la presencia de limos.

Según las determinaciones del color, se encuentra en el límite de clasificación para el horizonte mólico. No obstante esto, se opta por clasificarlo con el calificativo Haplic, según otros parámetros ambientales del sitio.

Su textura es franco limoso hasta los 75cm, luego es franco arcilloso limoso a partir de los 100cm.

La concentración de sales, en el suelo seco es de alrededor de 3 g/l, en los primeros horizontes y luego aumenta hasta 55g/l a un metro de profundidad, dando una presión osmótica que varía entre 220 y 3.000kPa; y un potencial de agua del suelo de entre 1.700 y 4.600kPa.

III.1.2.2. Vegetación

En los interfluvios deprimidos existe vegetación halófila (jumeales). Se observa a campo un arbustal con individuos arbóreos aislados de *Prosopis ruscifolia* “vinal”, *Ziziphus mistol* “mistol” y *Aspidosperma quebracho blanco* “quebracho blanco”. La cobertura es de 5 a 25%. La riqueza de especies total es baja, y es mayor en especies arbustivas que arbóreas. El número de quenopodiáceas es bajo (2). El 8% de las especies relevadas son exclusivas de este sitio. El índice de diversidad beta entre este sitio y el quebrachal es bastante elevado 0.77, y la complementariedad es del 90%, son los sitios que presentan mayores diferencias en su diversidad vegetal.

Listado de especies exclusivas:

- ✓ *Capsicum chacoense*
- ✓ *Lippia salsa*
- ✓ *Prosopis sericantha*
- ✓ *Solanum argentinum*

III.1.2.3. Uso del suelo

La situación es muy diferente a la anterior, ya que es un área modificada y alterada en gran parte, presenta agricultura bajo riego en algunos sectores, manejo inadecuado del ganado y actividad forestal mas intensa. Esta situación puede deberse a que los suelos son menos salinos en los primeros horizontes, y por lo tanto con menos limitaciones. Es un área más degradada y empobrecida, lo cual se demuestra en los bajos valores de diversidad vegetal.

III.1.3. Sitio III-Medellín

III.1.3.1. Suelo

El suelo de este sitio se clasifica como **Haplic Endo Hypersalic Solonchak (Endohyposodic, Siltic)**. Este suelo deriva de sedimentos loésicos, ya que se encuentra sobre la dorsal en una posición mas estabilizada, no invadida por el río durante sus divagaciones. Por lo tanto, a diferencia de los suelos anteriores, éste no presenta dinámica fluvial y clasifica como Solonchak, por la elevada salinidad que presenta. Presenta alta salinidad superficialmente, pero ésta aumenta marcadamente a partir de los 50cm, y por lo tanto clasifica como *Endo Hypersalic*. Se evidencia la presencia de sodio en profundidad (Endohiposódico), por lo valores elevados de pH. No muestra un horizonte mólico. Presenta limos (Siltic). No presenta horizonte mólico (por lo tanto es Haplic). Su textura es franco arenoso.

La concentración de sales en punto de marchitamiento es de 30 g/l en los primeros 30cm, y llega a los 67 g/l en los 100cm. Su presión osmótica varía entre 1.700 y 3.800kPa, y el potencial de agua del suelo entre 3.200 y 5.300kPa.

III.1.3.2. Vegetación

La vegetación corresponde a un quebrachal con cobertura discontinua. En las abras del monte, donde los suelos son mas bajos y salinos, aparecen matas de jume negro de gran altura y desarrollo, encontrándose algunos ejemplares de hasta 3 metros de altura y de 30cm de diámetro, junto a matas de *Suaeda divaricata* y otras halófitas. El resto del área mas elevada está cubierta por quebrachales y otras especies xerófilas típicas de la región. La altura del dosel es de más de 14 metros. La cobertura es de entre el 50 y 75%. La riqueza total de especies es más alta que los sitios anteriores. La riqueza de especies arbustivas es mayor que de árboles. La riqueza de quenopodiáceas disminuye a sólo 2 especies. El 33% de las especies son exclusivas para este sitio. El índice de disimilitud con el arbustal es mayor (0.90) que con la vegetación halófila (0.68). La diversidad también es mayor entre el este sitio y el arbustal (0.77) que con el primero (0.50).

Listado de especies exclusivas

- ✓ *Acacia furcatispina*
- ✓ *Acacia praecox*
- ✓ *Aspidosperma quebracho- blanco*
- ✓ *Bromelia urbanium*
- ✓ *Capparis speciosa*
- ✓ *Celtis tala*
- ✓ *Cleistocactus baumanni*
- ✓ *Jodina rhombifolia*
- ✓ *Larrea divaricata*
- ✓ *Lippia ciliatus*
- ✓ *Maytenus vitis-idaea*
- ✓ *Mimosa detinens*
- ✓ *Mimozyanthus carinatus*
- ✓ *Monvillea spegazzini*
- ✓ *Schinopsis lorentzii*
- ✓ *Schinus bumeloides*
- ✓ *Ximena americana*

III.1.3.3. Uso del suelo

En la parte central dorsal, no se observan peladares generados por el ganado, sino que existen abras naturales en el bosque, donde los suelos son salinos y el terreno es más bajo; se observa actividad ganadera, vacuna principalmente y agricultura de subsistencia, con pequeñas parcelas cultivadas con algunas hortalizas. En gran medida el área no se encuentra fuertemente modificada.

Sitio Características	Sitio I (Isla verde)	Sitio II (La Noria)	Sitio III (Medellín)
Geomorfología	-Bajo (120m) -Uniformidad de alturas topográficas (única cota). -Con dinámica fluvial. -Alta diversidad de microrelieves y elementos geomorfológicos (heterogéneo).	-Llanura (125m) -Uniformidad de alturas topográficas (única cota). -Con dinámica fluvial. -Uniformidad de microrelieves y elementos geomorfológicos (homogéneo).	-Dorsal (125m) -Alta diversidad de alturas topográficas (desniveles con diferentes cotas) -Sin influencia fluvial. -Uniformidad de microrelieves y elementos geomorfológicos (homogéneo).
Suelo	-Sedimentos fluviales. -Más de 30 (mS/cm) de CE dentro de los 50cm. -Menor cantidad de agua disponible en espacio de enraizamiento.	-Sedimentos fluviales. -Mas de 30 (mS/cm) de CE a partir de los 50cm. -Mayor cantidad de agua disponible en espacio de enraizamiento.	-Sedimentos loésicos. -Mas de 30 (mS/cm) de CE a partir de los 50cm -Mayor cantidad de agua disponible en espacio de enraizamiento.
Diversidad vegetal	-Alta riqueza específica. -Alta riqueza de quenopodiáceas.	-Baja riqueza específica. -Baja riqueza de quenopodiáceas.	-Alta riqueza específica. -Baja riqueza de quenopodiáceas.
Estado de conservación	Bueno	Regular: ambiente degradado	Bueno

Figura 13. Cuadro comparativo con las características más importantes de cada sitio.

Tabla 1. Datos analíticos de las muestras de suelo. *En estrato de saturación 1:2.5.

Horizontes	Espesor (cm.)	Sitio I (Isla verde)				Sitio II (La Noria)				Sitio III (Medellín)			
		pH (enCaCl ₂)	pH (en agua)	Conductividad ad eléctrica (mS/cm)*	Textura al tacto	pH (enCaCl ₂)	pH (en agua)	Conductividad ad eléctrica (mS/cm)*	Textura al tacto	pH (enCaCl ₂)	pH (en agua)	Conductividad ad eléctrica (mS/cm)*	Textura al tacto
H1	0-10cm	5,73	6,22	18,90	Franco limoso arenoso	6,81	7,88	2,05	Franco limoso	5,75	6,03	16,08	Franco arenoso
H2	10-20cm	6,52	6,96	26,32		7,13	8,01	4,49		6,07	6,49	12,83	
H3	20-30cm	6,75	7,3	27,87		7,42	8,15	9,87		6,95	7,65	18,83	
H4	30-50cm	7,47	8,29	30,37		7,49	7,97	18,21		7,58	8,31	22,5	
H5	50-75cm	7,75	8,61	31,62		7,41	7,86	31,28		8	8,53	27,67	
H6	75-100cm	8,21	9,11	42,13		7,41	7,82	28,58	Franco arcilloso limoso	8,18	8,73	34,92	

Tabla 2. Valores de CE- Concentración de sales- Presión osmótica- Potencial de agua. En suelo seco (punto de marchitamiento)

Horizontes	Espesor (cm.)	Sitio I (Isla verde)				Sitio II (La Noria)				Sitio III (Medellín)			
		CE x factor s de agua ligada (mS/cm)	Presión osmótica (kPa)	Potencial de agua del suelo (kPa)	Concentraci ón de sales (mg/l)	CE x factor s (agua ligada)	Presión osmótica (kPa)	Potencial de agua del suelo (kPa)	Concentraci ón de sales (mg/l)	CE x factor s (agua ligada)	Presión osmótica (kPa)	Potencial de agua del suelo (kPa)	Concentraci ón de sales (mg/l)
H1	0-10cm	56,69	2069,23	3569,23	36282,35	6,15	224,62	1724,62	3938,46	48,25	1761,13	3261,13	30.880
H2	10-20cm	78,97	2882,43	4382,43	50541,18	13,46	491,35	1991,35	8615,38	38,5	1405,25	2905,25	24.640
H3	20-30cm	83,60	3051,51	4551,51	53505,88	29,62	1080,96	2580,96	18953,8	56,5	2062,25	3562,25	36.160
H4	30-50cm	91,10	3325,26	4825,26	58305,88	54,62	1993,46	3493,46	34953,8	67,5	2463,75	3963,75	43.200
H5	50-75cm	94,85	3462,13	4962,13	60705,88	93,85	3425,38	4925,38	60061,5	83	3029,50	4529,50	53.120
H6	75-100cm	126,40	4613,49	6113,49	80894,12	85,74	3129,46	4629,46	54872,7	104,75	3823,38	5323,38	67.040

Presión osmótica $\pi = 36,5 \times \text{CE}$; Potencial de agua del suelo = Potencial matricial $+\pi$; Concentración de sales = $640 \times \text{CE}$.

Tabla 3. Valores de diversidad vegetal.

Sitios		Sitio I (Isla verde) Vegetación halófila	Sitio II (La Noria) Arbustal	Sitio III (Medellín) Quebrachal
Medidas de diversidad vegetal	Riqueza de especies por Biotipo			
	Árboles	7	2	10
	Arbustos	15	10	20
	Crasa	5	0	5
Riqueza de especies Total		27	12	35
Riqueza de quenopodiáceas		5	2	2
Índices de diversidad Beta		<i>Entre sitio I y sitio II</i>	<i>Entre sitio I y sitio III</i>	<i>Entre sitio II y sitio III</i>
Coeficiente de similitud de Jaccard		0.14	0.31	0.09
Índice de disimilitud		0.85	0.68	0.90
Índice de Cody: diversidad Beta		0.69	0.50	0.77
Índice de complementariedad		0.85	0.68	0.90

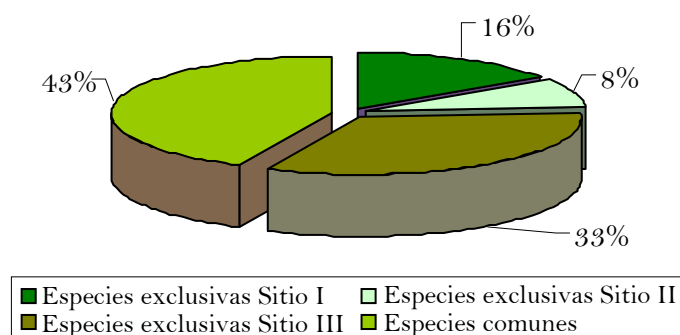


Figura 14. Riqueza total de especies en los tres sitios.

III.2. Descripción de la estructura anatómica del leño

El rasgo relevante del leño es la presencia de cambium anómalo del tipo floema incluso en el xilema (Fig. 15). El floema difuso, conocido también como floema foraminado, se caracteriza por la presencia de haces colaterales de floema y elementos vasculares, distribuidos en forma difusa en el xilema. La proporción de haces de floema en el xilema tiene una frecuencia promedio de 32 haces/mm². Cada haz está formado por 14-20 células floemáticas y vasos en agregados que varían de 4 a 7 células.

El leño presenta porosidad difusa a semicircular, con anillos de crecimiento indistintos (Fig. 16).

Los elementos de vasos son múltiples radiales de 2-4 vasos (41%); agregados o racemiformes (39%), y solitarios (20%) (Fig. 17). Los vasos agregados se encuentran en grupos de 6 células (4-7), el índice de agrupamiento es del 32% (Fig. 18).

El diámetro tangencial promedio de lumen de vaso es 28.67 μm , lo cual corresponde a vasos muy pequeños ($< 50 \mu$), que es típico encontrar en el biotipo arbusto (Fig. 19). La longitud media del elemento de vaso es 68.45 μm , por lo que son vasos cortos ($< 350 \mu$) (Fig. 20). Poseen placa de perforación simple (Fig. 21), con puntuaciones intervasculares alternas, diminutas ($< 4 \mu\text{m}$), de forma poligonal, algunas coalescentes; puntuaciones radio vasculares similares muy pequeñas (Fig. 22). Algunos elementos de vaso presentan apéndices (Fig. 23) y en sus paredes engrosamientos espiralados delgados (Fig. 24). Algunos vasos están ocluidos con una sustancia parda amarillenta (Fig. 25 y Fig. 26).

Los vasos son extremadamente numerosos (40-100) con un valor promedio de 54.35 vasos por milímetro cuadrado.

Se observan traqueidas vasicéntricas formando parte de los agregados vasculares, con diámetro medio de 25 μm , y longitud media de 75 μm (Fig. 27).

El tejido mecánico está formado por fibrotraqueidas muy cortas, con una longitud promedio de 256.32 μm ; y finas, con 12.97 micrones de diámetro promedio, con puntuaciones semiaereoladas (Fig. 28). El espesor de la pared es de 1 μm , siendo paredes medias.

El parénquima axial es muy abundante y estratificado, del tipo paratraqueal confluyente tendiendo a unilateral, en bandas anchas de más de tres células diagonales, que unen vasos agrupados (Fig. 29). Las células son fusiformes y en capas de dos células (Fig. 30).

Los radios son multiseriados de más de 10 células, en leño no estratificado (Fig. 31). Según la clasificación de Kribs citada en Tortorelli (1956), pertenecen al tipo heterogéneo II B, es decir, cuerpo recto de células procumbentes, y 1 o 2 hileras de células verticales marginales en los extremos (Fig. 32). Son bajos (altura promedio de 414.1 μm) y moderadamente anchos (ancho promedio: 192.28 μm). Se observan muy pocos radios por milímetro (promedio de 1.33 vasos por milímetro) (Fig. 33). No se observan tilosis. Se observan algunas células perforadas de radio con perforación simple (Fig. 34). El histograma de tejidos del leño indica en promedio: 17 % conductor; 42.3% mecánico; 40.7% parenquimático axial y radial; lo que indica

que el tejido de base es mecánico, y que el área ocupada por vasos es escasa (Fig. 35 y Fig. 36).

Fotografías microscópicas de los elementos anatómicos

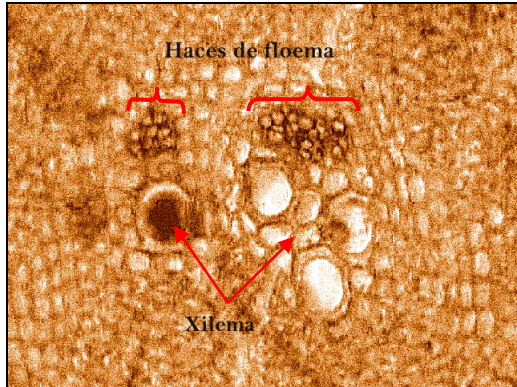


Figura 15. Cambium anómalo: haces de floema incluso en el xilema. Corte Transversal X400 A.

