

RASGOS ANATOMICOS CARACTERISTICOS DEL HIDROSISTEMA DE LAS PRINCIPALES ESPECIES ARBOREAS DE LA REGION CHAQUEÑA ARGENTINA

G. MOGLIA

A. M.^a GIMENEZ

Catedra de Dendrología-Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques (INSIMA)
Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero
Av. Belgrano(s) 1912-4200 Santiago del Estero. ARGENTINA

RESUMEN

Los objetivos de este trabajo son realizar un análisis comparativo de los caracteres anatómicos del leño que componen el sistema hidráulico del xilema de 46 especies arbóreas de la Región Chaqueña, Argentina y determinar las especies que presentan características xeromórficas destacadas de acuerdo a los parámetros escogidos.

Los caracteres microscópicos considerados fueron: porosidad, tipo y diámetro de poros, número de poros por mm², índice de vulnerabilidad, longitud de los miembros de vasos, placa de perforación, presencia de traqueidas y espesamientos espiralados.

Las especies estudiadas siguen en el hidrosistema del xilema las tendencias generales observadas en otras regiones de características climáticas similares.

Se observó el predominio de especies con caracteres que contribuyen a la seguridad en la conducción, tales como: porosidad difusa, diámetros tangenciales pequeños, vasos numerosos, con predominio de poros con diferentes combinaciones de múltiples cortos. Los elementos vasculares encontrados son cortos, con placas de perforación simple.

Maytenus vitis-idaea, *Rupretchia apétala*, *Castela coccinea*, *Parkinsonia aculeata* y *Jodinia rhombifolia*, especies que habitan en la región más seca del Parque Chaqueño, son las que poseen mayor cantidad de características xeromórficas de acuerdo a los parámetros escogidos.

PALABRAS CLAVE: Anatomía Ecológica

Arboles

Leño

Región Chaqueña

Argentina

INTRODUCCION

Las interrelaciones entre la estructura de madera y las características climáticas de una región han sido objeto de numerosos estudios. La Anatomía Ecológica ha adquirido importancia en los últimos años, basándose en las correlaciones entre los factores ambientales y ciertos caracteres anatómicos del leño. Con el propósito de comprender los mecanismos responsables de las tendencias evolutivas en el xilema establecidos por Bailey & Tupper

Recibido: 12-5-97

Aceptado para su publicación: 15-1-98

(1914), diferentes autores realizaron hipótesis para explicar las estrategias adaptativas, enfatizando los efectos de ciertos parámetros ecológicos tales como: disponibilidad de agua, temperatura estacionalidad, distribución altitudinal y geográfica con respecto a ciertos caracteres anatómicos cuantitativos (Carlquist, 1975, 1980; Baas, 1976, 1982), citado por Lindorf (1994).

La fisiología comparativa, estudia las características fisiológicas y biofísicas de las plantas, que contribuyen a la adaptación al ambiente donde se desarrollan. Se presume que los vegetales bien adaptados tienen una mayor cantidad de características óptimas que aquellos menos adaptados. Sin embargo, no todas ellas son necesariamente óptimas para la supervivencia de las especies, debido a que las subóptimas, pueden compensarse por otras por lo que hay diferentes estrategias evolutivas. Se asume en todos los estudios que la mayor parte de la variación responsable de las tendencias ecológicas está fijado genéticamente, y que las variaciones observadas son resultado de la selección. (Baas P., Werker 1983). Carlquist (1975) encontró correlaciones positivas entre la estructura de la madera y la ecología.

De acuerdo al hábitat donde los vegetales se desarrollen, serán diferentes las estrategias para optimizar y asegurar la conducción. Las especies arbóreas que habitan en zonas tropicales húmedas tienen su sistema xilemático preparado para conducir grandes volúmenes de agua en poco tiempo. Por ello presentan, en general, maderas de elementos vasculares largos, poros medianos a grandes, y poco numerosos.

Las especies que viven en ambientes áridos y semiáridos, deben estar preparadas para conducir la escasa cantidad de agua distribuida en un período anual determinado. Para asegurar la conducción y disminuir el riesgo de embolia, presentan poros pequeños, muy numerosos y agrupados en racimos o bandas radiales o tangenciales. La naturaleza adaptativa del sistema conductivo de las Dicotiledóneas está mejor estudiado en áreas con un marcado estrés de agua. Aunque en las regiones frías también se produce sequía fisiológica (ya que el agua no está disponible cuando el suelo se hiela), las regiones que son secas y a la vez cálidas ofrecen los ejemplos más claros de cómo el estrés de agua influencia en las adaptaciones en el xilema secundario, (Carlquist, 1985).

Este trabajo tiene por objeto: 1) Interpretar las estrategias adaptativas del hidrosistema del xilema de las especies de la Región Chaqueña (Argentina), y compararlas con las observadas en estudios llevados a cabo en regiones climáticas similares. 2) Determinar las especies que presentan características más xeromórficas, de acuerdo a los parámetros escogidos.

MATERIAL Y METODOS

Características climáticas de la Región Chaqueña:

El Chaco es una gigantesca región de 800.000 km², cubierta por el bosque seco ininterrumpido más grande del territorio sudamericano, con un territorio boscoso donde dominan los bosques abiertos xerofíticos mayormente de hojas pequeñas, y donde los rodales más densos y sombríos se tornan escasos (Hueck, 1978). En Argentina, ocupa la región Noroeste con una extensión de 27.000.000 km².

La región fitogeográfica se divide en Distrito Chaqueño Oriental (Bosque Chaqueño Húmedo) y Distrito Chaqueño Occidental (Bosque Chaqueño Seco). La precipitación dis-

minuye progresivamente de Este a Oeste siendo la precipitación promedio en la parte oriental de 1.199 mm y en la parte Occidental alrededor de 500 mm.

Las características climáticas del Bosque Chaqueño Húmedo son: balance hídrico que varía de levemente positivo (100 mm de exceso) a levemente negativo (100 mm de déficit). El régimen pluviométrico tiene cierta similitud con la Selva Misionera con dos picos de máxima primavera y otoño y dos de mínima invierno y verano. La precipitación oscila entre 1.100 a 900 mm anuales.

El Parque Chaqueño Seco posee un balance hídrico negativo de 100 a 600 mm de déficit hídrico. El régimen pluviométrico es de tipo Monzónico, o sea, que se concentran en el semestre cálido. Los vientos predominantes en la región son los del cuadrante Norte y Sur. En la última parte del invierno y primera parte de la primavera son calientes y secos (Boletta, 1988).

