

Tendencias de Variación radial del leño en *Aspidosperma quebracho blanco*

J.G. Moglia, C.R. López *

Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional
de Santiago del Estero
Avda. Belgrano 1912 (S), Cp.4200 Santiago del Estero, Argentina.
vimog@unse.edu.ar

RESUMEN

Este estudio determina el patrón de variación de los caracteres anatómicos del leño en *Aspidosperma quebracho-blanco*, una de las especies de mayor importancia comercial del Parque Chaqueño Seco, Argentina. Se utilizaron 10 árboles adultos, cinco por cada sitio, del bosque nativo. Sobre rodajas extraídas de a 1,30 mts de altura se determinó la incidencia del sitio, árbol, y distancia radial sobre la variabilidad de: área de poros, diámetro de fibras, diámetro de lumen de fibras, espesor de pared, porcentaje de poros, porcentaje de fibras, porcentaje de parénquima y porcentaje de radios.

El diseño consistió en un muestreo multietápico con submuestras de orden jerárquico. Para el análisis estadístico se utilizó un modelo anidado con efecto aleatorio en sitio y árboles y fijo en distancias radiales a la médula. La estimación de los componentes de varianza fue realizada por el método de Máxima Verosimilitud Restringida.

Los resultados mostraron que la distancia a la médula es la fuente de variación más importante en los caracteres anatómicos analizados en los caracteres estudiados. Se encontraron diferencias significativas entre árboles en las variables área de poros, porcentaje de fibras, y porcentaje de radios. No se encontraron diferencias significativas entre sitios en ninguno de los caracteres estudiados.

Las variables diámetro de fibras, espesor de pared y porcentaje de poros tienen una tendencia radial ascendente. El diámetro de lumen de fibras, porcentaje de fibras, y porcentaje de radios no tienen una tendencia definida. Las variables diámetro de fibras y espesor de pared crecen en forma más acentuada hasta una distancia de 10,5 cm.

Hasta los 17 cm de radio, no se observó la estabilización de los elementos anatómicos estudiados, que caracterizan a la madera madura.

PALABRAS CLAVES: Xilema
Variación radial
Quebracho-blanco

* Autor para correspondencia
Recibido: 2-6-00
Aceptado para su publicación: 14-2-01

INTRODUCCIÓN

La madera es un material heterogéneo altamente variable y anisotrópico, originado a partir del cambium. Esta variabilidad que permite que sea utilizada en múltiples usos puede ser una desventaja si se tiene en cuenta que la industria requiere materia prima uniforme para la elaboración de productos de calidad homogénea. La aptitud de la madera como materia prima está asociada con el grado de variabilidad de los caracteres anatómicos estructurales. La estructura de la madera varía entre especies, dentro de cada especie, entre árboles, y aun dentro de cada ejemplar, además de las fuentes geográficas (Zobel y Van Buijtenen, 1989). En consecuencia, la estructura de la madera es notablemente heterogénea como resultado de la influencia de factores intrínsecos (genéticos) y extrínsecos (ambientales). La naturaleza e intensidad de la influencia de estos factores sobre los elementos anatómicos pueden diferir según la especie o el género.

Las propiedades y características de uso de una madera pueden definirse de manera satisfactoria mediante pruebas directas, pero debido a que son costosas y en muchos casos generalmente destructivas, sólo pueden aplicarse en escala reducida. Sin embargo, hay se buscan ciertos rasgos de la madera que son buenos indicadores de sus propiedades y usos, y que permiten ser utilizados como índices de calidad (Burley y Wood, 1979).

La variación de los elementos longitudinales en sentido radial está sujeta en la mayoría de los casos a factores ontogénicos. Las variables más utilizadas en estudios sobre variabilidad son la densidad, la longitud de fibras y el porcentaje del tejido fibroso (fibras libriformes y fibrotraqueidas) por ser el constituyente de mayor proporción de la madera. El patrón de variación cambia según el carácter considerado, la especie y el sitio. Es por ello el afán de los investigadores en estudiarlos y traducirlos en modelos cuantitativos (Burley, 1979).

Paraskevopoulou (1991) encontró, en *Cupressus sempervirens*, que el espesor de las paredes de las traqueidas aumenta con la edad.

En latifoliadas se efectuaron estudios sobre variabilidad en diferentes especies: en *Neolamarckia cadamo*, *Antrocephalus chinensis* (Ismail *et al.*, 1995); en *Populus* (Peszlen, 1994); en *Eucalyptus* (Jorge *et al.*, 2000); en *Quercus* (Helinska-Raczowska y Fabisiak, 1991); en *Hyeronima alchornoides* (Butterfield *et al.*, 1993).

En esta última década se han realizado numerosos trabajos que además de la longitud de fibra y la densidad básica (el parámetro que resume la calidad de la madera), incluyen los vasos, y el tejido parenquimático. Fujiwara *et al.* (1991) encontraron en 50 latifoliadas japonesas, que los parámetros que mejor correlacionan con la densidad básica son espesor de pared de las fibras, porcentaje de material fibroso y volumen de radios. Ezell (1979) pudo predecir el comportamiento de la densidad básica en *Liquidambar styraciflua* con la proporción de vasos y fibras.