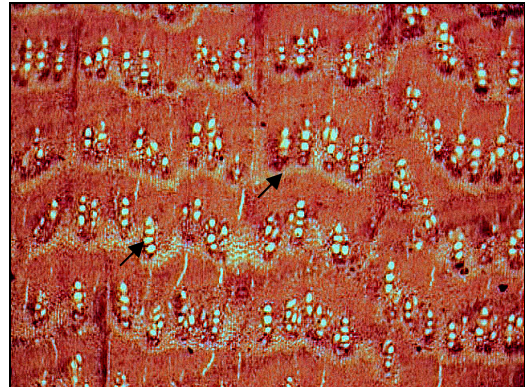


Figura 16. Porosidad difusa tendiendo a semicircular. Corte Transversal X100 A.

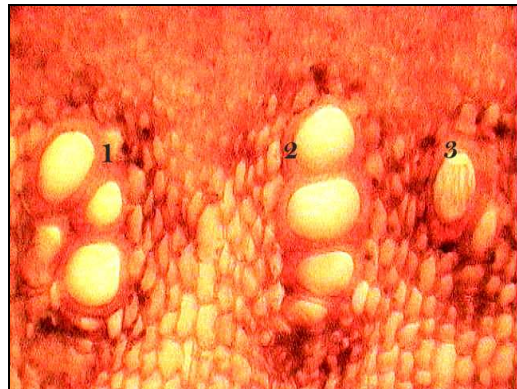


Figura 17. Agrupamiento de vasos (1: agregados o racemiformes, 2: radiales, 3: solitarios). Corte transversal X400 A.

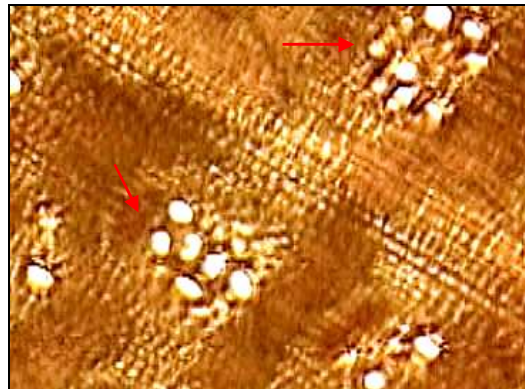


Figura 18. Dos grupos de vasos múltiples agregados o racemiformes con 6 células, separados por un radio. Corte Transversal X100 A.

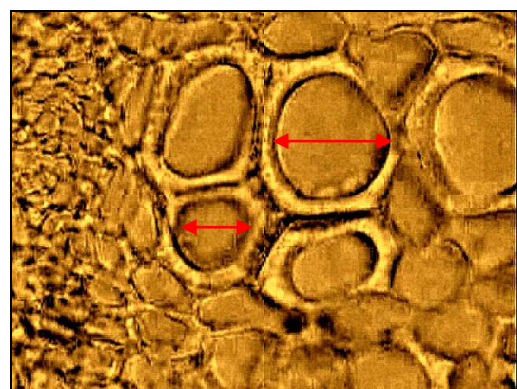


Figura 19. Vasos muy pequeños con diámetro tangencial de lumen < 50 μm . Corte transversal X 600 A.

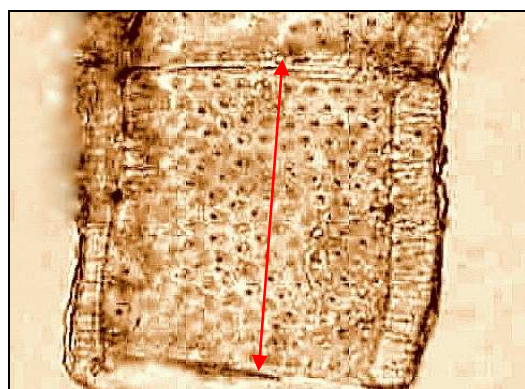
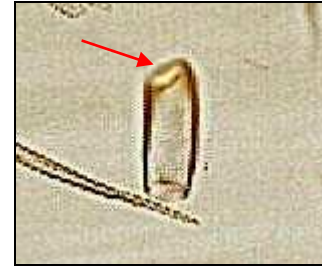


Figura 20. Elemento de vaso corto (< 350 μm). Macerado X 600 A.



Corte radial X100 A



Macerado X100 A

Figura 21. Elemento de vaso con placa de perforación simple.

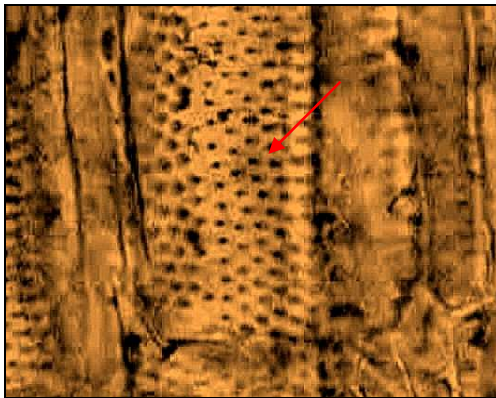


Figura 22. Puntuaciones intervasculares alternas, diminutas y poligonales. Corte tangencial X400 A.

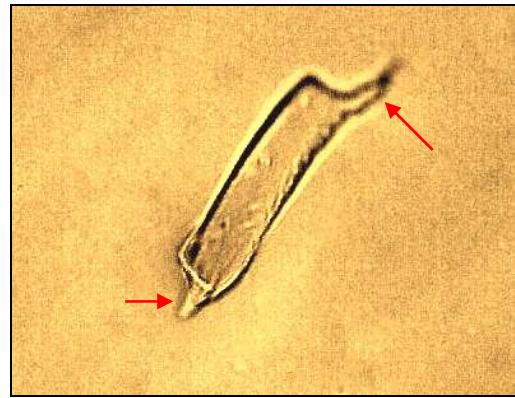


Figura 23. Elemento de vaso con apéndices. Macerado X400 A.

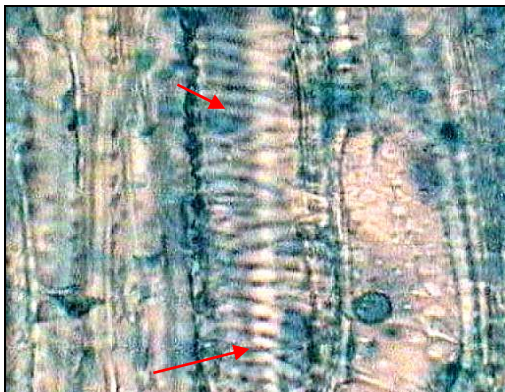


Figura 24. Vaso con engrosamientos espiralados delgados en su pared. Corte tangencial X400 A.

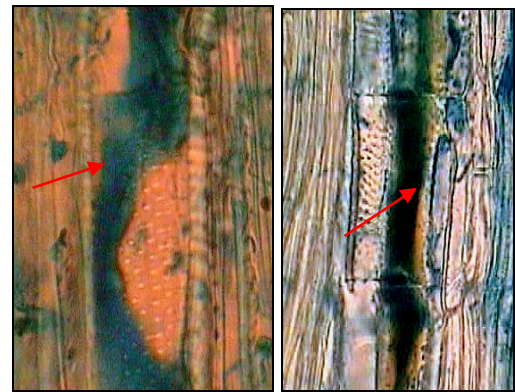


Figura 25. Vaso parcialmente ocluido por una sustancia parda amarillenta. Corte tangencial X400 A.

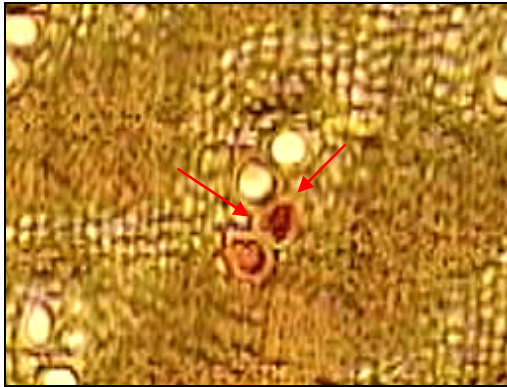


Figura 26. Vasos completamente ocluidos. Corte transversal X100 A.

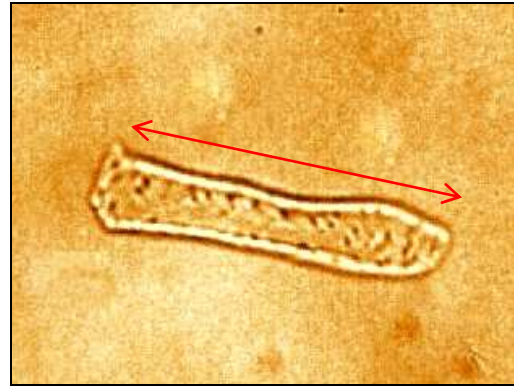
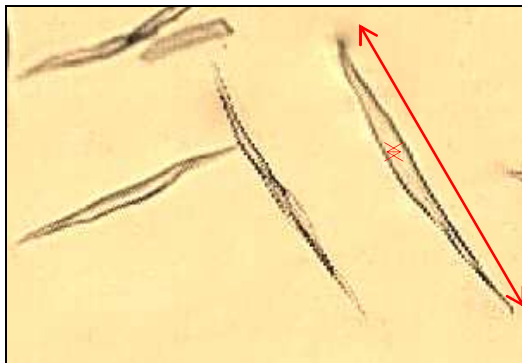
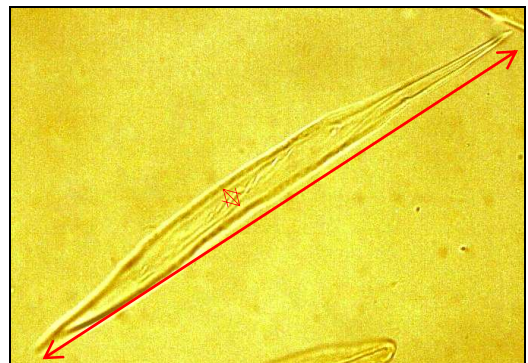


Figura 27. Traqueida vasicéntrica. Macerado X400 A.

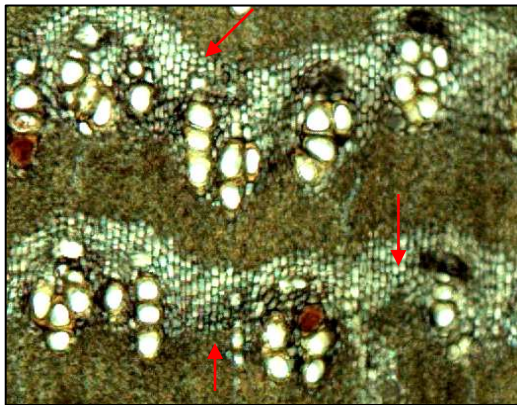


Macerado X100 A

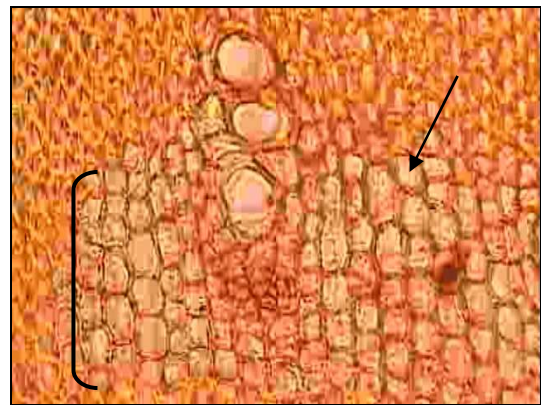


Macerado X400 A

Figura 28. Fibrotraqueidas finas y muy cortas.

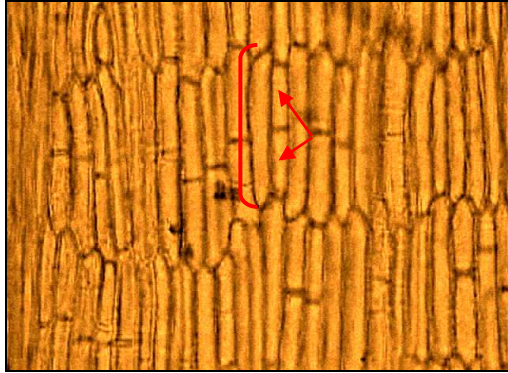


Corte transversal X100 A

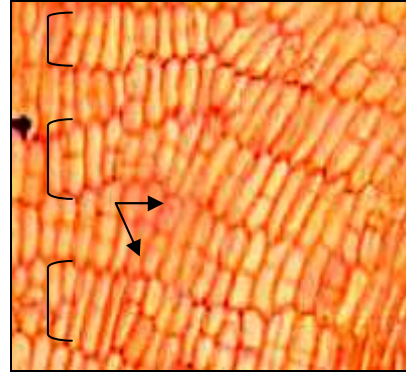


Corte transversal X400 A

Figura 29. Parénquima axial paratraqueal confluyente unilateral.



Corte tangencial X400 A



Corte tangencial X100 A

Figura 30. Parénquima axial estratificado con células fusiformes en capas de dos células.

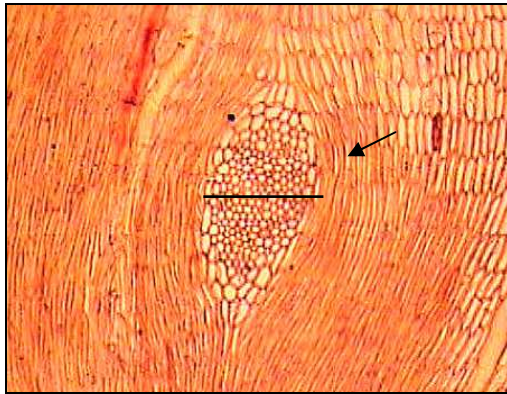


Figura 31. Radio multiseriado con más de 10 células. Corte tangencial X100 A.



Figura 32. Radio heterogéneo: 2 hileras de células verticales marginales (a) y cuerpo recto de células procumbentes (b). Corte radial X100 A

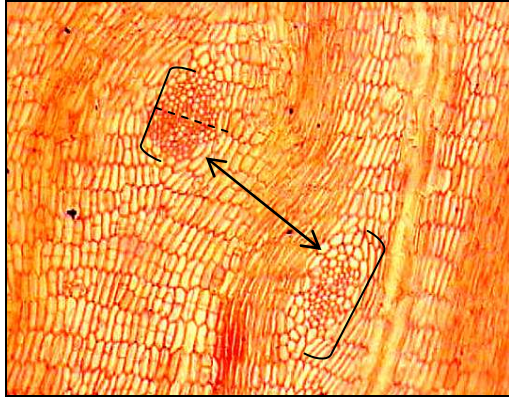


Figura 33. Radios bajos, moderadamente anchos y muy escasos. Corte tangencial X100 A.

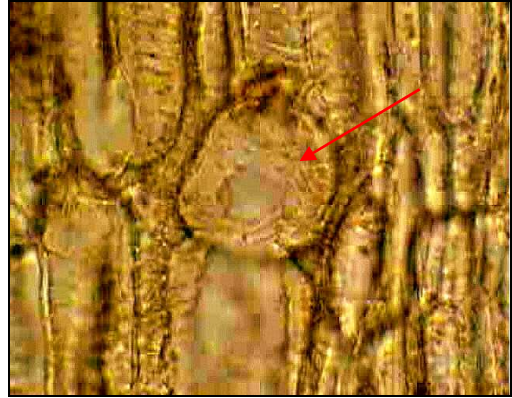


Figura 34. Célula perforada de radio, con perforación simple. Corte radial X400 A.