La marcha de la temperatura de esta gran región es la siguiente: en el mes más caliente la temperatura media es de 28° C en la parte Norte y de 26° C en la parte Sur. Toda la Región está incluida en el polo de calor de América del Sur según Prolaska, citado por Boletta (1988) habiéndose registrado 48,9° C en Rivadavia (Salta). En lo que respecta a las temperaturas mínimas se han registrado temperaturas mínimas absolutas de -10° C en algunas localidades de esta formación.

Materiales

Se estudiaron 46 especies pertenecientes a 20 familias de la Región Chaqueña, Argentina (Fig. 1).



Fig.1—Distribución de los Distritos de la Región Chaqueña en la Argentina
Districts of Chaco Region distribution in Argentine

Las especies estudiadas tienen centros de dispersión diferentes. Algunas de ellas habitan solamente en el Parque Chaqueño Seco mientras que otras pertenecen al distrito Chaqueño Húmedo y se adentran en las regiones selváticas de misiones o de Tucumán. Algunas de las especies que habitan en el Parque Chaqueño Seco también se encuentran en la Región del Monte.

Las muestras, fueron colectadas por las autoras, en diferentes viajes a los distritos a que pertenecen cada una de las especies. Las muestras permanecen archivadas en la xiloteca y herbario de la Facultad de Ciencias Forestales, UNSE, Santiago del Estero. En la selección y colección de muestras se siguieron las recomendaciones de las Normas internacionales COPANT N° 30 (1-19) para maderas. Se escogieron cinco individuos maduros, al azar, con un DAP, mayor de 20 cm por especie.

Los preparados anatómicos se obtuvieron de las secciones transversales de madera de cubos de 2,5 cm de lado. La tinción se realizó con coloración triple: crisoidina, acridina roja y azul de astra. Los macerados se realizaron con la técnica Jeffrey (citado por Johansen, 1940). Se deshidrataron los preparados con alcohol 70,80, y 96 grados, posteriormente en xilol. Se los montó en Entellán.

Para el estudio de los elementos del xilema que intervienen en la conducción y seguridad en el transporte del agua, se escogieron los siguientes parámetros:

- Porosidad.
- Tipo de poros.
- Frecuencia de poros por mm².
- Longitud de vasos.
- Tipo de placas.
- Diámetro tangencial de poros.
- Índice de vulnerabilidad.
- Traqueidas vasculares.
- Espesamientos espiralados.

La terminología usada corresponde a IAWA (1989). Se utilizaron los datos cuantitativos (excepto vasos por mm² e índice de vulnerabilidad) de las descripciones de los trabajos: Rasgos estructurales característicos del xilema secundario de las principales especies arbóreas de la Región Chaqueña Seca (1993) y Húmeda (1995) realizados por una de las autoras (Gimenez, 1994, 1995).

El número de vasos por mm² se obtuvieron mediante conteo del número de vasos X 40 A. El diámetro de los vasos se determinó con el espesor de la pared incluida según el criterio de la IAWA. Se realizaron 25 mediciones para la obtención de las medias de cada uno de los parámetros cuantitativos. Se tomaron los valores medios de cada uno de los parámetros medidos siguiendo el criterio de Carlquist, Hoekman (1985) quienes sostienen que los valores medios son más importantes que los extremos, ya que reflejan más que otra expresión cuantitativa la verdadera capacidad funcional de un carácter xilemático específico.

El índice de vulnerabilidad determinado por Carlquist (1977) se obtuvo dividiendo la media del diámetro de vasos por la media de número de vasos por mm². Este índice nos da una idea de la seguridad en la conducción de la madera.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados están detallados en la Tabla 1, se discuten según ese orden.

TABLA 1
CARACTERES ESTRUCTURALES CONSIDERADOS
Structurals characters considered

Especie	Distrito Chaq.	Porosidad	Poros	Diám tang.	N.º vasos/mm²	Largo vasos U	Índice Vull	Placas de perf.	Traq. vasc.	Espesa espi.
Ph. rhamnoides	Oriental	D no U	Solitarios 2-3-4-5	35 (20-50)	138 (98-212.1)	178	0,25	Simple	+	-
Celtis tala	OR-OCC	DnU a SC	Sol 2-4	85 (20-120)	100 (60-150)	260	0,85	Simple	+	-
Clorophora tinctoria	Or-	Du	Soli-2-3-4	112 (60-150)	22 (16-28)	312	5,09	simple	+	-
Jodina rhombifolia	OCC-	Dendrífrica	Agregados	33 (23-42)	537	213	0,06	Simple	+	+
Ruprechtia laxiflora	Or-	Du	2-4 sol	60 (20-120)	18 (7-30)	300	3,33	Simple	-	-
Ruprechtia apétala	Occ	DnU	Multi radial	42 (18-60)	150 (98-210)	168	0,28	Simple	-	-
Pisonia zapallo	Or.	DnU	4-3 Sol	80 (40-150)	(2-12)	170	13,33	Simple	+	-
Capparis speciosa	Occ	DnU	Sol-2-3-4	64	60 (31-120)	150 (100-180)	1,07	Simple	+	-
Capparis tweediana	Occ	DU	4-3-2-agru	80 (50-120)	20 (15-40)	180 (100-200)	4,00	Simple	+	-
Acacia aroma	Occ-Or-	DnU a SC	Sol 2-3	144 (100-180)	25	183 (100-200)	4,80	Simple	-	-
Acacia caven	Or-Occ	D a SC	2-4 Sol -race	110 (80-150)	23 (10-30)	210	4,78	Simple	+	-
Acacia Praecox	Occ	DnU	Sol 2-3-4	50 (30-80)	29,9 (7-77)	200 (150-250)	2,04	Simple	+	-
Anadenanthera colubrina	Occ	DnU	Sol 2-3-4	100 (40-110)	32,8 (14-56)	210	3,03	Simple	-	-
Prosopis alba	Occ-Or	D a SC	Sol.Ge.Rac.	120 (64-215)	24,5 (7-91)	150 (80-220)	4,90	Simple	+	-
P. nigra	Occ	D a SC	2-3-sol	108 (27-230)	33,4 (7-77)	175	3,23	Simple	+	-
P. kunzei	Occ	SC	Sol 2-3-4-5	98 (72-106)	N (10-20)	114-190	4,67	Simple	+	-
P. ruscifolia	Occ	SC	Sol 2-3 racef.	150 (36-230)	25,5 (7-56)	2-dic	5,88	Simple	+	-
P. vinalillo	Occ	SC	Sol. 2-3 race	91 (170-120)	9,5 (6-11)	135	4,55	Simple	+	-
Pithecellobium scalare	Or-	DnU SC	Sol 2-3-4-5	90 (60-140)	20,6 (7-35)	300	4,29	Simple	+	-
Caesalpinia paraguayensis	OCC-Or-	DnU	Sol 2-3-4 race	70 (28-140)	22,7 (14-42)	200 (170-210)	3,04	Simple	+	-
Cercidium australe	Occ	DnU	Sol. race 2-3-4	50 (15-95)	69,5 (21-133)	110-180	5,00	Simple	-	-
Gleditsia amorphoides	Or-	DnU SC	Sol 2-3-4	80 (30-180)	27 (10-30)	155	3,64	Simple	+	-
Parkinsonia aculeata	Occ.	SC	Mul. race-sol	147 (80-180)	27	180	5,44	Simple	+	-
Geofroea decorticans	Occ-Or	D a SC	Sol 2-3	60 (40-100)	EN (40-70)	80-200	1,50	Simple	-	-
Erythrina crista-galli	Occ	DnU	Sol gem	210 (80-450)	PN (2-5)	205 (150-300)	35	Simple	-	-
Fagara coco	Occ	D	Sol 3-4	70 (40-100)	43 (14-70)	350 (180-450)	1,63	Simple	-	-
Castela coccinea	Occ	DnU a Dendr.	Racem	36 (20-50)	194	225	0,19	Simple	+	+
Astronium balansae	Or	DnU	Sol 2-3	80 (70-120)	35 (7-77)	240	2,29	Simple	+	-
Lithraea molloides	Or	DnU SC	3-4	38 (20-60)	99 (56-126)	200	0,38	Simple	+	+
Schinopsis balansae	Or	DnU	2-3-Sol	92 (56-170)	25 (20-30)	168	3,68	Simple	+	-
Sch. queb-col	Occ	DnU	2-3 sol	130 (40-200)	ago-35	237,5	6,34	Simple	-	-