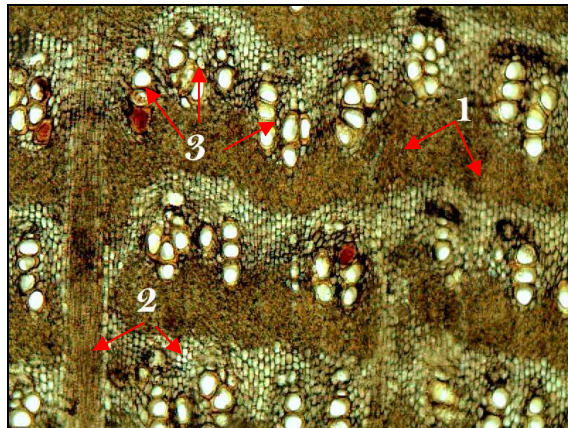


Figura 35. Tejidos del leño: mecánico (1) y parenquimático (2) en mayor proporción -conductor (3) escaso. Corte transversal X100 A.

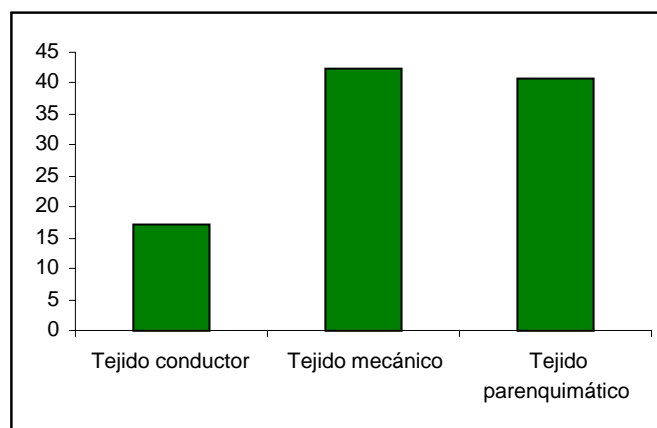


Figura 36. Histograma de tejidos del leño.

III.2.1. Índices ecológicos

El índice de vulnerabilidad es de 0.53 para la especie, en tanto que índice de mesomorfismo es de 36.5.

III.3. Comparación de las variables anatómicas cuantitativas

III.3.1. Análisis multivariado

Los resultados del análisis de componentes principales se muestran en la figura 37 y en las tablas 4 y 5:

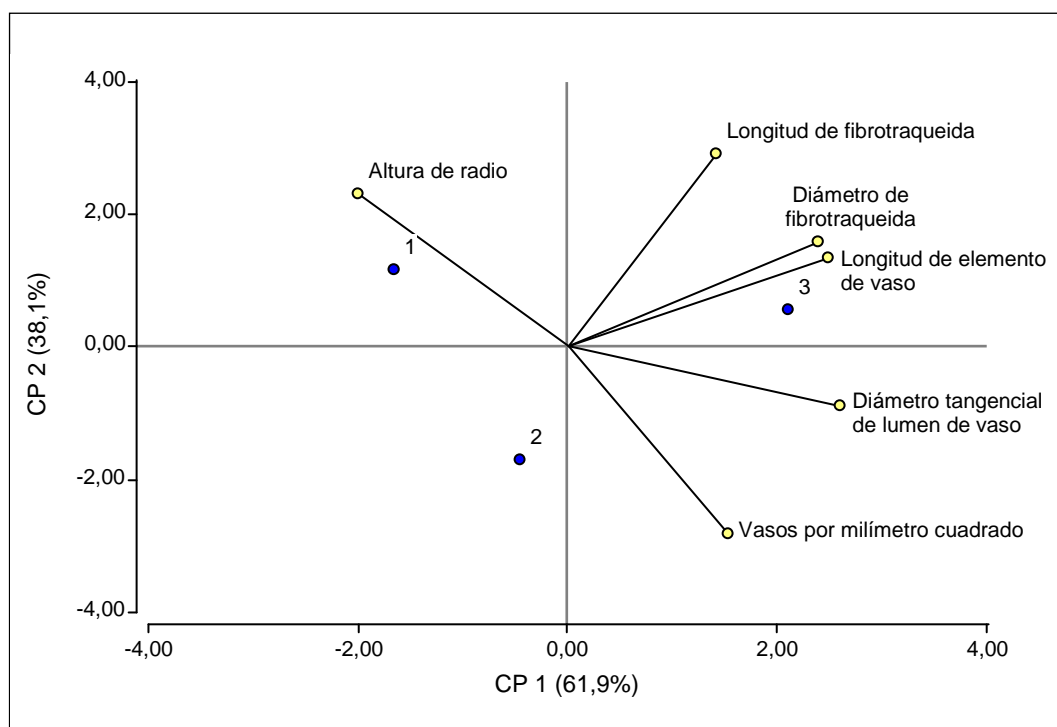


Figura 37. Biplot-Componentes principales, variables en función de los tratamientos.

Tabla 4. Autovalores

<i>Lambda</i>	<i>Valor</i>	<i>Proporción</i>	<i>Prop. acum.</i>
1	3,71	0,62	0,62
2	2,29	0,38	1,00
3	0,00	0,00	1,00
4	0,00	0,00	1,00
5	0,00	0,00	1,00
6	0,00	0,00	1,00

Tabla 5. Autovectores

<i>Variables</i>	<i>e 1</i>	<i>e 2</i>
Diámetro tangencial de lumen de vaso	0,50	-0,17
Longitud de elemento de vaso	0,48	0,26
Vasos por mm ²	0,29	-0,54
Longitud de fibrotraqueida	0,27	0,56
Diámetro de fibrotraqueida	0,46	0,31
Altura de radio	-0,38	0,45

En el gráfico *biplot* se puede observar que:

- Las dos componentes principales explican el 100% de la variabilidad total.
- Los tratamientos se separan ubicándose en cuadrantes distintos.
- La variable diámetro de vaso, por estar más próxima a la CP1, es la que más contribuye a la explicación de la variabilidad total, según dicha componente.
- El sitio 3 muestra que las variables: diámetro y longitud de fibrotraqueida y de vaso toman valores relativamente altos en este tratamiento.
- La altura de radio presenta valores más altos en el tratamiento 1.
- En el tratamiento 2 todas las variables toman valores muy bajos.

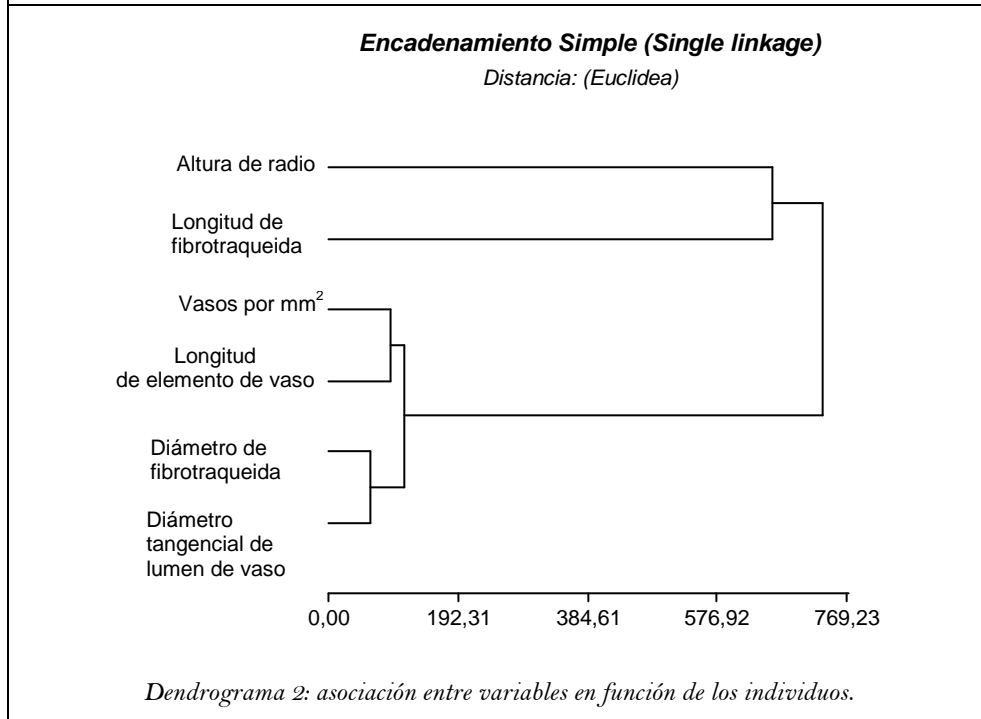
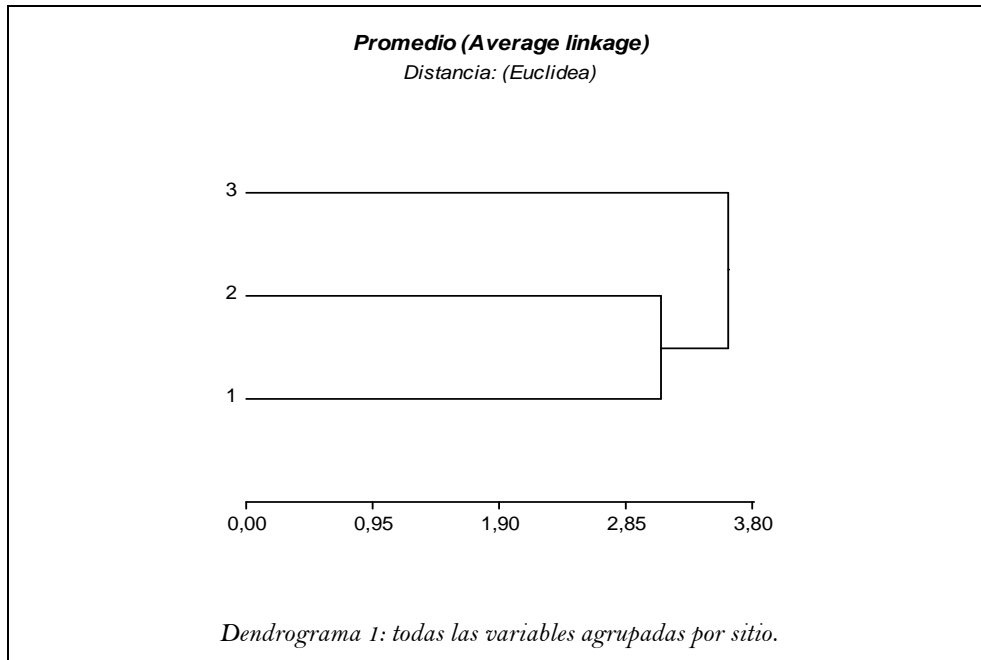
En las tablas se muestra que la CP1 contiene más información sobre la variabilidad que la CP2 (38%), explicando un 62% de la misma.

Para la CP1 las variables con un peso mayor del 0.45 son: en primer lugar el *diámetro tangencial de lumen de vaso (0.50)*, luego la *longitud de elemento de vaso (0.48)* y en tercer lugar el *diámetro de fibrotraqueida (0.46)*.

La CP2 explica la variabilidad no explicada por la CP1 y otorga más peso a las variables: *longitud de fibrotraqueida (0.56)*, *vasos por milímetro cuadrado (0.54)*, y *altura de radio (0.45)*.

Según este primer análisis exploratorio se puede observar claramente que los tres sitios estudiados son diferentes. Esas diferencias radican principalmente en las variables: diámetro y longitud de los vasos, y diámetro de fibrotraqueida. Dichas variables toman valores más altos en el tratamiento correspondiente al quebrachal. La variabilidad en la estructura anatómica del leño de los individuos de las diferentes poblaciones está regida por variables relacionadas con la conductividad y responde a las modificaciones en el sitio.

Por otra parte los resultados del análisis de conglomerados se muestran en la figura 38:



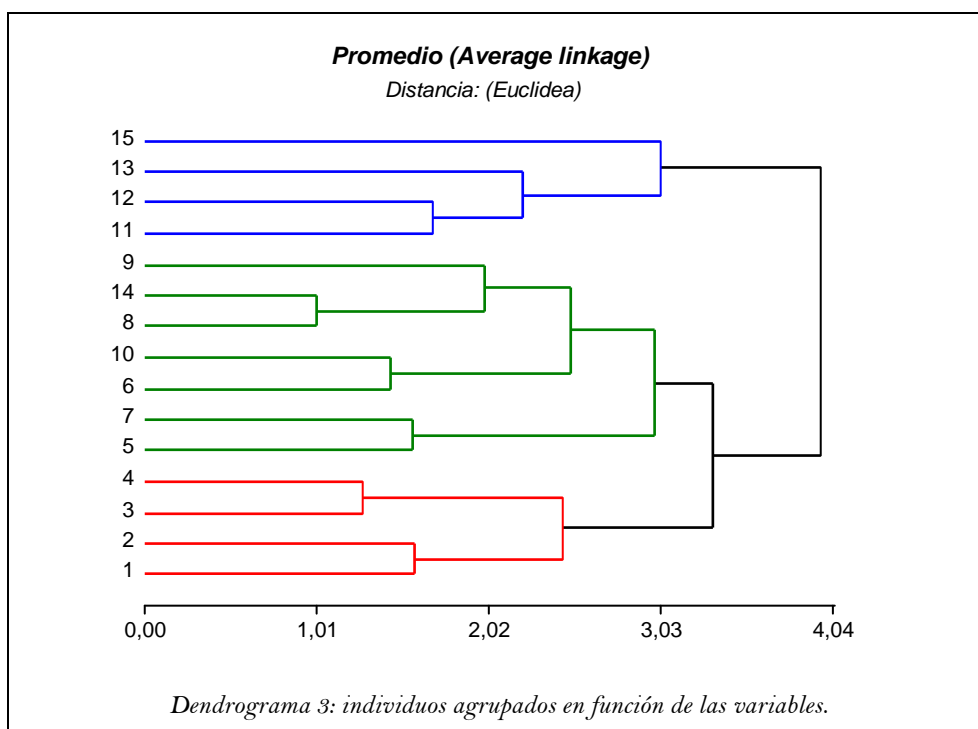


Figura 38. Dendrogramas resultantes del análisis de conglomerados.

En el primero se observa que los tratamientos 1 y 2 tendrían la mayor similitud en el comportamiento de las variables, mientras que el 3 se aísla de los anteriores.

El dendrograma 2 agrupa:

- la variable “diámetro” de dos elementos distintos fibra y vaso,
- variables relacionadas con elementos de conducción: vasos por mm² y longitud de elemento de vaso.
- la variable “longitud” de fibra y radio.

No se observan agrupaciones significativas desde el punto de vista biológico.

En el último, se conglomeró en tres grupos. El primero (azul) contiene 4 individuos del mismo tratamiento, el siguiente (verde) contiene a los 5 individuos del sitio 2 pero incluye además a un individuo de los otros dos tratamientos, y el último (rojo) incluye a 4 individuos del 1. Es decir que el agrupamiento de los individuos se corresponde, en general, con las poblaciones a las que pertenecen, en cada una de las cuales el comportamiento de las variables es semejante.

Con este análisis se corrobora que las poblaciones estudiadas son diferentes en cuanto al comportamiento de las variables anatómicas cuantitativas, y en el sitio que más claramente se manifiestan las diferencias es el quebrachal.

III.3.2. Análisis univariado

Las variables que presentan diferencias significativas entre tratamientos, según el ANOVA, son cuatro de las seis estudiadas: *diámetro tangencial de lumen de vaso*, *longitud de elemento de vaso*, *diámetro de fibrotraqueida*, *altura de radio*. El ANOVA, para la variable: *diámetro de fibrotraqueida*, fue altamente significativo pero los residuos no fueron homogéneos y su transformación tampoco resultó serlo, por lo cual se realizó un análisis de la variancia no paramétrica de Kruskal Wallis.

La fuente de variación dentro las poblaciones no es significativa estadísticamente, es decir que los individuos presentan comportamientos semejantes en cada una de ellas. En tanto que entre los tratamientos, sí se encuentran diferencias significativas. Los resultados se muestran en las tablas 6 y 7.

Tabla 6. Estadística descriptiva de cada variable por tratamiento.

Tratamiento	T 1 (Isla Verde)			T 2 (La Noria)			T 3 (Medellín)		
	X	DE	CV %	X	DE	CV %	X	DE	CV %
Estadístico									
Variable Anatómica									
<i>Diámetro tangencial de lumen de vaso (μm)</i>	26,08	2,06	7,91	28,84	3,25	11,27	31,10	2,15	6,92
<i>Vasos por mm^2</i>	45,97	11,35	24,69	60,30	11,27	18,68	56,77	16,50	29,06
<i>Longitud de elemento de vaso (μm)</i>	61,44	9,46	15,39	59,20	9,06	15,31	84,72	10,80	12,75
<i>Diámetro de fibrotraqueida (μm)</i>	12,34	3,50	28,39	11,84	2,23	18,80	14,72	2,95	20,03
<i>Longitud de fibrotraqueida (μm)</i>	260,16	9,96	3,83	235,52	22,73	9,65	273,28	35,25	12,90
<i>Altura de radio (μm)</i>	492,08	48,48	9,85	374,56	38,95	10,40	375,84	51,17	13,62

Tabla 7. Resumen del ANOVA para cada variable anatómica en función de los tratamientos. S = estadísticamente significativo a un nivel de probabilidad del 0.95. Las letras distintas indican diferencias significativas ($\alpha = 0,05$).

Variables anatómicas	Fuente de variación entre tratamientos	Normalidad (Shapiro-Wilks modificado)	Homogeneidad (residuos)	Promedio (X)	Desviación estándar (DE)	Coefficiente de variación experimental (CV%)	T ₁ Isla Verde	T ₂ La Noria	T ₃ Medellín
<i>Diámetro tangencial de lumen de vaso (μm)</i>	S (p 0,0282)	P 0,4645	P 0,2656	28,67	3,17	11,07	A	A-B	B
<i>Vasos por milímetro cuadrado</i>	NS (p 0,2450)	P 0,0679	P 0,6854	54,35	13,81	25,41	A	A	A
<i>Longitud de elemento vaso (μm)</i>	S (p 0,0024)	P 0,5421	P 0,9488	68,45	15	21,91	A	A	B
<i>Diámetro de fibrotraqueida (μm)</i>	S ¹ (p 0,0185)			12,97	1,70	13,08	A	A	B
<i>Longitud de fibrotraqueida (μm)</i>	NS (p 0,0898)	P 0,5535	P 0,1669	256,3 2	28,17	10,99	A-B	A	B
<i>Altura de radio (μm)</i>	S (p 0,0023)	P 0,3429	P 0,9707	414,1 6	71,46	17,25	B	A	A

¹Análisis de la variancia no paramétrica Kruskal Wallis.

III.3.2.1. Diámetro tangencial de lumen de vaso

El análisis multivariado señala a esta variable anatómica como la que mayor peso posee en la variabilidad total y sobre la que mejor se expresan los cambios.

Los valores medios para los individuos de los diferentes sitios, presentan diferencias estadísticamente significativas, según el ANOVA. Los mismos muestran una tendencia ascendente hacia los individuos del quebrachal. Aunque, conforme al test de Duncan, las poblaciones que presentan diferencias significativas corresponden a la vegetación halófila (T1: Isla Verde) y al quebrachal (T3: Medellín), mientras que la de la vegetación arbustiva (T2: La Noria) comparte semejanzas con las otras dos. En la figura 39 se muestran los valores medios por tratamiento. En el mismo se observa que los diámetros medios tienden a aumentar hacia el quebrachal, en concordancia con lo indicado en el análisis de componentes principales, en el cual esta variable toma los valores más altos en dicho sitio, y los más bajos en la vegetación halófila.

También se muestra el gráfico de puntos considerando la media y el error estándar para los valores de diámetro de cada individuo, para observar la variabilidad entre los individuos de un mismo tratamiento (Fig. 40). En el mismo se observa una gran

variabilidad entre los individuos dentro de los sitios, aunque estadísticamente no es significativa. En la figura 41 se muestran los valores medios del diámetro tangencial de lumen de vaso por tratamiento por individuo.

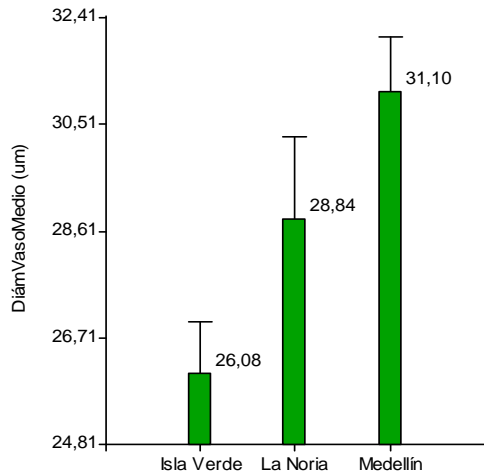


Figura 39. Valores medios del diámetro tangencial de lumen de vaso por tratamiento.

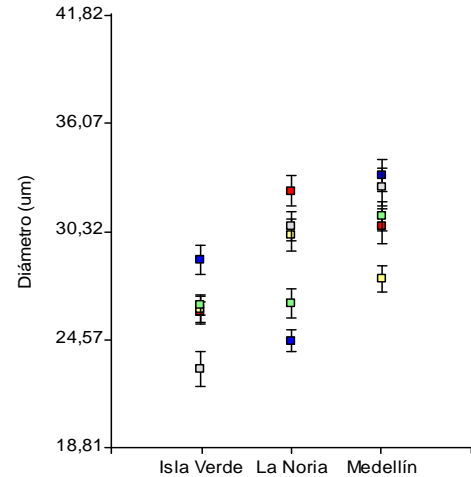


Figura 40. Variación entre individuos.

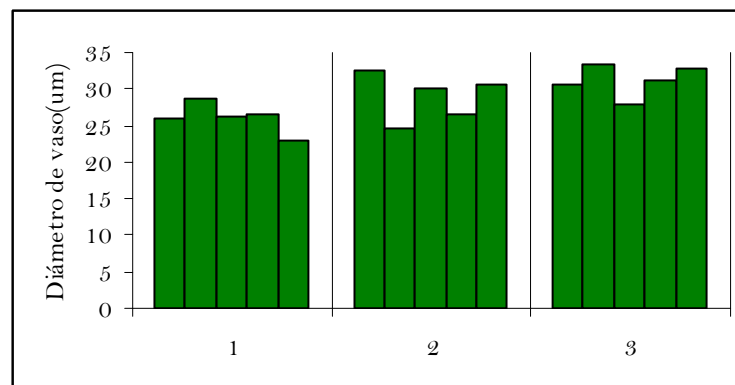


Figura 41. Valores medios del diámetro tangencial de lumen de vaso por tratamiento por individuo.

III.3.2.2. Longitud de elemento de vaso

Según el análisis de componentes principales, es la segunda variable con mayor peso en la explicación de la variabilidad total.

Los individuos de los T1 y T2 poseen elementos de vaso de menor longitud que los del T3 (Fig. 42). Dichas diferencias encontradas entre los valores medios son estadísticamente significativas según el ANOVA y el test de Duncan, destacándose el quebrachal con los elementos de vasos más largos, y el arbustal con los más

cortos. La variancia entre individuos se observa en la figura 43, y los valores medios por individuo y por tratamiento en la figura 44.

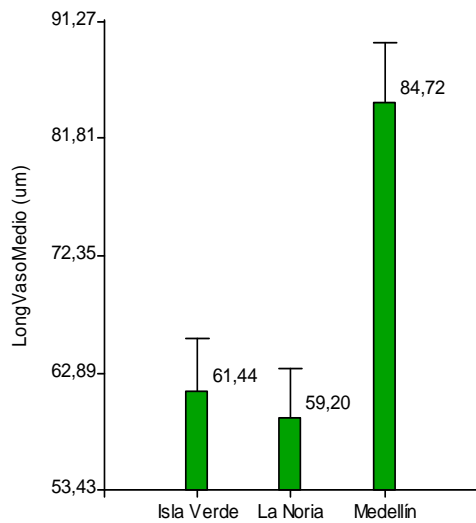


Figura 42. Valores medios longitud de elemento de vaso por tratamiento

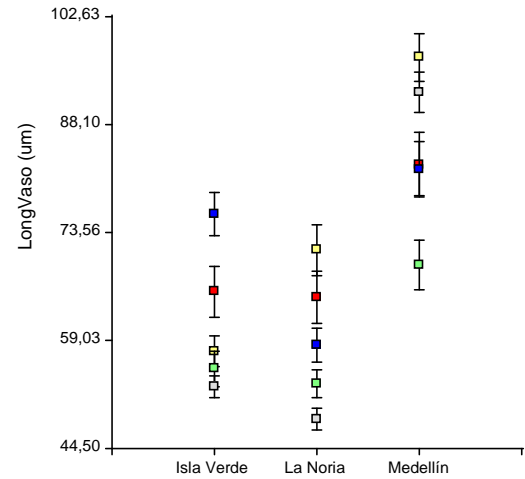


Figura 43. Variación entre individuos.

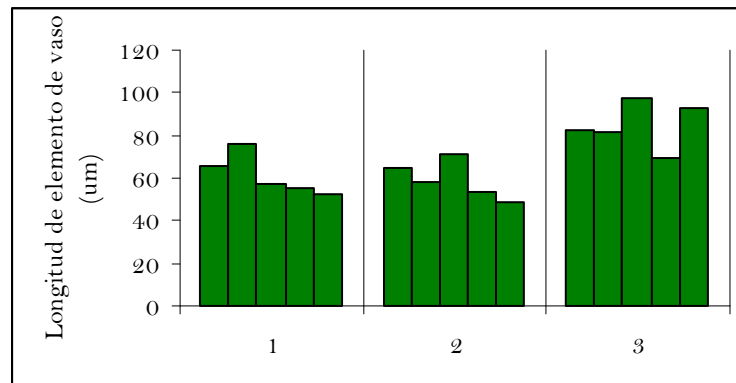


Figura 44. Valores medios por individuo y por tratamiento.

III.3.2.3. Diámetro de fibrotraqueida

Es otra variable que posee una contribución importante en el análisis de componentes principales. En el análisis de la variancia no paramétrica Kruskal Wallis se observan diferencias significativas entre los diámetros medios de los sitios 1-2 con respecto del 3. Los individuos del arbustal (T2) presentan fibrotraqueidas más finas que los otros, y los del quebrachal (T3) son más grandes (Fig. 45). En la figura 46 se observa la variación entre individuos y en la figura 47 los valores medios por tratamiento y por individuo.

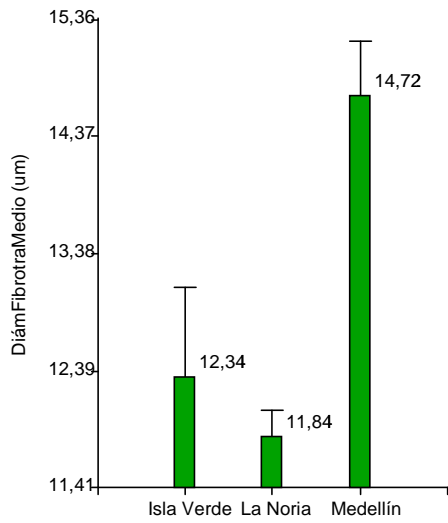


Figura 45. Valores medios de diámetro de fibrotraqueida por tratamiento.

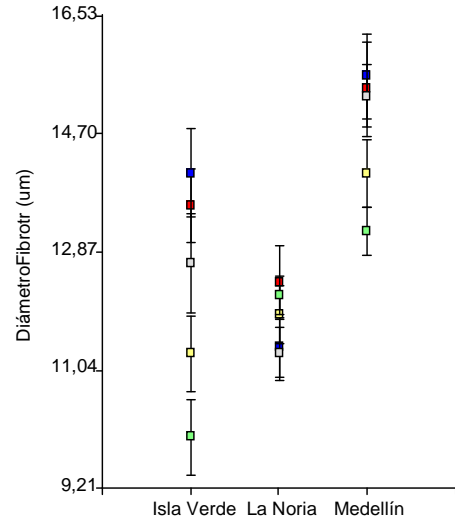


Figura 46. Variación entre individuos.

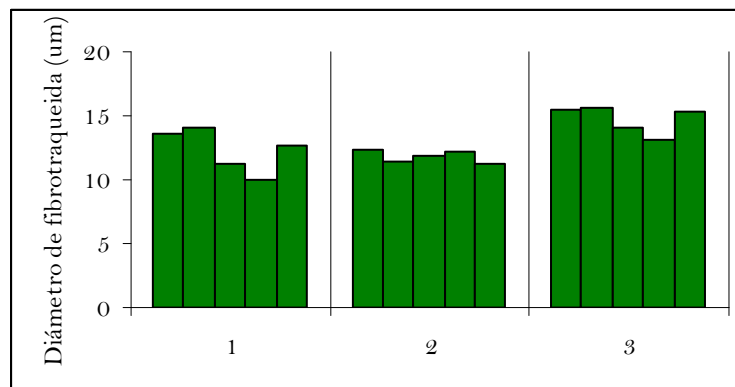


Figura 47. Diámetro de fibrotraqueida por tratamiento y por individuo.

III.3.2.4. Altura de radio

Su contribución en la primera componente principal no es relevante. Se destaca en los individuos del T1 donde se presentan los valores más altos y estadísticamente diferentes de los otros tratamientos (Fig. 48). En la figura 49 se observa la variación entre individuos y en la figura 50 los valores medios por tratamiento y por individuo.

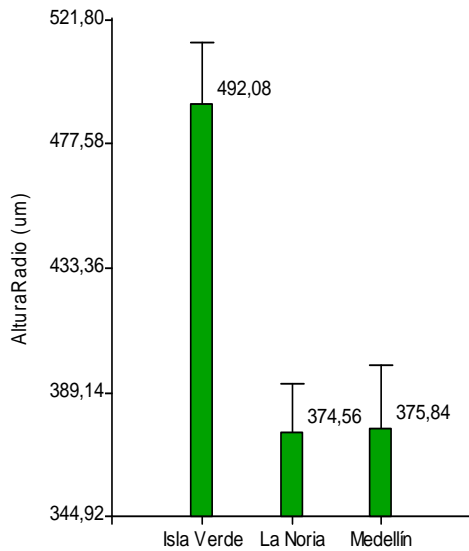


Figura 48. Valores medios altura de radio por tratamiento

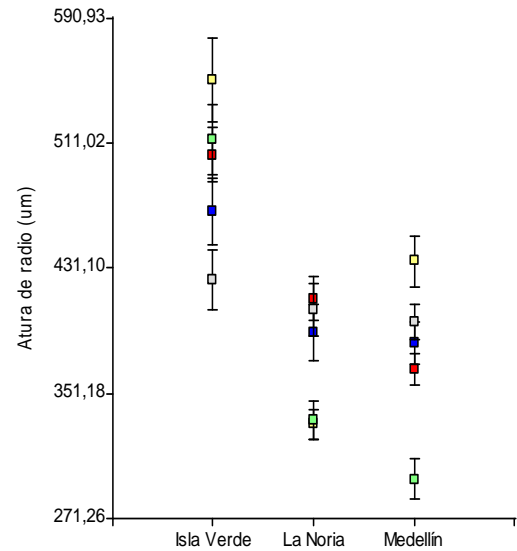


Figura 49. Variación entre individuos

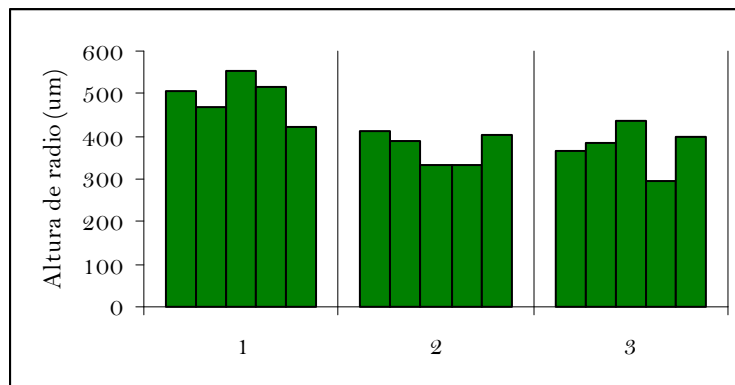


Figura 50. Altura de radio por tratamiento y por individuo.