TABLA 1 (Continuación)
CARACTERES ESTRUCTURALES CONSIDERADOS
Structurals characters considered

Especie	Distrito	Chaq.	Porosidad	Poros	Diám tang.	N.º vasos/mm²	Largo vasos U	Índice Vull	Placas de perf.	Traq. vasc.	Espesa espi.
<i>Sc. haenkeana</i>	Serrano	DnU		Sol 2-3-4	87 (50-110)	32 (13-58)	175	2,66	Simple	+	-
<i>Sch. heterophylla</i>	OCC-Or	DnU		Sol 2-3-4	120		160	4,21	Simple	-	-
<i>Schinus molle</i>	Or	DnU		Grup. mult-sol	120 (30-150)	51,7 (21-98,9)	290 (120-370)	2,32	Simple	-	+
<i>M. vitis-idaea</i>	Occ.	D a SC		Sol 2 agrup.	30 (20-45)	124 (80-130)	80-160	0,24	Simple	+	-
<i>M. viscifolia</i>	Occ.	D a SC		Sol 2-3	35	227 (91-315)	392	0,15	Simple	-	-
<i>M. spinosa</i>	Occ.	D a SC		Sol 2-gemin	19	412 (301-630)	217	0,05	Simple	-	-
<i>Diplokeleba floribunda</i>	Or	D U		2-3 sol	85 (27-120)	20 (10-50)	400	4,25	Simple	-	-
<i>Zizyphus mistol</i>	Occ-Or	D		Sol 2	70 (40-90)	22,3 (7-42)	200 (100-360)	3,18	Simple	-	-
<i>Chorisia insignis</i>	Occ-	DnU		Sol 2-4 racem	220 (120-340)	(2-6) 5	230 (100-330)	73,33	Simple	+	-
<i>Chorisia speciosa</i>	Occ-	DnU		Sol 2-4 agreg.	170 (110-248)	(2-6) 4	386 (302-465)	42,50	Simple	+	-
<i>Bumelia obtusifolia</i>	Or-	Dendrítica		Sol 2-3-4	60 (30-75)	36 (7-77)	360	1,67	Simple	+	-
<i>Asp. queb. bco</i>	Occ-Or	DnU		Solitarios	160 (80-240)	16,9 (7-21)	253 (93-434)	9,41	Simple	+	-
<i>Patagonula americana</i>	Or-	Ulmoides		Agrega-sol	70 (35-70)	46 (21-77)	300	1,52	Simple	-	-
<i>Tabebuia ipé</i>	Or.	DnU a SC		Sol 2-3-4	80 (30-200)	42 (28-98)	200	1,90	Simple	-	-
<i>Tabebuia nodosa</i>	Oc.	D a SC		Sol 2-5	37 (20-49)	120	150	0,31	Simple	-	-

Porosidad

En la Figura 2 se observa que el 54 p. 100 de las especies estudiadas presentan porosidad difusa (uniforme 44 p. 100 y no uniforme 8 p. 100), o difusa con tendencia a semicircular (28 p. 100), lo que implica que en la mayoría de los casos no hay gradación en la distribución del tamaño de los poros. Esto se podría interpretar como la necesidad de la planta de disponer del medio, para transportar la escasa cantidad de agua existente (Gilbert, 1940). Ellmore, Ewers (1985), consideran ventajosa para la conducción la presencia de poros dispuestos en anillos. El significado funcional de la porosidad circular es que probablemente permite una conducción rápida en el leño temprano a través de los vasos grandes asegurándose la seguridad mediante vasos pequeños en el leño tardío (Woodcock, 1994). No obstante, es más común observar maderas con porosidad circular en especies de zonas templadas que en regiones áridas o semiáridas.

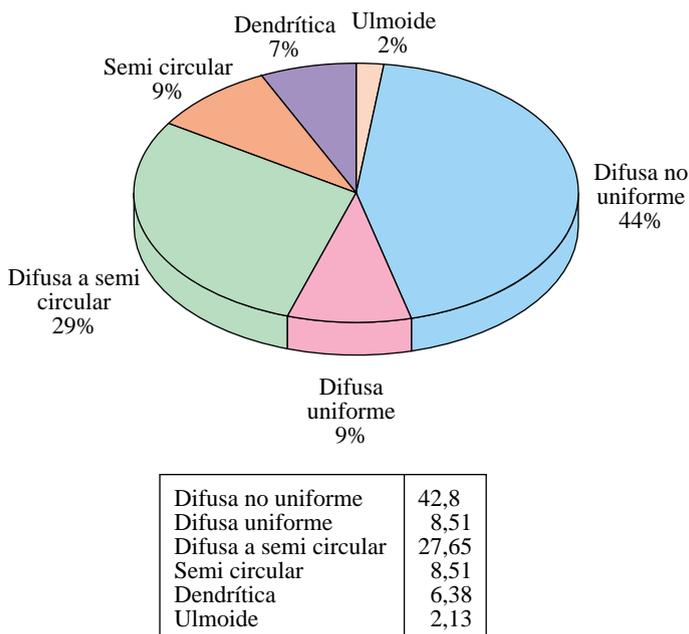


Fig.2—Frecuencia de tipos de porosidad en porcentaje
Ring porosity frequency in percentage

Tipo de poros

Para su mejor interpretación se dividió los tipos de poros en cuatro categorías. En la Tabla 2 se consignan las especies correspondientes a cada una de las categorías. Este carácter se consideró conjuntamente con la presencia de traqueidas vasicéntricas.

- a) Poros solitarios exclusivamente o acompañados por un muy bajo porcentaje de múltiples de 2.
- b) Solitarios con abundante porcentaje de múltiples 2, 3, 4.
- c) Alto porcentaje de múltiples y muy pocos solitarios.
- d) Agregados y racemiformes.

TABLA 2
FRECUENCIA DE TIPO DE POROS
Vessel arrangement frequency

Solitarios	Tipo de poros		
	Múltiples 2-4	Múltiples	Racem. agrup.
A. queb bco	M. viscifolia	R. apetala	C. coccinea
M. viscifolia	M. spinosa	R. laxiflora	J. rhombifolia
E. crista-galli	Ch. insignis	P. nigra	P. americana
Z. mistol	Ch. speciosa	L. molloides	J. rhombifolia
	P. alba	Sch. balansae	Sch. molle
	P. kuntzei	Sch. queb. col.	P. aculeata
	P. vinalillo	D. floribunda	C. twediana
	P. ruscifolia		P. zapallo
	C. paraguariensis		B. obtusifolia
	Ph. rhamnoides		
	Celtis tala		
	A. aroma		
	A. praecox		
	P. scalare		
	A. colubrina		
	G. amorphoides		
	Sch. haenquena		
	Sch. hetrophylla		
	Fagara coco		
	T. ipé		
	T. nodosa		
	B. obtusifolia		
	G. decorticans		
	C. speciosa		
	A. balansae		
	C. australe		

Poros solitarios exclusivamente o acompañados por muy bajo porcentaje de múltiples de 2

De las especies estudiadas, cuatro presentaron poros solitarios (categoría a): *Aspidosperma quebracho-blanco*, *Maytenus vitis idaea* (Fig. 3), *Zizyphus mistol* y *Erythrina crista-galli* (Fig. 4). En las dos primeras, se observó la presencia de traqueidas vasicéntricas con puntuaciones rebordadas. Esto concuerda con lo observado por Lindorf (1994) en la región de Mamo (Venezuela), en *Aspidosperma cuspa*, *Beureria cumanensis* y *Guaiacum officinale* en las cuales el total o casi la mayoría de poros solitarios y el tejido

de base estaba formado por elementos traqueales imperforados: traqueidas vasicéntricas (Fig. 5). La interpretación fisiológica es que los mismos funcionan como un sistema de conducción subsidiario o alternativo que cumplen la misma función que los poros agrupados. Además, en los mismos pudo observarse abundancia de fibrotraqueidas (Fig. 6)

En *Erythrina crista-galli*, no se observaron traqueidas vasicéntricas, probablemente debido a que son innecesarias por ser una especie de hábito higrofitico.



Fig.3—Maytenus vitis-idaea X100 A. Corte transversal, poros solitarios y numerosos a muy numerosos
Maytenus vitis-idaea X100 A. Transverse section, solitary vessels, numerous to very numerous ones

Solitarios con abundante porcentaje de múltiples 2, 3, 4: El 59 p. 100 de las especies, presenta esta combinación de poros, y de ellas, el 71 p. 100 presenta, además, traqueidas vasicéntricas. En la Tabla 2 se observa que la mayor parte de las especies de leguminosas se encuentran en esta categoría. Un ejemplo es *Prosopis vinalillo* (Fig. 7) y *Cercidium australe* (Fig. 8).

Alto porcentaje de múltiples y muy pocos solitarios: el 14 p. 100 de las especies presentan este carácter. Ellas son: *Rupretchia apetala*, *R. laxiflora*, *Capparis twediana*, *Schinopsis balansae*, *S. quebracho-colorado*, *Lithraea molloides* y *Diplokeleba floribunda*. De las mismas sólo dos tienen traqueidas vasicéntricas.

Vasos agregados y racemiformes: las especies que presentan este tipo de poros son: *Castela coccinea*, *Schinus mollee*, *Patagonula americana* (Fig. 9), *Jodina rhombifolia* (Fig. 10), *Parkinsonia aculeata*, *Pisonia zapallo* que representan un 12,8 p. 100 del total de las especies de las cuales sólo *Jodina rhombifolia* presenta traqueidas vasicéntricas. Ello confirmaría la hipótesis de que las mismas forman un sistema subsidiario de conducción, necesario cuando no existen los vasos agrupados.



Fig.4—Poros solitarios X400A en *Erythrina crista-galli*
*Solitary vessels X400A in *Erythrina crista-galli**



Fig.5—Sección radial con traqueidas y fibrotraqueidas de *Aspidosperma quebracho-blanco* X250A
*Radial Section, vasicentric tracheids in *Aspidosperma quebracho-blanco* X250A*



Fig. 6—*Maytenus vitis-idaea* X250 A. Corte tangencial con fibrotraqueidas
Maytenus vitis-idaea X250 A. Tangencial section with fibre-tracheids



Fig. 7—*Prosopis vinalillo* X 320A, transversal, porosidad con tendencia a semicircular, abundantes múltiples cortos
Prosopis vinalillo X 320A, transversal section, diffuse-porous with tendency to semi-ring-porous