III.3.2.5. Longitud de fibrotraqueida

Esta variable no tiene una gran contribución en el análisis de componentes principales. Se observan valores más altos en el T3 y más bajo en el T2 (Fig. 51). El test de Duncan indica que hay diferencias entre los T2 y T3, pero el ANOVA muestra que no son significativas. Por lo tanto, esta variable no presenta un comportamiento claro. En la figura 52 se observa la variación entre individuos y en la figura 53 los valores medios por tratamiento y por individuo.

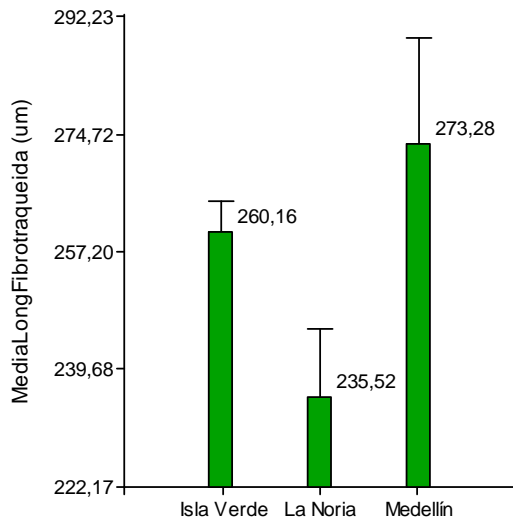


Figura 51. Valores medios longitud de fibrotraqueida por tratamiento

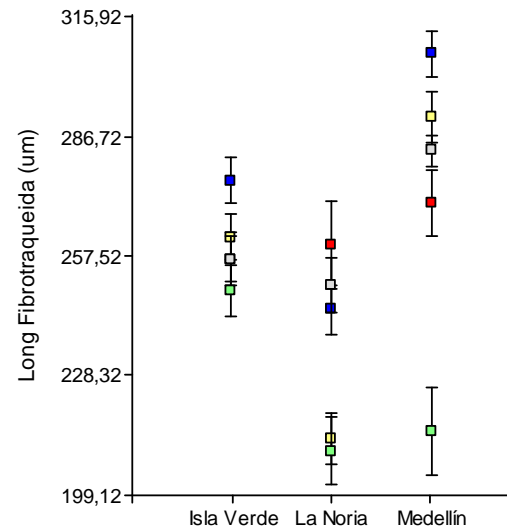


Figura 52. Valores medios por individuo y por tratamiento

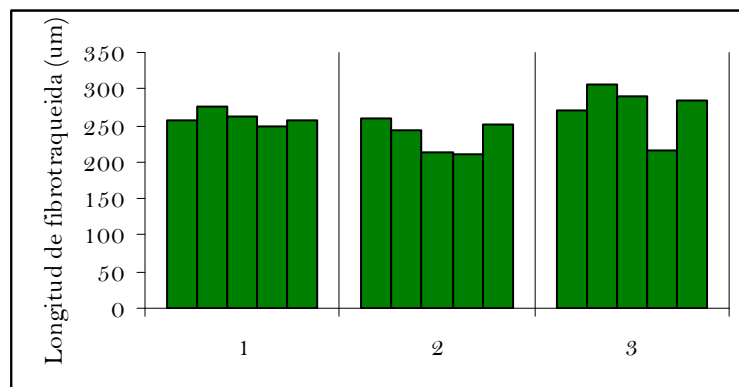


Figura 53. Longitud de fibrotraqueida por tratamiento y por individuo.

III.3.2.6. Vasos por milímetro cuadrado

El aporte de esta variable en el análisis de componentes principales es poco relevante, y sólo toma valores altos en la segunda componente principal. Tampoco se observa una tendencia clara en su comportamiento. En el T1 toma los valores más bajos, mientras que en el T2 los mas altos, y valores intermedios en el T3 (Fig. 54). Sin embargo en el ANOVA no se encuentran diferencias significativas entre estos valores. En la figura 55 se observa la variación entre individuos y en la figura 56 los valores medios por tratamiento y por individuo.

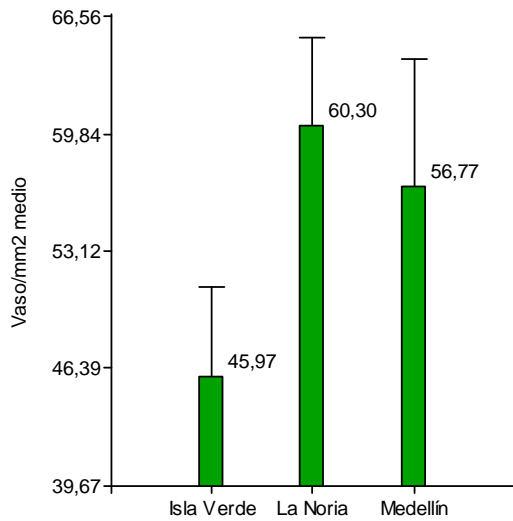


Figura 54. Valores medios vaso/mm² por tratamiento.

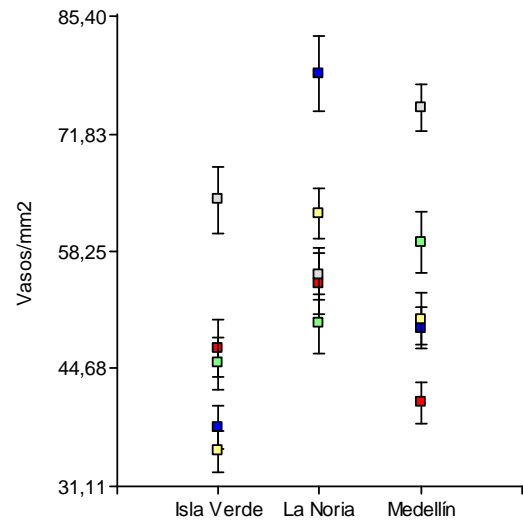


Figura 55. Variación entre individuos.

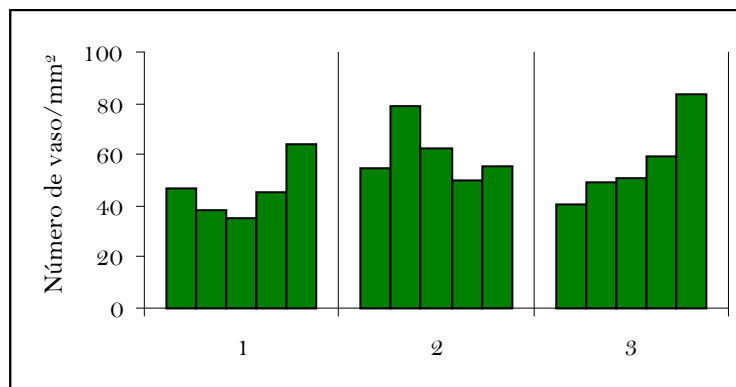


Figura 56. Vasos/mm² por tratamiento por individuo.

III.3.2.7. Área neta de vasos

Se observa una leve tendencia a aumentar hacia el sitio que corresponde al quebrachal (Fig. 57). El ANOVA para los valores medios de esta variable por tratamiento muestra que el valor de p está en el límite de significación (0,55). Sin embargo el test de Duncan muestra diferencias entre el T1 y el T3 (tabla 8) En la figura 58 se muestran los valores medios por tratamiento y por individuo.

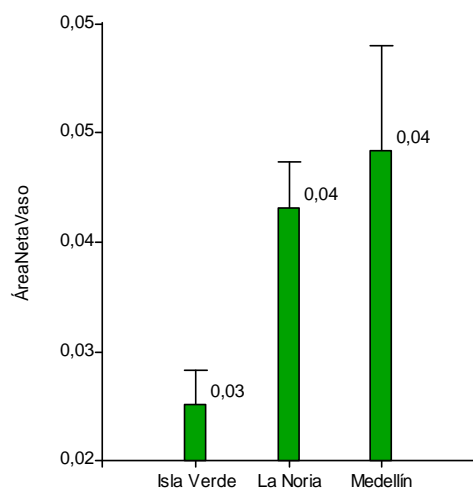


Figura 57. Valores medios del área neta de vaso por tratamiento

Tabla 8. ANOVA para la variable área neta de vasos.

Fuente de variación entre tratamientos	Normalidad (Shapiro-Wilks modificado)	Homogeneidad (residuos)	Promedio (X)	Desviación estándar (DE)	Coefficiente de variación experimental (CV%)	Vegetación halófila Isla Verde	Vegetación arbustiva La Noria	Quebrachal Medellín
NS (p 0,0552)	p 0,4391	p 0,0704	0,04	0,01	35,21	A 0,03	A-B 0,04	B 0,04

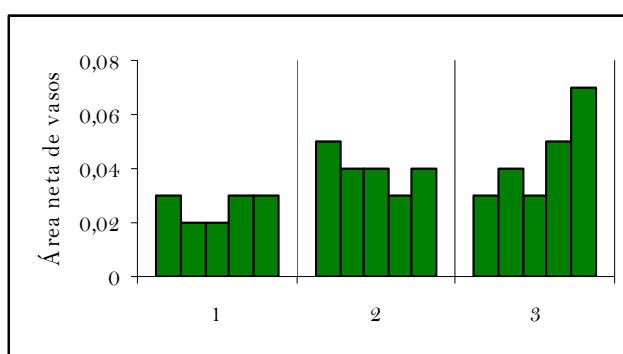


Figura 58. Variación entre individuos.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN

CAPÍTULO IV.

DISCUSIÓN

IV.1. Condiciones ambientales de los sitios

Las poblaciones de jume negro crecen en los suelos bajos y salinos dentro de los tres sitios, tal como se lo encuentra en otros estudios (Ministerio de Defensa, 1978, Giménez y Hernández, 2008; Cabido y Zak, 1999). Sin embargo, estos suelos se ubican en distintas posiciones topográficas: sobre una gran depresión y sobre zonas más altas (llanura aluvial y dorsal), que modifican la dinámica de sales y de agua de todo el paisaje (Lorenz, 2009).

El sitio (T1: Isla Verde) que pertenece a la depresión, actúa como sumidero de sales de las áreas circundantes más altas. Este es el caso de los otros sitios (La Noria y Medellín), que por su posición topográfica más elevada, actúan como fuente de las sales transportadas al bajo salitroso (Lorenz, 2009). Por ello en el bajo, el suelo presenta altos valores de CE desde la superficie y aumenta en profundidad, haciendo que el agua se fije más fuertemente y sea cada vez menos asequible a las plantas a medida que aumenta la concentración salina (Larcher, 1977). En cambio en las zonas más altas, los valores de CE permiten una mayor disponibilidad de agua del suelo en los primeros centímetros. En la depresión de las Salinas Grandes ocurre una situación muy similar, pero los valores de CE en la salina vegetada, son 10 veces mayor a los encontrados aquí (Posse *et al.*, 2006). Los valores de presión osmótica del suelo (30,89 a 45,53 atm en punto de marchitamiento y hasta 100cm) de los tres sitios son superados en muchos casos por los valores de potencial osmótico que tienen algunas de las especies de la comunidad (*Cercidium praecox*: -29; *Aspidosperma quebracho- blanco*: -30; *Schinopsis lorentzii*: -30; *Ziziphus mistol*: -35; *Maytenus vitis-idaea*: -55; *Capparis speciosa*: -60; *Acacia praecox*: -60; *Mimozyanthus carinatus*: -70; Datos de Miltöhner, 1999 para especies del Chaco paraguayo).

Estos suelos se clasifican dentro de la clase de los Solonchak (Lorenz, 2009; Ragonese, 1951) y pertenecen al orden de los Salortides (típicos de zonas áridas que han acumulado cantidades significativas de sales) (Cabido, 2004). Sin embargo en este caso, prima el factor fluvial sobre el de salinidad, (según la clasificación del

WRB 2007) y por lo tanto los suelos que están sobre la paleollanura aluvial del río Pinto Seco, no clasifican como Solonchak sino como Fluvisols.

En cambio el suelo de la dorsal se clasifica como un suelo salino Haplic Endo Hypersalic Solonchak (Endohyposodic, Siltic) según el resultado de los análisis realizados. Pero, dada las características del ambiente, el bosque de quebracho colorado, con la mayor riqueza de especies de los tres sitios, su posición mas elevada en el terreno, y su desarrollo sobre la planicie loésica, el suelo, que típicamente se encuentra en estas condiciones, es el Haplic Regosol (Eutric, Siltic), según la clasificación de FAO-UNESCO del año 1988 (Lorenz, 1995) y no un suelo de la clase Solonchak.

Este resultado, puede deberse a un evento climático con elevadas precipitaciones que produjeron el ascenso de la capa freática, y que por la elevada evapotranspiración quedaron las sales en el perfil. El evento mas cercano ocurrió en el año 1977, donde se registró una precipitación media anual de 978mm en el departamento Atamisqui, según los datos de precipitaciones del INTA- Santiago del Estero (Datos agrometeorológicos de libre acceso).

Además el contenido salino no permanece constante en el terreno, sino que las sales son fácilmente transportables, suben y bajan constantemente en el suelo con los movimientos hídricos (Larcher, 1977).

Por otro lado en los muestreos realizados sobre la dorsal, por la Dirección de Minería de la provincia de Santiago del Estero, concuerdan con lo encontrado en el presente estudio, revelando la existencia de sales y que éstas se concentran en profundidad. El origen de las mismas se debe a la textura que permite el ascenso de agua por capilaridad, llevando las sales a la superficie. Esta situación ocurre sobre todo en la parte baja de los desniveles y en los bordes de la dorsal con la presencia de vegetación halófila (Lic. Boetto, M. y Lic. Duffau, R. E., Secretaría técnica, D. G. M. G. S., entrevista personal, noviembre, 2009). Por lo tanto el tipo de suelo encontrado, ocuparía a una posición mas baja dentro de la dorsal, y el Haplic Regosol el resto.

La cobertura vegetal de la depresión esta clasificada como vegetación halófila (Zerda, 2006) donde se podría esperar una menor riqueza de especies. Sin embargo presenta una alta riqueza total, como así también un elevado porcentaje de especies exclusivas. Incluso es mucho mayor que en el sitio con cobertura arbustiva. Pero presenta la mayor riqueza de quenopodiáceas, lo cual indica condiciones de elevada salinidad en el medio.