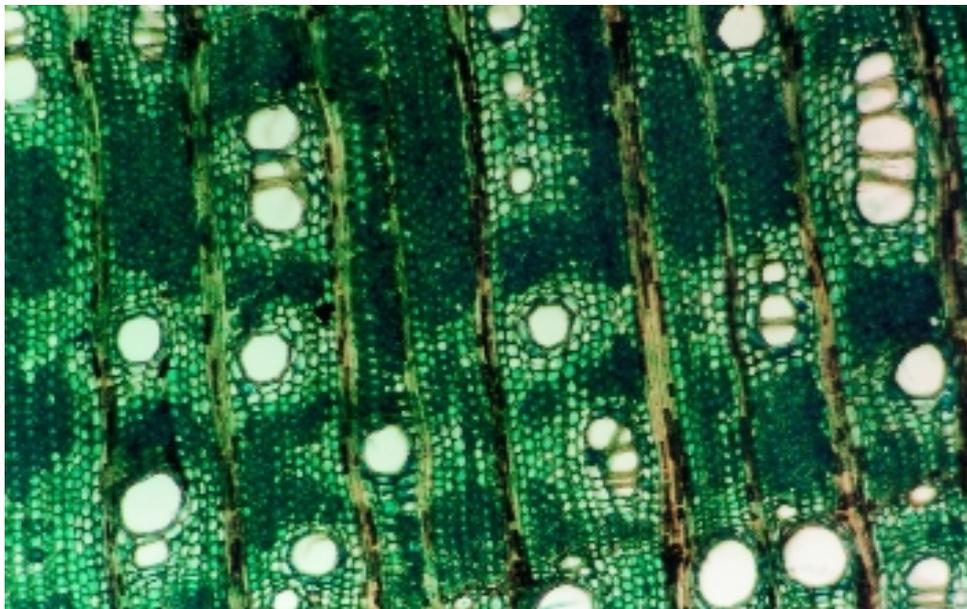


Fig. 8—Cercidium australe múltiples cortos y largos
Cercidium australe short and long vessels

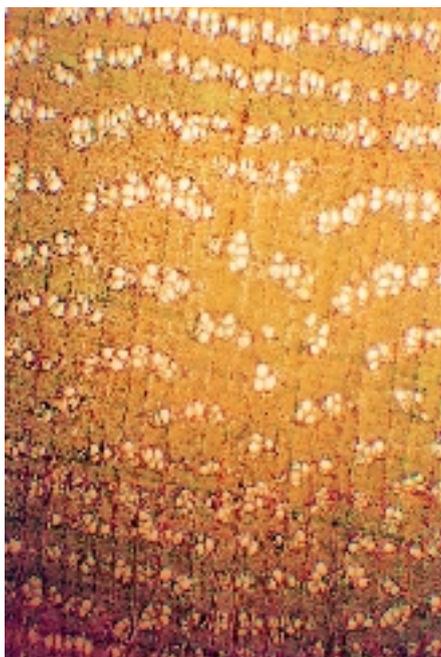


Fig. 9—Patagonula americana X32 A, porosidad ulmoide
poros racemiformes. X100 A
Patagonula americana X32 A, vessel clusters in tangential
bands. X100A

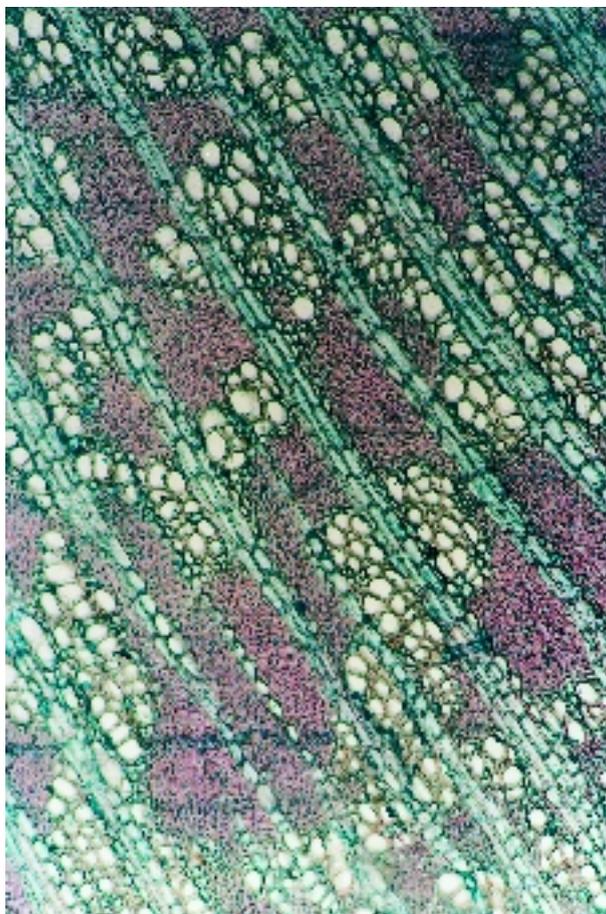


Fig. 10—*Jodina rhombipholia* X 100 A porosidad dendrítica poros racemiformes
Jodina rhombipholia X 100 A vessel clusters in dendritic pattern

La alta frecuencia de vasos agrupados es un carácter xeromórfico, citado por numerosos autores: Chalk (1937); Baas, Carlquist (1985); Baas *et al.* (1983); Barajas-Morales (1985); Carlquist (1966, 1977, 1980, 1984); Fahan *et al.* (1986); Webber (1936). En estudios realizados por Lindorf (1994) en Mamo, Venezuela, una región con precipitaciones anuales de 558 mm. (bosque muy seco tropical), encontró que predominaban las especies con maderas xeromórficas representadas por: vasos numerosos múltiples o agrupados, con diámetros pequeños, y vasos muy cortos. Carlquist (1966) encontró en algunas familias un incremento en vasos agrupados proporcional a la sequía del sitio. Los vasos agrupados permiten una mayor seguridad en la conducción, ya que disminuye el riesgo por embolia. Giménez, Moglia, Juárez (1993) encontraron un aumento de vasos racemiformes y agregados en *Prosopis kuntzei* con el aumento de la aridez.

Diámetro tangencial de poros y número de poros por mm²

El 53,2 p. 100 de las especies poseen diámetros tangenciales pequeños (50-100 μ), a muy pequeños (menor que 50 μ).

Con respecto al número de poros por mm², el 68 p. 100 (obtenido mediante la suma de las tres categorías) presentó una frecuencia entre 20 y 100 poros por mm². En la Tabla 3, se observa una cierta relación inversa entre el tamaño de los vasos y su frecuencia (número de poros por mm²). Hay bastante concordancia entre lo observado en el Chaco y las observaciones de Baas (1973) quien encontró una evidente correlación inversa entre el diámetro tangencial de poros y su número de poros por mm² en *Ilex*. Carlquist (1977) confirmó lo encontrado por Baas. También Barajas (1985) encontró el mismo tipo de correlación entre estos dos parámetros.