Primack et al (2001) menciona que en las áreas geológicamente complejas se encuentra una variedad de condiciones de suelo que delimitan la distribución de comunidades y especies vegetales, y en consecuencia la riqueza de especies aumenta. Evidentemente, en este sitio, la presencia de una gran variabilidad y complejidad de microrelieves, posibilita el desarrollo de una importante diversidad de especies vegetales, a pesar de que todo este sistema complejo esta asentado sobre un bajo salitroso. Una situación similar ocurre en la dorsal, donde la variabilidad topográfica de su interior, genera distintas condiciones microambientales y da como resultado la riqueza de especies vegetales mas alta de los tres sitios. Aquí, la riqueza de quenopodiáceas es menor.

Por el contrario, el sitio de la paleollanura es mas uniforme en cuanto a diversidad de microrelieves. Del mismo modo la riqueza de especies también es menor. Presenta un deterioro y empobrecimiento tal que, este sitio, que según su cobertura corresponde a un arbustal (Zerda, 2006), llega a presentar menos riqueza de arbustos e incluso de árboles que el sitio con vegetación halófila. Esto concuerda con lo encontrado en Giménez y Hernández (2008) donde se considera a este sitio como uno de los que presentan signos de mayor deterioro (41%) en cuanto al valor de riqueza.

Los coeficientes de similitud entre los sitios son bajos, es decir que la composición de especies entre ellos es diferente. Hernández et al (2006) por el contrario encuentran que tomando los resultados del inventario de vegetación para estas mismas unidades de estudio, los sitios 1 y 2 son similares y ambos diferentes del 3. En cambio en el presente estudio, donde se trabajó con datos de las muestras y no con inventarios se encuentran diferencias entre los tres sitios para los índices de diversidad beta. Pero en el caso de la riqueza de especies, ambos trabajos coinciden en que los sitios 1 y 3 presentan la mayor riqueza, a pesar de su diferente fisonomía (vegetación baja halófila y quebrachal). El recambio de especies es mayor entre el arbustal y el quebrachal con una complementariedad del 90% y el índice de diversidad beta más alto (0.77). Es decir que son los sitios entre los cuales hay mayor diferencia en la composición de especies. Luego, también con valores altos de complementariedad, se presentan la vegetación halófila y el arbustal (85%). En cambio entre la vegetación halófila y el quebrachal la diferencia no es tan notoria siendo el índice de Cody de 0.50. Por lo tanto entre los tres sitios la diversidad beta es alta. En el arbustal la composición de especies cambia en gran medida con respecto a los otros sitios. Esto puede estar asociado a un mayor deterioro del

hábitat en el arbustal, por lo cual la riqueza total también es baja. Las diferencias entre el sitio I (vegetación halófila) y III (quebrachal) se deben a la presencia de quenopodiáceas, que es mayor en el primero, y a la riqueza de arbustos y árboles, que es mayor en el segundo. Las marcadas diferencias en la composición de especies entre un sitio y otro, son un indicio de que las condiciones de cada sitio cambian en la misma medida.

Otro factor a tener en cuenta es el nivel de degradación producido por las actividades humanas. En la depresión, las limitantes del suelo salino hacen que el ambiente se mantenga menos perturbado. La dorsal, presenta un estado de conservación relativamente bueno, que permite una gran riqueza de especies. Tal como lo encuentra Yagueddu et al., (2006) las comunidades vegetales menos modificadas presentan la mayor riqueza específica y diversidad. En cambio la paleollanura aluvial presenta la mayor degradación, ya que el suelo ofrece mejores condiciones para las actividades humanas.

Por lo expuesto se considera que:

- ✓ estos sitios cumplen una importante función en el paisaje por su posición topográfica (sumidero y fuente de sales);
- ✓ poseen una gran variabilidad de microambientes que posibilita una alta riqueza de especies vegetales;
- ✓ los sitios presentan una alta diversidad beta, es decir difieren en la composición de especies.
- ✓ son ambientes frágiles, por lo cual un mal manejo los puede deteriorar en gran medida (como se observa en la paleollanura).

IV.2. Estructura anatómica del leño

La estructura anatómica del leño de *Allenrolfea vaginata*, corresponde en gran medida con las características relevantes de la anatomía del leño citadas por Metcalfe (1957) para la familia Chenopodiaceae.

Se observa la presencia de un **cambium anómalo o inusual**. Este carácter está citado también para otros géneros de la familia, como *Atriplex*, *Chenopodium*, *Suaeda*, y para otras familias, como *Menispermaceae* y *Loganiaceae* en lianas (Metcalfe, Chalk, 1965; Araque et al., 2000).

La presencia de **floema incluso en el xilema** presenta dos tipos: concéntrico, con bandas de parénquima conectivo y del tipo foraminado, como en el caso de *A. vaginata*. Su distribución parece estar relacionada al almacenamiento y traslocación de fotosintatos (Carlquist, 1988). D'Ambrogio *et al.* (2000) cita para *Atriplex sagittifolia* la presencia de cambium sucesivos, donde el floema incluido en el tejido conjuntivo se lo considera de valor adaptativo en zonas áridas y semiáridas, ya que permanece activo durante muchos años y aporta nutrientes a las yemas en reposo.

La **porosidad difusa a semicircular** es común observar en las maderas de especies de regiones áridas o semiáridas, como ocurre en gran parte de las especies de la región chaqueña estudiadas, las que presentan porosidad difusa o difusa con tendencia a semicircular (Moglia y Giménez, 1998; Giménez, 1993a, Delbón *et al.*, 2008). Para Gilbert, (1940), citado en Moglia y Giménez, (1998), esto se podría interpretar como la necesidad de la planta de disponer del medio, para transportar la escasa cantidad de agua existente. Los cambios en la porosidad están fuertemente correlacionados con cambios en la disponibilidad de agua (Bissing, 1982). Esto se observa en el leño de *Prosopis kuntzei*, el cual presenta rasgos de porosidad semicircular mas acentuada cuando mayor disponibilidad de agua posee la planta (Giménez *et al.*, 1993b).

Los **elementos de conducción** en *A. vaginata*, se caracterizan por presentar vasos muy pequeños y cortos, agregados, numerosos, con perforaciones simples y puntuaciones intervasculares alternas y diminutas. Estos caracteres se encuentran en otras especies de zonas áridas, (citados en numerosos estudios mencionados en Lindorf (1994) y en Denardi y Marchiori (2005): Baas y Carlquist 1985; Baas *et al.*, 1983; Barajas y Morales 1985; Carlquist 1966, 1977, 1980, 1984; Carlquist y Hoekman 1985; Fahn *et al.* 1986; Webber 1936) y en la mayor parte de las especies de la región chaqueña seca (Moglia y Giménez, 1998; Giménez, 1993a), se consideran signos de adaptación a condiciones extremas de aridez y semiaridez.

La adaptación del xilema secundario radica en la seguridad en la conducción de agua, previniendo la cavitación que causa la disfunción de los vasos, lo cual es una estrategia que adoptan las especies a expensas de la eficiencia en la conducción, que ocurre cuando los elementos son más grandes (Lindorf, 1994).

Carlquist (1988) explica que las condiciones de sequedad someten a las columnas de agua a grandes tensiones. Una manera de soportarlas y lograr la conducción del agua hacia todas las partes del vegetal es disminuyendo el largo de los elementos vasculares. Los **vasos cortos** confieren mayor seguridad que los vasos largos,

localizan mejor los embolismos de aire y se pueden adaptar a la mayoría de las condiciones secas. Además, son más fuertes debido a que cada extremo de pared (incluso con placa de perforación simple) forma constricciones que permiten resistir las deformaciones producidas por tensiones en las columnas de agua. Por lo tanto se espera encontrar que la **longitud y el tamaño** de los elementos de vasos disminuyan con la aridez.

Los **vasos agrupados** son otro rasgo adaptativo. El elevado agrupamiento de vasos en condiciones áridas ha sido claramente estudiado desde hace más de 20 años y se manifiesta un incremento en la proporción de vasos agrupados en hábitat secos. Este rasgo provee seguridad a la conducción de agua, ya que si un vaso del grupo es obstruido, los otros mantienen el ascenso de la columna de agua (Carlquist, 1988). En *P. kuntzei*, el agrupamiento de vasos varía con la disponibilidad de agua, ya que el porcentaje de poros racemiformes es mayor cuando ésta es menor, y hay un predominio de poros solitarios cuando es mayor (Giménez et al, 1993b). Esta reducción en la proporción de vasos solitarios a vasos agrupados bajo condiciones secas, es citada también en Bissing (1982).

La **densidad de vasos** (vasos/ mm²) es una medida extremadamente sensible al mesomorfismo y xeromorfismo. La alta densidad de vasos por milímetro cuadrado presente en el leño de *A. vaginata*, también se encuentra en plantas de hábitat secos y confiere la potencial ventaja de una mayor redundancia, tal como se cita en Carlquist (1988). En el estudio de León (2005) se encuentra que bajo condiciones extremas de aridez (bosque muy seco tropical) o excesiva humedad y salinidad (manglar), la tendencia es a desarrollar mayor número de elementos de conducción.

En cuanto a las **perforaciones simples** de los vasos, también posee valor adaptativo y evolutivo. Para Carlquist (1975) hay una variación en el tipo de placa de perforación relacionada con la ecología o hábitat de los géneros Violaceae y Ericaceae: los géneros mesofíticos se caracterizan por poseer placas de perforación escalariformes, mientras que aquellos xéricos y lianas tienen perforaciones simples (Moglia y Giménez, 1998).

El tipo de **puntuaciones intervasculares alternas**, presentes en el leño de *A. vaginata*, es considerado como el más evolucionado, en comparación con los tipos escalariforme y opuesto, y la más eficiente para la conducción (León, 2005).

A. vaginata presenta además **traqueidas vasicéntricas** que colaboran en la conducción del agua junto a los vasos. De la misma manera que los elementos de vasos, las traqueidas son cortas y delgadas, de tal manera que permiten que las

columnas de agua soporten más las grandes tensiones sin embolismos. Evidencias experimentales de esta correlación se muestran en Rundel y Stecker (1977) y en Lewis y Tyree (1985), citados por Carlquist (1988). Además, este último autor señala que las traqueidas que rodean a los vasos actúan como un sistema de conducción subsidiario, para que la columna de agua pueda ascender hacia las hojas y tallos y continuar la conducción si los vasos se obstruyen.

La predominancia del **tejido mecánico** (fibrotraqueidas) puede estar relacionada con la disponibilidad de agua, tal como lo encuentra Giménez et al, (1993b) en *P. kuntzei*, donde dicho tejido aumenta cuando aumenta el déficit hídrico.

Según Carlquist, (1988) citado por Aguilar et al (2001), la relación entre la *longitud de fibras/longitud de elemento de vaso*, es indicadora del grado de avance filético y valores menores de 2 se presentan en familias consideradas primitivas. Aplicando esta relación para la especie estudiada se encuentra el valor 3.7, por lo cual se considera una alta especialización y evolución.

Los **radios** están presentes en el leño de *A. vaginata*, aunque son muy poco abundantes. En la familia es común la ausencia de radios leñosos, que son reemplazados por el parénquima conjuntivo que conecta y trasloca. Sin embargo, esta especie posee radios multiseriados, con hileras verticales cortas, poco numerosos y bajos, y según la categorización de Carlquist (1988), son rasgos de una especie medianamente evolucionada.

El **parénquima axial** es abundante y puede jugar un rol potencial en el almacenamiento de agua (Carlquist, 1988).

En el leño no se observan cristales, lo cual no concuerda con la descripción de Metcalfe (1957), donde la presencia de cristales en el leño es un rasgo relevante y los mismos se encuentran secretados en grupos o como arena u otros tipos; en cambio se encuentra una sustancia parda amarillenta que ocluye algunos vasos.

Otro rasgo citado para las quenopodiáceas, y para el género *Allenrolfea*, es la presencia de **engrosamientos espiralados** sobre las paredes de los vasos, estructura que brinda seguridad a la conducción de agua, e impide la formación de burbujas de aire (Carlquist, 1988). Sin embargo, para la especie estudiada, no se puede corroborar con exactitud la presencia de esta estructura, sólo en algunos vasos se observa un leve engrosamiento en sus paredes.

IV.2.1. Índices ecológicos

El diámetro, la densidad y la longitud de vasos, están correlacionados con los factores ecológicos del sitio donde habita una especie. Carlquist (1977) ha desarrollado dos indicadores ecológicos: *índices de vulnerabilidad* (diámetro medio de vasos / número de vasos por mm²) y *mesomorfismo* (vulnerabilidad*longitud de elementos de vasos). Estos índices han sido cuestionados por ciertos autores ya que parte de las características de los elementos de conducción tienen que ver con aspectos genéticos y evolutivos propios de cada especie (Van den Oever *et al.* 1981 citado en Carlquist, 1988). Sin embargo, son los únicos que se han propuesto para determinar relaciones de elementos de conducción con el medio donde crece la planta (Araque, León, 2006).

El índice de vulnerabilidad trata de expresar la seguridad de conducción ante la diferencia de condiciones ambientales en donde se pueda desarrollar un individuo. Los bajos valores indican una menor vulnerabilidad, los valores menores de uno representan maderas xeromórficas y valores mayores a la unidad corresponden a maderas mesomórficas. Los valores del índice de mesomorfía tienen un rango de variación mucho mayor que el índice de vulnerabilidad. Esto se debe a que en el cálculo de los valores de mesomorfía se incluye la longitud de los elementos vasculares, característica que está relacionada directamente con el grado de especialización. Valores mayores de 200 indican mesomorfismo del tejido xilemático (León, 2005).

A. vaginata tiene un bajo valor de *vulnerabilidad* (0,53), es decir que es una especie resistente que asegura la conducción de agua y por lo tanto no es vulnerable a sufrir embolismos. Así mismo, el valor encontrado para el 50% de las especies del chaco semiárido estudiadas por Moglia y Giménez (1998) tiene valores por debajo de 5.

Algunas de las especies que forman parte de la comunidad de los tres sitios también presentan valores bajos de vulnerabilidad, como *Maytenus spinosa*, *M. vitis idaea* (0,05-0,015), *Jodina rhombifolia* (0,06), *Tabebuia nodosa* (0,31), *Celtis tala* (0,85), *Capparis speciosa* (1,07) y *Geoffroea decorticans* (1,5), que son las especies con las maderas más xeromórficas encontradas en Moglia y Giménez (1998).

En cambio para las especies *Aspidosperma quebracho-blanco*, (IV: 8.7-Moglia y López, 2001 a) y *Schinopsis quebracho-colorado* (IV: 10- Giménez, 1998) y *Prosopis ruscifolia* (IV: 13,1- Giménez *et al.*, 2006), presentan valores más altos.

Laskowski, (2000), también encuentra valores menores para este índice bajo condiciones más secas, I.V: 0.88-1 para *M. emarginata*. Al igual que Denari y Marchiori, (2005) I.V: 0.6-1.2 para *B. salicifolius*, y Delbón et al (2009) I.V: 0.20-0.31 para 6 especies del género *Flourensia*.

El índice de mesomorfismo, para *A. vaginata*, es también muy bajo (36.5) indicando que es una especie xeromórfica, en concordancia con el índice de vulnerabilidad. Los valores de este índice para regiones más húmedas rondan entre los 8.000 y 16.000, según lo encontrado en el estudio de Araque y León, (2006), para *Spondias mombin* (Anacardiaceae).

De acuerdo a lo descrito anteriormente, se advierte que los elementos que constituyen el leño de *A. vaginata*, presentan características que le permiten realizar una conducción segura del agua. Además presenta un alto grado de especialización y evolución.

IV.3. Comparación de las variables anatómicas cuantitativas

Numerosos autores (Fahn, 1959 y 1962; Metcalfe y Chalk, 1983; Carlquist y Hoeckman, 1985), citados en Giménez, (1998) consideran que la estructura de la madera es un indicador de adaptaciones ecológicas especialmente en zonas áridas.

Giménez et al, (1993b) cita que hay una respuesta de la estructura del leño y corteza en *Prosopis kuntzei* a los valores del déficit hídrico adecuándose a las variaciones de disponibilidad de agua en la planta.

En *A. vaginata*, se observa una respuesta de las variables anatómicas cuantitativas: *diámetro tangencial de lumen de vaso, longitud de elemento de vaso, diámetro de fibrotraqueida y altura de radio*. Las mismas explican el 62% de la variabilidad total y presentan diferencias significativas que responden al microhábitat donde se desarrollan los individuos estudiados. Sin embargo, las variables referidas a los vasos son las que poseen el significado ecológico mejor comprendido en la literatura, tal como se cita en Denari y Marchiori (2005).

IV.3.1. Diámetro tangencial de lumen de vaso

En *A. vaginata* esta variable muestra una tendencia ascendente hacia los individuos del quebrachal, donde la disponibilidad de agua del suelo es algo mayor que en los otros sitios, debido a que las sales están menos concentradas en la zona de exploración de las raíces.

Otros estudios anatómicos sobre poblaciones de una misma especie que crecen en diferentes sitios encuentran diferencias en el comportamiento del tamaño de los vasos según las condiciones ambientales del sitio. Así, para *Blepharocalyx salicifolius*, se observa que los diámetros medios son significativamente menores en la región con menor disponibilidad de agua (Denari y Marchiori, 2005) de la misma manera que se encuentran en los individuos de *A. vaginata* del microhábitat con vegetación halófila. Igualmente, Moglia y López (2001a) señalan que los elementos de los vasos disminuyen su diámetro a medida que aumenta el grado de aridez. El arbusto *Malpighia emarginata*, muestra vasos de diámetro estrecho como una respuesta ante el déficit hídrico en los individuos que crecen con menores precipitaciones, aunque comparativamente las diferencias no son significativas (Laskowski, 2000).

Sin embargo, el estudio de Araque y León (2006) para *Spondias Bombin L*, muestra que existen diferencias significativas entre individuos pero éstas no responden a las distintas posiciones fisiográficas.

Esta variable es probablemente el rasgo más importante en las Angiospermas, ya que la conductividad hidráulica es proporcional a la cuarta potencia del radio. Así un pequeño aumento del radio, puede aumentar considerablemente la conductividad; según Zimmerman, (1983) citado por Giménez, (1998)

Para Ginzburg (1966) y Fahn (1974), citados por Degano (1999), la capacidad para conducir agua disminuye en plantas expuestas a condiciones de salinidad, puesto que la alta concentración salina crea un hábitat de condiciones de sequía fisiológica. Dicha reducción en la capacidad conductora puede ser consecuencia de la disminución del tamaño de los vasos. En *Tessaria absinthioides* el diámetro interno de los vasos se reduce al disminuir el potencial osmótico de -0,4 a -0,8 MPa, tanto en las soluciones con Na_2SO_4 , como en las con NaCl (Degano, 1999).

Por lo expuesto se puede considerar que las diferencias encontradas en el diámetro de los vasos de *A. vaginata* se deben a las condiciones particulares de cada microhábitat, y según este rasgo anatómico, presenta bajo el quebrachal una mayor capacidad de conducir agua.

IV.3.2. Longitud de elemento de vaso

Los individuos procedentes del microhábitat con vegetación halófito y los de vegetación arbustiva, poseen elementos de vaso de menor longitud destacándose el quebrachal con los elementos de vasos más largos.

En *Prosopis kuntzei* se encuentran miembros de vasos más cortos en individuos que crecen bajo menores precipitaciones (Giménez, 1993b). La misma relación se encuentra en *Malpighia emarginata* (Laskowski, 2000), en Moglia y López (2001) y en Denari y Marchiori, (2005).

Por lo tanto, la variación de la longitud de los elementos de vaso es otra de las posibles respuestas de los individuos frente a las condiciones del microhábitat.

El comportamiento de las variables analizadas, *diámetro tangencial de lumen de vaso* y *longitud de elemento de vaso*, coincide con el encontrado en otros estudios: ambas variables disminuyen al disminuir la disponibilidad de agua (Carlquist, 1988).

En cuanto al *diámetro de fibrotraqueida*, si bien es otra variable que posee una contribución importante en el análisis de componentes principales, su significado ecológico está poco explorado en la literatura (Denari y Marchiori, 2005). Aguilar et al (2001) reconoce que el tamaño de las fibras se ve influenciado por la disponibilidad de agua. En los resultados se observan diferencias significativas entre los diámetros medios: los individuos de la vegetación halófito y el arbustal presentan fibrotraqueidas más finas que los del quebrachal. Por el contrario, Denari y Marchiori, (2005) encuentran el mayor diámetro de lumen de fibras, en los individuos que proceden de la región con menores precipitaciones, con diferencias significativas. En Moglia y López (2001b), el diámetro de fibra no presenta diferencias significativas entre sitios, en *Aspidosperma quebracho blanco*, pero sí se observa una gran incidencia de la variación entre distancias a la médula dentro del individuo, aumentando en sentido radial.

Por otra parte la variable *altura de radio* se destaca en los individuos de la vegetación halófito donde se presentan los valores más altos y estadísticamente diferentes de los demás. Esto coincide con lo encontrado por Denari y Marchiori, (2005), en *Blepharocalyx salicifolius*, donde los mayores valores de altura de radios uniseriados son estadísticamente significativos, en los individuos que proceden de la región con menores precipitaciones. Sin embargo, Araque y León, (2006) encuentran que no

hay un patrón definido de variación de la altura de radios con el cambio de posición fisiográfica. Por otro lado, Arias y Terrazas (2001) mencionan que, en *Pachycereus pecten-aboriginum* (Cactaceae), la altura de los radios se correlaciona significativamente con la altura del individuo. Esta correlación no permite explicar lo encontrado para *A. vaginata*. Por lo tanto el comportamiento de la altura de los radios en los individuos de esta especie, no permite realizar una interpretación ecológica clara, a pesar de encontrar diferencias significativas.

Las demás variables analizadas no mostraron diferencias significativas entre los grupos de individuos.

La *longitud de fibrotraqueida* no tiene una gran contribución en el análisis de componentes principales pero se observan valores más altos en los individuos del quebrachal. El test de Duncan indica que hay diferencias entre los individuos del arbustal y del quebrachal, pero el ANOVA muestra que no son significativas. Resultados similares se encuentran en Denari y Marchiori, (2005), donde los valores mas altos de longitud de fibra corresponden a la región mas húmeda, pero en este caso arrojan diferencias significativamente diferentes. Así mismo coinciden con lo encontrado por Aguilar et al (2001) donde las especies de un bosque mesófilo presentan fibras mas largas, que las del bosque xerófilo. Por otra parte, para Arias y Terrazas (2001) la longitud de la fibra disminuye conforme se incrementa la latitud y la longitud, en individuos de *Pachycereus pecten-aboriginum*.

La variable *vasos por milímetro cuadrado*, no presenta una tendencia clara en su comportamiento, ni una asociación en función de los microhábitas. No se encuentran diferencias significativas entre los valores medios por sitio. Esta variable es muy utilizada en los estudios comparativos, ya que en general existe una relación inversa entre el diámetro y la frecuencia de vasos, donde los individuos adoptan como estrategia disminuir la eficiencia en la conducción, disminuyendo el diámetro de vaso pero aumentando la seguridad, al aumentar su frecuencia. Denari y Marchiori, (2005), Araque y León, (2006), Moglia y López, (2001a), Arias y Terrazas (2001), entre muchos otros autores encuentran esta asociación en sus estudios comparativos sobre una especies dada y su relación con factores ambientales.

Para el *área neta de vasos*, se observa una leve tendencia a aumentar hacia el sitio que corresponde al quebrachal, de igual manera que lo hace el diámetro. Araque y León, (2006) encuentran una ligera tendencia a desarrollar mayor área de conducción en los individuos de la zona de banco (terrenos altos, no inundables) en comparación con la zona de bajío (terrenos inundables), aunque las diferencias son leves.

El leño de *A. vaginata*, además de presentar una estructura anatómica altamente especializada y adaptada las condiciones de escasa disponibilidad de agua, muestra variaciones en algunos caracteres anatómico determinadas por las características de los sitios en donde crece la especie.

CAPÍTULO V

CONSIDERACIONES FINALES

CAPÍTULO V.

CONSIDERACIONES FINALES

El hábitat de esta especie xerohalófito presenta diferencias en las condiciones edáficas, que radican principalmente en la distribución de las sales en el suelo. En dos de los sitios estudiados (paleollanura y dorsal), éstas se encuentran en profundidad, dejando el espacio de enraizamiento más liberado de sales, mientras que en el otro sitio que se ubica en el bajo salitroso, se hallan desde la superficie. El grado de salinidad y de presión osmótica que deben soportar las especies vegetales es elevado. En cuanto a la diversidad de especies, está relacionada a la diversidad de microrelieves y diferencias topográficas, y a la presión de las actividades humanas. Los sitios presentan una alta diversidad beta, es decir difieren en la composición de especies. El sitio más deteriorado es el que presenta menor riqueza de especies, y mayor diferencia en la composición de especies entre los otros sitios. En cambio la calidad del sitio es mayor en el quebrachal, ubicado sobre la dorsal que se ha mantenido fuera de la marcada dinámica fluvial que presentan los otros sitios, dada por su mayor riqueza, cantidad de especies exclusivas, mayor cobertura, y menor salinidad en los primeros horizontes del suelo.

El leño de *A. vaginata* 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. El tejido de sostén presenta fibrotraqueidas finas y cortas. 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.

Además las características cuantitativas de algunos elementos anatómicos pueden variar en función de las condiciones particulares de cada sitio. En este estudio estas variaciones se manifiestan en la dimensión de los siguientes elementos: vasos (diámetro tangencial del lumen y longitud de elemento de vaso); fibrotraqueidas

(diámetro); radios (altura). Las mismas mostraron diferencias significativas entre los sitios estudiados.

Se evidencia una tendencia ascendente en el diámetro tangencial de lumen de vasos desde el sitio con vegetación halófila hacia el quebrachal. Así mismo en este sitio la mayor parte de las variables estudiadas mostraron valores más altos. Se observan allí, algunos rasgos de mesomorfismo, como vasos más grandes y largos y fibrotraqueidas más grandes.

Por lo tanto se puede concluir que:

- ✓ Las condiciones que el hábitat ofrece a esta especie, son diferentes en suelo, diversidad vegetal y estado de conservación.
- ✓ El leño presenta un sistema de conducción de agua altamente especializado al medio, orientado a la seguridad en la conducción y con marcados rasgos xeromórficos.
- ✓ El leño es sensible a los cambios en las condiciones de los sitios, ya que determinadas características cuantitativas de la estructura del leño son diferentes en función de los mismos.
- ✓ En un futuro se puede considerar la estructura del leño como un indicador de condiciones ecológicas.

REFERENCIAS

REFERENCIAS

- ADMINISTRACIÓN DE PARQUES NACIONALES. Sistema de Información de Biodiversidad. Proyecto de Conservación de la Biodiversidad - Donación GEF-BIRF TF 028372-AR. www.parquesnacionales.gov.ar
- AGUILAR-RODRIGUEZ, S., ABUNDIZ-BONILLA, L., BARAJAS-MORALES, J. 2001. *Comparación de la gravedad específica y características anatómicas de la madera de dos comunidades vegetales en México*. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 72(2): 171-185.
- ARAQUE A., N., y LEÓN H., W. J. 2006. *Anatomía comparada del leño de Spondias mombin L. (Anacardiaceae) que crece en zonas de banco y bajío de la Reserva Forestal Caparo (Barinas, Venezuela)*. Revista Forestal Venezolana 50(1) 2006, pp. 9-17.
- ARAQUE, O., ESPINOZA DE PERNÍA, N.; LEÓN, W. 2000. *Estudio anatómico del leño de seis especies de lianas*. Rev. Forest. Venez. 44(2) 39-48.
- ARENS, P. y P.H. ETCHEVEHERE, 1966. *Normas de Reconocimiento de Suelos*. INTA, Bs.As. Argentina. pág. 46-48.
- ARIAS, S, y TERRAZAS, T. 2001. *Variación en la anatomía de la madera de Pachycereus pecten-aboriginum (Cactaceae)*. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 72(2): 157-169.
- BAAS, P.; WHEELER, E.; GASSON, P. 1989. *IAWA List of Microscopy features for Hardwood Identification*. IAWA Committee. 322 p
- BERLYN, G.; MISKSCHE, J. 1976. *Botanical microtechnique and cytochemistry*. Iowa State University, Ames, IOWA.
- BISSING, D. 1982. *Variation in qualitative anatomical features of the xylem of selected dicotyledonous woods in relation to water availability*. Bull. Of the Torrey Botanical Club. Vol 109. N° 3. pp 371-384.
- BOETTO, M., DUFFAU, R., *Entrevista personal, noviembre del 2009*. Secretaría técnica. Dirección provincial de Geología, Minería, Geomorfología y Suelo, Santiago del Estero.
- BOLETTA, P. E., ACUÑA, L. R., JUAREZ DE MOYA, M. L. 1992. *Análisis de las características climáticas de la provincia de Santiago del Estero y comportamiento del tiempo durante la sequía de la campaña agrícola 1988/89*. Informe técnico, INTA-UNSE, Santiago del Estero.
- BURKART, 1979. *Flora ilustrada de Entre Ríos*. Colección científica del INTA. Parte III, Dicotiledóneas Metaclamideas. Argentina.
- CABIDO, D. 2004. *Áreas naturales protegidas: provincia de Córdoba*. República Argentina, Córdoba: Agencia Córdoba Ambiente, 122 p.
- CABIDO M., ZAK M. 1999. *Vegetación del norte de Córdoba*, Secretaria de Agricultura Ganadería y Recursos Naturales de Cba. Instituto multidisciplinario de Biología Vegetal. UNC-CONICET. Cátedra de biogeografía, Facultad de ciencias exactas físicas y naturales, 49 pág.
- 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. 460 p.
- CATÁLOGO DE LAS PLANTAS VASCULARES DE LA ARGENTINA II. Instituto de Botánica Darwinion. Sitio web consultado 14/09/09: <http://www.darwin.edu.ar/Publicaciones/CatalogoVascII/CatalogoVascII.asp>
- CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES 1986 a. *Convenio Bajo Sub meridionales - Sub proyecto Salinas de Ambargasta. Geomorfología del río Namby-Saladillo*.
- CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES 1986 b. Convenio Bajo Sub meridionales. Provincia de Santiago del Estero. Sub proyecto salinas de Ambargasta. Carta geomorfológica, Río Namby-Saladillo, escala 1:75.000.
- D'AMBROGIO, A.; FERNÁNDEZ, S.; GONZALES, E.; FURLAN, I.; FRAYSSINET, N. 2000. *Estudios morfoanatómicos y citológicos en Atriplex sagittifolia (Chenopodiaceae)*. Bol. Soc. Argent. Bot. 35 (3-4): 215-226.
- DATOS AGROMETEOROLÓGICOS DE LIBRE ACCESO. Consultado el 15/09/09. INTA Santiago del Estero: <http://agrometsgo.inta.gov.ar/meteo>
- DEGANO, C. 1999. Respuestas morfológicas y anatómicas de Tessaria absinthioides (Hook. et Arn.) DC. a la salinidad. Rev. Bras. Bot. Vol: 22 N°.3 São Paulo 10.1590/S0100.
- DELBÓN, N.; CORTEZ, M. A.; RISSO, M. J.; RIOS VILLAMI, A.; CASTELLO, L.; DOTTORI, N. Y COSA, M. T. 2008. *Estrategias adaptativas del leño y corteza y posibilidades de supervivencia en especies arbustivas de las Sierras de Córdoba*. III Congreso Nacional de Conservación de la Biodiversidad 11-14 de agosto del 2008. Ciudad de Buenos Aires.
- DEL VITO; L.; PETENATTI, E.; PETENATTI, M., 1997. *Recursos herbolarios de San Luis. Primera parte. Plantas nativas*. Multequina 6: 46-66.
- DENARDI, L. Y MARCHIORI, J. N. 2005. *Anatomía ecológica da madeira de Blepharocalyx salicifolius (h. b. k.)* Berg Ciência Florestal, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 119-127. ISSN 0103-9954.
- DI GIACOMO, A. S., DE FRANCESCO, M. V. y COCONIER, E. G. (editores). 2007. *Áreas importantes para la conservación de las aves en Argentina. Sitios Prioritarios para la conservación de la biodiversidad*. Temas de Naturaleza y Conservación 5:1-514. CDROM. Edición Revisada y Corregida 1. Aves Argentinas/Asociación ornitológica del Plata, Buenos Aires.
- DIRECCIÓN GENERAL DE CATASTRO. 1986. Mapa de la provincia de Santiago del Estero. Esc. 1:1.000.000. Ministerio de Economía de Santiago del Estero.
- DIRECCIÓN GENERAL DE CATASTRO. 1987. *Determinación del mapa de zonas geo- agro- ecológicas homogéneas de la provincia de Santiago del Estero. Tercera parte: Suelos de la provincia de Santiago del Estero. Características y localización geográfica de los distintos tipos*. Esc. 1: 400.000. Ministerio de Economía de Santiago del Estero.
- DIRECCIÓN NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA. 1967 a. Hoja 14 h Villa San Martín. Provincia de Santiago del Estero, escala 1:100.000. Elaborada por el topógrafo, Antonio Lizuani.