TABLA 3

NUMERO DE POROS POR MM². DIAMETRO TANGENCIAL DE POROS

Number of vessel for mm². Tangencial vessel diameter

Número de vasos por mm ² (frecuencia)					Diámetro tangencial de poros			
< 5	5 <= 20	20 <= 40	40-100	>= 100	<= 50	50-100	100-200	>= 200
P. zapallo	C. twediana	C. tinctoria	C. speciosa	Cas coccinea	P. rhamnoides	C. tala	C. tinctoria	E. crista-galli
E. crista-galli	R. laxiflora	A. aroma	F. coco	P. rhamnoides	J. rhombifolia	R. laxiflora	A. aroma	Ch. insignis
Ch. insignis	C. australe	A. caven	L. molloides	C. tala	R. apétala	P. zapallo	A. caven	
Ch. speciosa	D. floribunda	A. praecox	Sch. molle	R. apétala	A. praecox	C. speciosa	P. alba	
	A. queb. bco	A. colubrina	P. americana	M. vitis idaea	C. australe	C. twediana	P. nigra	
		P. alba	T. ipé	M. viscifolia	C. coccínea	A. colubrina	P. ruscifolia	
		P. nigra		M. spinosa	M. vitis-idaea	P. kuntzei	Par. aculeata	
		P. ruscifolia		T. nodosa	M. viscifolia	P. vinalillo	Sch. queb. col.	
		P. vinalillo		J. rhombifolia	M. spinosa	C. paraguayensis	Sch. heterophylla	
		C. paraguayensis				G. amorphoides	Sch. molle	
		G. decorticans				Pit. scalare	A. queb. bco.	
		P. scalare				G. decorticans	F. coco	
		G. amorphoides					B. obtusifolia	
		P. aculeata					D. floribunda	
		Z. mistol					A. balansae	
		B. obtusifolia					Sch. balansae	
		A. balansae					Sch. kaenkeana	
		Sch. balansae					Z. mistol	
		Sch. queb. col.					T. ipé	
		Sch. haenqueana					Ch. speciosa	
		Sch. heterophylla						

Longitud de los elementos vasculares

El 98 p. 100 de los elementos vasculares se encuentran en la categoría de elementos de vasos cortos, entre 100-178 μ , para los valores más bajos (*Maytenus vitis-idaea*, *Tabebuia nodosa*, *Rupretchia apétala*). Las especies *Fagara coco*, *Diplokeleba*

floribunda, *Chorisia speciosa*, *Bumelia obtusifolia* poseen valores mayores a 350μ (vasos medianos) hasta 400μ . Estas especies pertenecen al Parque Chaqueño Húmedo por lo que habría una cierta relación entre el largo de los elementos vasculares y el hábitat. Esto concuerda con lo observado por Lindorf (1994) en la Región de Mamo donde el 84,4 p. 100 de las especies presentaban elementos vasculares cortos. En la flora del Sur de California y en el bosque deciduo de Chamela (México) el 86,1 p. 100 y el 84,2 p. 100, respectivamente de las especies presentaban este carácter. Carlquist (1966) sostiene que la longitud de los elementos vasculares disminuyen con la aridez, Novruzova (1972) correlaciona el acortamiento de la longitud de los vasos con el xerofitismo.

Los elementos vasculares más cortos son más fuertes a causa de la constricción formada por cada pared aún aquellos que tienen placa de perforación simple, que permiten resistir grandes presiones y deformaciones relacionadas con las tensiones de las columnas de agua (Carlquist, 1975). Otra posibilidad es que vasos cortos son capaces de reducir el embolismo en mayor grado que los vasos largos.

Índice de vulnerabilidad

Los rangos encontrados varían entre 0,05 y 42. Ante un rango tan amplio se decidió dividirlo en tres intervalos variables. En la Tabla 4 se enumeran las especies pertenecientes a cada uno de estos intervalos para una mejor observación.

Los valores más bajos se encontraron en *Maytenus spinosa*, *M. viscifolia*, *M. vitis idaea* (0,05-0,015), *Rupretchia laxiflora* y *Jodina rhombifolia* (0,06), *Rupretchia. apétala* (0,28), *Castela coccinea* (0,19), *Tabebuia nodosa* (0,31), *Celtis tala* (0,85), *Capparis speciosa* (1,07) y *Geoffroea decorticans* (1,5). Estos valores indicaron alto valor de "redundancia" o bajos valores de vulnerabilidad. Estas fueron las especies con las maderas más xeromórficas encontradas. En diferentes floras de Australia, Carlquist encontró que los valores de estos índices seguían la misma secuencia que el probable meso o xeromorfismo de las especies y sus hábitats. Basado en los datos de lluvia, concluyó que este índice es útil como un indicador ecológico.

Las especies de *Prosopis* y *Acacias*, géneros característicos de zonas áridas y semiáridas, tuvieron índices relativamente altos (3-5). Estos fueron similares a los encontrados por Lindorf (1994) y Carlquist (1985). La explicación podría encontrarse en el efecto "mitigante" de la presencia de otros órganos vegetales adaptados al xerofitismo. En este caso se debería a las raíces freatófitas (Carlquist, 1977; Rury, Dickinson, 1984).

Los valores más altos de este índice se encontraron en *Erythrina crista-galli* (42) especie que habita en lugares muy húmedos del Parque Chaqueño cercano a cursos de agua y fue citado por Tortorelli (1953) como higrofitico. *Chorisia insignis* (45) y *Chorisia speciosa* (42) habitan, además de esta zona, en las selva tucumano-boliviana el primero y en la selva misionera el segundo. El índice funcionó bien en las especies del Chaco sobre todo con los valores extremos, pero con los valores medios no se observó una gradación lógica evidente, debido a que especies representantes del Parque Chaqueño Húmedo como *Phyllostylon rhamnoides*, *Tabebuia ipé* o *Patagonula americana*, presentaron índices más bajos que otras especies de lugares más áridos.