- DIRECCIÓN NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA. 1967 b. Hoja 15 h Hoyo. Provincia de Santiago del Estero, escala 1:100.000. Elaborada por el topógrafo Humberto Alarcón.
- FEIJÓO y ARRIAGA (2009). *Eleocharis albibracteata (Cyperaceae): anatomía cuantitativa en distintos hábitat de Patagonia*. Boletín de la Soc. Arg.de Botánica. Vol 44 (suplemento) XXXII Jornadas Argentinas de Botánica; Huerta Grande, Córdoba. ISSN 0373-580X.
- FREUND, H. 1970. *Handbuch der Mikroskopie in der Technik*. Frankfurt: Umschan Verlag. 379 p.
- GEO INTA. Suelos de la República Argentina. Sitio web consultado el 14/09/09 en: <http://geointa.inta.gov.ar/suelos/>
- GIMÉNEZ, A.M. 1993 a. *Rasgos estructurales característicos del xilema secundario de las principales especies arbóreas de la región Chaqueña Seca*. Revista Quebracho N°1, Santiago del Estero.
- GIMÉNEZ, A. M., MOGLIA J., HERNÁNDEZ, P., GEREZ, R. 2000. *Dendrología y Xilología. Anatomía de Madera*. Serie Didáctica Nro. 1. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- GIMÉNEZ, A. M. MOGLIA, G. JUAREZ, M.L. 1993b. *Variabilidad ecológica de Prosopis kuntzei Harás- Influencia del déficit hídrico en la estructura interna*. Actas del 1° Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Entre Ríos. Comisión V. Bosques Nativos (1):67-75.
- GIMÉNEZ, A. M.; MOGLIA, G.; HERNÁNDEZ, P.; GEREZ, R., CALATAYU, F. 2006. *Anatomía del leño de vinal (Prosopis ruscifolia griseb.) variabilidad radial*. En prensa en Revista Yvyrareta- Misiones. 10 p.
- GIMÉNEZ, A. M., Figueroa M.E., Hernández, P, Cejas, M., 2008a. *Jume negro (Allenrolfea vaginata Kuntze, Chenopodiaceae): potencialidades de usos en la rigurosidad del ambiente salino*. Quebracho N° 15 (32-36).
- GIMÉNEZ, A.M. y HERNÁNDEZ, P., 2008b. *Biodiversidad en ambientes naturales del Chaco argentino. Vegetación del Chaco Semiárido, provincia de Santiago del Estero*. Fascículo 1-FONCYT. FCF-UNSE. 120 P. ISBN: 978-987-1375-26-
- GIMÉNEZ, A.M. 1998. *Influencia de la edad sobre los caracteres anatómicos y el crecimiento de Shinopsis quebracho-colorado, Anacardiaceae*. Tesis doctoral. Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de Tucumán.
- HERNÁNDEZ, P.; GIMÉNEZ, A; GERÉZ, R. CEJAS, M. 2006. *Situación actual de la biodiversidad en zonas salinas del Chaco Semiárido -Santiago del Estero- Argentina*. II Congreso nacional de conservación de la biodiversidad. Universidad Maimónides, Bs. As., Argentina <http://www.fundacionazara.org.ar/CNB2/>
- HERRERA, R.G., M. R. PRIETO Y R. GARCÍA HERRERA 2003. *Floods in the semi-arid Argentinean Chaco during the 17th to 19th centuries (Paleofloods, Historical Data and Climatic Variability (V. Thorndycraft, G. Benito, M. Barriendos y M.C. Llasat (eds) 378 pp)*. Ed. CSIC. Madrid.
- INFOSTAT 2008. InfoStat, versión 2008. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina.
- INFOSTAT 2008. InfoStat versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

- IUSS WORKING GROUP WRB. 2007. *World Reference Base for Soil Resources 2006, first update 2007*. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome.
- LARCHER, W. 1977. *Ecofisiología Vegetal*. Ediciones Omega. 305. pp
- LASKOWSKI, L. 2000. *Características anatómicas de la hoja y el tallo del semeruco (Mapighia emarginata DC) cultivado en dos localidades del estado Lara*. Bioagro año/vol 12, número 002. Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto-Cabudare, Venezuela, pp 33-40.
- LEON H, WILLIAMS J. 2005. *Anatomía ecológica del xilema secundario de un bosque seco tropical de Venezuela*. Acta Bot. Venez. [online]. vol.28, no.2 [citado 30 Noviembre 2009], p.257-274. Disponible en la World Wide Web: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0084-59062005000200006&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0084-5906.
- LINDORF H., 1994. *Eco-anatomical Wood Features of Species from a Very Dry Tropical Forest*. IAWA Vol. 15(4): 361-376
- LORENZ, G. 1995. *Caracterización ecológica de un suelo Eutric Regosol bajo bosque en el chaco semiárido, Argentina*. Quebracho (3): 13 - 23 Facultad de Ciencias Forestales – UNSE.
- LORENZ, G. 2004. *Guía de evaluación ecológica de suelos*. Serie didáctica N° 8. Cátedra de edafología forestal. Facultad de Ciencias Forestales. UNSE, Santiago del Estero, Argentina.
- LORENZ, G. 2005. *Métodos de análisis de suelos*. Serie didáctica N° 12. Cátedra de edafología forestal. Facultad de Ciencias Forestales. UNSE, Santiago del Estero, Argentina.
- LORENZ, G. 2009. *Ambientes salinos. Las dos caras de un fenómeno regional*. En: Giannuzzo N. A., Ludueña, M. E., Cambios y problemas ambientales: perspectivas para la acción (255-273). 1a ed.- Santiago del Estero: Univ. Nacional de Santiago del Estero- UNSE, 2009.
- MAPA DE SUELOS DE FAO escala 1: 5.000.000.
- METCALFE, C.; CHALK, L. 1957-1965. *Anatomy of the dicotyledons. Leaves, stem, and wood in relation to taxonomy with notes on economic uses*. Vol. II. Clarendon Press Oxford.
- MIATELLO, R. 1977. *Geografía física de la provincia de Córdoba*. Ed. Boldt, Bs. As., Argentina, 464 pp
- MINISTERIO DE DEFENSA, 1978. *Evaluación de recursos naturales por información obtenida mediante teledetección satelitaria*. Mapa geomorfológico de la provincia de Santiago del Estero, Bs. As., Argentina. Escala 1:250.000.
- MITLÖHNER, R. 1990. *Die konkurrenz der Holzagwächse im regengrünen Trockenwald des Chaco Boreal, Paraguay*. Universität Göttinger, Göttinger Beitr. Zur Land-und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen. N° 54, 177 p.
- MOGLIA, J. y C. LÓPEZ. 2001a. *Estrategia adaptativa del leño de Aspidosperma quebracho-blanco*. Madera y Bosques 7(2): 13-25.
- MOGLIA, J.G., LÓPEZ, C. 2001b. *Tendencias de variación radial del leño en Aspidosperma quebracho blanco*. Investigación agraria. Sistema y recursos forestales. Vol. 10 (1). Ministerio de ciencia y tecnología. Instituto nacional de investigaciones y tecnología agraria y alimentaria. Madrid, España.

- MOGLIA G., A. M. GIMÉNEZ (1998). *Rasgos anatómicos característicos del hidrosistema de las principales especies arbóreas de la región chaqueña argentina*. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Vol. 7 (1 y 2).
- MORELLO y ADÁMOLI. 1974. Serie fitogeográfica N° 13: *Grandes unidades de vegetación y ambiente del chaco argentino. Segunda parte: Vegetación y ambiente de la provincia del Chaco*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de la Nación- Argentina.
- MORENO, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis. SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- MUNICIPIOS Y COMISIONES MUNICIPALES DE SANTIAGO DEL ESTERO. Consultado el 1/09/09, pagina web oficial de la provincia de Sgo. Del Estero: <http://www.sde.gov.ar/municipios/atamisqui.php>.
- MUÑIZ G. BOLZÓN, 1986. *Descrição da estrutura e ultraestrutura da madeira de cinco espécies de Prosopis de Argentina e análise da metodologia*. Disertação para obtenção do grau de Mestrado. Curitiba, Brasil.
- MUÑIZ G. BOLZÓN, CORADIN, V., 1991, *Norma de procedimientos em estudos de anatomía da madeira*. II Gimnospermae Comissae de estudos. CE: 11.01.07.002. ABNT. Brasilia: Laboratorio de Produtos Florestais, Serie Técnica.
- PRIMACK R., ROZZI, R, FEINSINGER, P., DIRZO, R., MASSARDO, F. 2001. *Fundamentos de conservación biológica. Perspectivas latinoamericanas*. Fondo de Cultura Económica. México.
- PÉREZ C., V. Y CAMBI, V. 2009 a. *Comparación anatómica entre halófitas dominantes y efímeras*. Boletín de la Soc. Arg.de Botánica. Vol 44 (suplemento) XXXII Jornadas Argentinas de Botánica; Huerta Grande, Córdoba. ISSN 0373-580X.
- PÉREZ C., V. Y CAMBI, V. 2009 b. *Anatomía de Suaedoideae perennes del salitral de la Vidriera*. Boletín de la Soc. Arg.de Botánica. Vol 44 (suplemento) XXXII Jornadas Argentinas de Botánica; Huerta Grande, Córdoba. ISSN 0373-580X.
- QUIRK, J.; SMITH, D., 1975. *Comparison of dual linear and dot grid eyepiece methods for estimating wood properties of Douglas - fir*. Wood Sci: 8: 92-96.
- RAGONESE, A., 1951. La vegetación de la Republica Argentina. II.- *Estudio fitosociológico de las Salinas Grandes*. Rev. Inv. Agr. 5(1-2): 1-233.
- RAGONESE, A., y CASTIGLIONE, J. 1970. La vegetación del Parque Chaqueño. Bol. Soc. Arg. Bot., 11: 133-160.
- REINOSO H; SOSA L; REGINATO M; LLANES A; LUNA V. (2005). *Cambios anatómicos inducidos por sulfato de sodio en Prosopis strombulifera (lam.) benth*. Bol. Soc. Argent. Bot. 40 (Supl.). 30° Jornadas Argentinas de Botánica (Rosario).
- RICKLEFS, R.E., 1998. *Invitación a la Ecología*. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires. 692 p.
- ROIC, L. 2007. *Flora popular santiagueña*. FCF.UNSE. Santiago del Estero. 66 p.
- ROTH, I. 1981. *Structural Patterns of Tropical barks*. Encyclopedia of Plant Anatomy. 609 p.
- ROTH, I.; GIMÉNEZ BOLZÓN, A. 1997. *Argentine Chaco Forests. Dendrology, tree structure, and economic use*. 1-The Semid-arid Chaco. Encyclopedia of Plant Anatomy. Gerbruder Borntraeger Berlin Stuttgart. 180 p.

- RUIZ LEAL, A. 1972. *Aportes al inventario de los recursos naturales renovables de la Provincia de Mendoza*. Flora Popular Mendocina. IADIZA. Deserta 3: 1-299.
- RUIZ POSSE E.; KARLIN U.; BUFFA E.; KARLIN M; LEVRA C., CASTRO G. 2006. *Caracterización Ambiental de las Salinas Grandes de Catamarca, Argentina*. III Congreso Iberoamericano de Ambiente y Calidad de Vida. Catamarca. El reto del desarrollo sostenible: Estrategias y Acciones. Diálogos y Propuestas. Edición 2006. Línea Científica. 1° Ed. Catamarca. Universidad Nacional de Catamarca, 2006, 380 p. Publicación de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Catamarca.
- SAAVEDRA, S. 2004. *Determinación con base ecológica de la productividad potencial forestal en la provincia de Santiago del Estero, Argentina*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela técnica superior de ingenieros forestales.
- SIGSE. Sistema de Información Geográfica de Santiago del Estero. Sitio web consultado el 14/09/09: http://sigse.inta.gov.ar/website/SigSE_2/viewer.htm
- STRAMIGIOLI, 2007. *Tintes naturales, las teleras santiagueñas*. 1 ed, Bs.As, Argentina, 192p.
- SUB- SECRETARÍA DE RECURSOS HÍDRICOS DE LA NACIÓN, 1979. *Río Dulce. Programa para el estudio integral. Sub programa geomorfología y evaluación de escurrimientos*. Informe final. Provincia de Santiago del Estero, provincia de Córdoba.
- TINTO, J. C. 1979. *Utilización de los recursos forestales argentinos*. Folleto Técnico Forestal N° 41. IFONA. Buenos Aires.
- TINTO, J. C. 1993. *Productos no leñosos de los árboles argentinos*. Bosques y Desarrollo. Año 4 N° 7, Pág. 33-36.
- TORTORELLI, L. 1956. *Maderas y bosques argentinos*. Editorial ACME, SACI, Buenos Aires. 891 p
- YAGUEDDU, CRISTINA, COMPARATORE, VIVIANA M., CARDINALI, FRANCISCO J. et al. 2006. *Cuphea glutinosa (Lythraceae) en sierras del sistema de Tandilia: Morfología y Ambiente*. Bol. Soc. Argent. Bot., ago./dic. 2006, vol.41, no.3-4, p.285-292. ISSN 1851-2372.
- ZERDA, H. 2006. Mapa de Coberturas y Usos de la tierra del área de influencia de las Salinas de Ambargasta y Modelo 3D. Universidad Nacional de Santiago del Estero - BID 1201/OC-AR -Pictos N° 08-18618. Biodiversidad en ambientes naturales del chaco argentino: caracterización y aportes para su conservación.
- ZULOAGA, F. O.; MORRONE, O. ED.1996. *Catálogo de las Plantas Vasculares de la República Argentina*. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden, Vol. 60.