TABLA 4
INDICE DE VULNERABILIDAD
Vulnerability index

1.er rango	2.º rango	3.er rango
M. spinosa	P. americana	Ch. speciosa
J. rhombifolia	F. coco	Ch. insignis
M. viscifolia	B. obtusifolia	E. crista-galli
Castella coccinea	T. ipé	
M. vitis-idaea	A. praecox	
P. rhamnoides	C. coccínea	
R. apetala	Sch. molle	
T. nodosa	Sch. haenkana	
L. molloides	A. colubrina	
Celtis tala	C. paraguariensis	
C. speciosa	D. floribunda	
G. decorticans	P. nigra	
	R. laxifora	
	G. amorphoides	
	Sch. amorphoides	
	Sch. balansae	
	C. twediana	
	Sch. heterophylla	
	Z. mistol	
	P. scalare	
	P. vinalillo	
	P. kuntzei	
	A. kuntzei	
	A. caven	
	A. aroma	
	A. colubrina	
	C. australe	
	P. alba	
	P. aculeata	
	P. ruscifolia	
	Sch. queb.-col.	
	A. queb. bco	
	P. zapallo	

Placa de perforación

El 100 p. 100 de las especies presentó placa de perforación simple, lo cual es un resultado coherente con la hipótesis de la presión selectiva, ya que ésta desempeña un papel predominante en la dirección de la evolución del xilema. Carlquist (1975) notó que en *Violaceae* y *Ericaceae* había una variación en el tipo de placa de perforación relacionada con la ecología o hábitat de los géneros involucrados. Los géneros mesofíticos se caracterizaban por poseer placas de perforación escalariformes, mientras que aquellos xéricos y lianas tenían perforaciones simples.

Espesamiento espiralados

Presentan este carácter: *Castela coccinea*, *Schinus molle* y *Jodina rhombifolia*. Los espesamientos espiralados se encontraron más comúnmente en las especies del Mediterráneo y las floras de regiones templadas, siendo infrecuentes tanto en la flora de la zona árida subtropical del Medio Este y la mélica a estacional flora seca tropical (Baas, 1983).

Todas las tendencias observadas en esta región son similares a las encontradas en otros lugares con características de humedad similares. En Mamo, Venezuela, una región con precipitaciones anuales de 558 mm en bosque muy seco tropical, Lindorf (1994) encontró que predominaban las especies con maderas xeromórficas representadas por vasos numerosos agrupados en múltiples, con diámetros pequeños, muy pequeños, vasos muy cortos y puntuaciones pequeños. Estas características se encontraron en otras especies de zonas áridas (Baas, Carlquist, 1985; Baas *et al.*, 1983; Barajas-Morales, 1985; Carlquist, 1966, 1977, 1980, 1984; Fahan *et al.*, 1986; Webber, 1936). Las tendencias encontradas para miembros de vasos es de tener elementos más cortos, decrecer en diámetro y aumentar el espesor de la pared celular ya que estos caracteres se consideran ventajosas en la prevención del colapso bajo las condiciones de presiones negativas. El mismo autor cita como indicadores de xerofitismo: numerosos vasos por mm², vasos pequeños, elementos de vasos cortos, número grande de vasos por grupo, presencia de traqueidas vasicéntricas, espesamientos helicoidales y anillos de crecimiento demarcados (Carlquist, 1985).

CONCLUSIONES

Las especies estudiadas siguen en el hidrosistema del xilema las tendencias generales observadas en otras regiones de características climáticas similares.

Existe predominancia de especies con caracteres que contribuyen a la seguridad en la conducción de agua:

Porosidad: la mayoría de las especies muestran porosidad difusa.

Vasos: poseen diámetros tangenciales pequeños, numerosos, con predominio de poros con diferentes combinaciones de múltiples cortos.

Elementos vasculares: cortos, con placas de perforación simple.

Espesamientos espiralados: no es característico, ni frecuente, sólo en tres especies.

Existe una cierta correlación entre la presencia de traqueidas vasicéntricas y el grado de agrupamiento de los vasos. En aquellos casos en los que se observó la presencia de vasos solitarios en exclusividad, los mismos estaban asociados a la presencia de traqueidas vasicéntricas. En aquellas especies con predominio de vasos racemiformes no se observó este carácter.

Índice de vulnerabilidad: el índice funcionó bien en las especies del Chaco sobre todo con los valores extremos, pero en los valores medios no se observó una gradación lógica evidente.

De acuerdo a los parámetros escogidos y realizando un ranking con los mismos, se destacan con mayor cantidad de características xeromórficas *Maytenus vitis-idaea*, *Rupretchia apetala*, *Castela coccinea*, *Parkinsonia aculeata*, *Jodina rhombifolia*, especies pertenecientes a la región más seca del Parque Chaqueño.

Presentaron características mesomorfas *Pisonia zapallo* y *Erythrina crista-galli*, esta última con hábitos higrofiticos.

Phyllostylon rhamnoides una especie que habita en el Parque Chaqueño Húmedo Selva Tucumano boliviana (pisos de baja montaña), y que presenta caracteres estructurales considerados xeromorfos.

SUMMARY

Hidrosystem anatomical features of principal woody plants of Chaco, Argentina

Selected wood anatomy characters of forty six species of the principal trees of the Chaco Region were studied in order to analyze the hydraulic conductivity and safety of the xylem system, and compared with data from other habitats.

Wood microscopic features considered were: ring porosity, vessel arrangement, tangential vessel diameter, number of vessels per mm², Vulnerability Index, vessel element length, perforation plate, helical thickening and tracheas.

A predominance of characters that probably contribute to hydraulic safety was observed: diffuse porous, numerous grouped or multiple vessels of small diameter, short vessel elements, with simple perforation plate.

Maytenus vitis-idaea, *Rupretchia apetala*, *Castela coccinea*, *Parkinsonia aculeata*, *Jodina rhombifolia* species of the driest part of Chaco Region, present the most xerophytic features.

KEY WORDS: Ecological Wood Anatomy
Trees
Chaco Region Argentina

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BAAS P., CARLQUIST S., 1985. A Comparasen of The Ecological Wood Anatomy of The Floras of Southern California And Israel. IAWA Bull. n.s. 6 (4) 349-353.
- BAAS P., MILLER R., 1985. Functional and Ecological Wood Anatomy. Proceedings of Martin Zimmermann memorial symposium . Repr. from IAWA Bull. n.s. 6 (4).
- BAAS P., 1976. Some Functional and adaptative aspects of vessel member morphology.
- BAAS P., 1982. Systematic, phylogenetic and ecological wood anatomy-History and perspectives. In: P. Baas (ed.), New Perspectives in wood anatomy: 23-58. Nijhoff/Junk, The Hague.
- BAAS P. E., WERKER, FAHN, 1983. Some Ecological trends in vessel characters. IAWA Bulletin N.s. Vol 4 (2-3). pp. 141-158.
- BAAS P., 1973. The wood anatomical range in Ilex (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance. Blumea 21: 193-258.
- BAILEY I.W., 1920. The cambium and its derivative tissues. II Size variation of cambial initial in Gymnosperms and Angiosperms. Amer. J. Bot 7: 355-67.
- BARAJAS-MORALES J., 1985. Wood Structural Differences Between trees of two Tropical Forests in Mexico. IAWA Bull. ns. Vol 6 (4) 355-365.
- BISSING D.R., 1982. Variation in qualitative anatomical features of the xylem of selected dicotyledonous woods in relation to water availability. Bull Torrey Bot Club 109: 371-384.
- BOLETTA P. E., 1988. Clima (cap.1) pag 7-21. En Desmonte y Habilitación de Tierra de la Región Chaqueñas Semiárida de la Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.
- CARLQUIST S., 1966. Wood anatomy of Compositae: a summary with comment on factors controlling wood evolution. Aliso (2): 25-44.
- CARLQUIST S., 1975. Ecological strategies of xylem evolution. Univ California Press. Berkeley, 259 pp.
- CARLQUIST S., 1977. Ecological factors in wood evolution, a floristic approach. Ann. J. Bot 6: 887-896.
- CARLQUIST S., 1980. Further concepts in ecological wood anatomy, with comments on recent work and evolution. Aliso 9: 499-553.
- CARLQUIST S., 1984. Vessel grouping in Dicotyledons wood: Significance and relationships to imperforate tracheary elements. Aliso 10: 505-525.
- CARLQUIST S., 1988. Comparative Wood Anatomy. Springer, Verlag.

- CARLQUIST S., HOECKMAN D.A., 1985: Ecological wood anatomy of the woody southern California flora. IAWA Bull ns (new series) 6: 319-347.
- COPANT 1974. Comisión Panamericana de Normas Técnicas N° 30: 1-19. Descripción de las características generales, macroscópicas y microscópicas de la madera.
- COPANT 1974. Comisión Panamericana de Normas Técnicas N° 458. Maderas. Selección y colección de muestras.
- CHALK L., PHIL M.A.D. 1937: The phylogenetic value of certain anatomical features of Dicotyledons woods. In Annals of Botany N.S. Vol. 1, No 3, July 1937, pp. 409-427.
- DEN OUTER R.W, VAN VEENENDAAL, W. L. H., 1970. Variation in Wood Anatomy of Species with distribution covering both rain forest and savanna areas of Ivory-Cost, west-Africa. Leiden Botanical Series N° 3, pp.182-195.
- FAHN A., WERKER E., BAAS P., 1986. Wood anatomy and identification of trees and shrubs from Israel from Israel and adjacent regions. The Israel Academy of Sciences and humanities, Jerusalem.
- FAHN A., 1964. Some Anatomical Adaptations of Desert Plants. Phytomorphology. Vol. 14. No 1.
- GIMENEZ A. M., 1993. Rasgos estructurales característicos del xilema secundario de las principales especies arbóreas de la Región Chaqueña Seca. Rev Quebracho, N° 1, pp. 5-14.
- GIMENEZ A. M., 1994. Rasgos estructurales característicos del xilema secundario de las principales especies arbóreas de la Región Chaqueña Húmeda. En Actas de II Jornadas Técnicas Forestales del Parque Chaqueño. Sgo del Estero.
- GIMENEZ A., MOGLIA G., y JUAREZ M. L., 1993. Variabilidad ecológica de *Prosopis Kuntzei*. (Harms). Influencia del déficit hídrico en la estructura interna. En Actas del Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Comisión V Bosques Nativos.
- HESS R., 1950. Classification of the wood parenchyma in Dicotyledons. Trop. Woods 96, 1-10.
- HUECK K., 1978. Los bosques de Sudamérica. Ecología, composición e importancia económica. Pub. Soc. Alemana de Cooperación Técnica, Lta. (GTZ).
- IAWA COMMITTEE, 1989. IAWA List of Microscopic features for hardwood identification. IAWA Bulletin n.s. 10(3): 219-332. In Wood Structure in Biological and technological reaserch (eds. P. Baas, A.J. Bolton, D.M. Catling), pp.157-181. Leiden Botanical Series N° 3. Leiden Univ. Press, The Hague.
- JOHANSEN D.A., 1940. Plant Microtechnique. McGraw-Hill, New York.
- LEDESMA N. R., Boletta P. E., 1972. Clima de las regiones forestales argentinas. VII Congreso Forestal Mundial 4-18 de octubre de 1972. Bs. As. Argentina.
- LINDORF HELGA, 1994. Eco-anatomical Wood Features of Species from a Very Dry Tropical Forest. IAWA Vol 15(4): 361-376.
- METCALFE Y., CHALK L., 1950. Anatomy of Dicotyledons. 2 Vol. Claredon Press, Oxford.
- NOVRUZOVA Z., 1972. The effect ofecological conditions on relation of ring with to solid matterin trees and shrubs. For. Abstr. 34:42.
- RURY P. M., DICKINSON, 1984. Structural correlations among wood, leaves and plant habit. In: R. A. White, W. C. Dickinson (eds.); Contemporary problems in plant anatomy: 495-540. Acedmic Press, New York, London.
- RURY P. M., 1985. Systematic and Ecological Wood Anatomy of the Erythroxylaceae. IAWA Bull. n.s. Vol. 6(4) 365-395.
- SUZUKI M., YODA K., SUZUKI H., 1996. Phenological Comparison of the Onset of Vessel Formation Between Ring-Porous and Diffuse-porous deciduos trees in Japanese Temperate Forest. IAWA Journal, Vol 17 (4), 431-444.
- TORTORELLI L., 1956: Maderas y Bosques Argentinos. Bs.As. ACME, 910 pp.
- VAN DER GRAFF N. A., BAAS P., 1974. Wood Anatomical variation in relation to Latitude and altitude. Blumea 221.01-121.
- WEBBER I.E., 1936. The woods of scleropyllous and desert plants of California. Am. J. Bot. 23:18-188.
- WOODCOCK D. W., 1994. Occurrence of Woods with a gradation in vessel diameter across the ring. IAWA Journal Vol. 15 (4), pp. 377-385.