Mc Donald, *et al.* (1995) encontraron que el incremento de la densidad en *Heliocarpus appendiculatus*, a lo largo del radio, se correlaciona con el aumento del porcentaje de fibras, espesor de pared y disminución del parénquima. Bosman *et al.* (1994) estudiaron la variabilidad radial y longitudinal en tres Dipterocarpaceas y encontraron que el porcentaje de fibras, porcentaje de poros y densidad básica siguen las mismas tendencias en árboles nativos e implantados de las mismas especies.

En Argentina *Aspidosperma quebracho-blanco* (Schlecht), Apocinaceae, es una de las especies de mayor importancia comercial en la Región Chaqueña. Esta región es una extensa planicie donde predominan masas boscosas de hoja caduca, muy heterogéneas, al-

ternando con abras y pampas de extensión variable cuyo origen es edáfico o por acción del fuego.

La vegetación dominante es el bosque subtropical xerófilo. La comunidad clímax está representada por quebracho colorado santiagueño (*Schinopsis quebracho-colorado*) y quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*). En la actualidad estos bosques se encuentran aprovechados en diferentes intensidades, con áreas muy afectadas por el fuego, por lo que ya no existen rodales vírgenes.

Aunque el quebracho blanco ha sido utilizado predominantemente para la elaboración de los productos tradicionales (carbón, leña y durmientes), se encuentra entre las especies nativas que aportan el mayor volumen de material aserrado. El color claro y vetado espigado de su madera junto al acabado óptimo en las piezas trabajadas, la coloca entre las más interesantes para uso en carpintería, parques y tornería. La madera de quebracho blanco, si bien tiene buenas características tecnológicas en relación con la dureza y trabajabilidad, tiene problemas en algunas aplicaciones debido a su escasa estabilidad dimensional y su tendencia a sufrir contracciones y alabeos, además de su alta higroscopicidad. Esta inestabilidad y las consecuentes limitaciones en el uso, motivaron diferentes trabajos orientados a mejorar la estabilidad dimensional (Besold y Moreno, 1988). No existen trabajos sobre variabilidad y calidad de madera en esta especie.

En este artículo se publica parte del trabajo sobre quebracho blanco en el que se estudiaron 14 variables anatómicas y el crecimiento en quebracho blanco.

Objetivos

Determinar la incidencia de los árboles y el sitio sobre la variabilidad de los caracteres del leño y las tendencias de variación en sentido radial de estos caracteres.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron ejemplares de *Aspidosperma quebracho-blanco* Schlecht con diámetros superiores a los 30 cm extraídos de dos sitios de la Región Chaqueña Seca, Santiago del Estero, Argentina. Los ejemplares seleccionados corresponden a árboles dominantes sanos sin daños visibles y de fuste recto, de acuerdo a las recomendaciones de Burley y Wood (1979).

El clima del área de estudio pertenece al tipo subtropical de estepas y montes esteparios de tipo continental con veranos muy calientes e inviernos fríos y con períodos de lluvia y de sequía bien delimitados (Boletta *et al.*, 1989).

La extracción de las muestras se realizó en dos sitios: La María y El Desierto en la provincia de Santiago del Estero, Argentina (Fig. 1). De acuerdo a la clasificación de Thornwaite (1957), estos sitios pertenecen al tipo climático correspondiente al semiárido mesotérmico, con nulo o pequeño superávit hídrico. Las precipitaciones se concentran en diciembre, enero y febrero y el balance hídrico es negativo en todos los meses del año (Juárez, 1998). En El Desierto el estrato arbustivo contiene mayor número de especies que en La María.



Fig. 1.—Localización de los sitios de estudio

En La María la textura del suelo corresponde a las clases franco limoso y franco arenoso (Lorenz, 1995) y se clasifican como *Regosoles* (FAO-UNESCO, 1988, citado por Lorenz, 1995). Los suelos del sitio El Desierto se ubican en la Paleo-Planicie Aluvial del Río Salado, y se clasifican como *Mollisoles*.

Las características climáticas de ambos sitios se detallan en la Tabla 1:

Tabla 1

Datos climáticos La María, a 28° 03' LS y 64° 15' LO, 169 m s.n.m. y de Los Pirpintos a 20° 75' LS y 62° 04' LO

	Temperatura media del mes más cálido (enero)	Temperatura media del mes más frío (julio)	Precipitación anual (mm)	Evapo-transpiración Potencial Media Anual (mm)	Déficit anual aproximado (mm)
La María	26,1 °C	10,6 °C	579 mm	1.011	432 mm
Los Pirpintos	28,0 °C	15,6 °C	614 mm	1.174	560 mm

Fuente: E.E.A.-INTA. La María Santiago del Estero y Dirección de Recursos Hídricos de Santiago del Estero.

Se utilizaron 10 ejemplares adultos (5 árboles por sitio). Los árboles seleccionados constituyeron el centro de una parcela circular de 1.000 m² y con una distancia entre sí suficiente (mayor de 300 ms), para evitar árboles estrechamente relacionados entre sí por consanguinidad (Palmberg, 1980).

Se extrajeron probetas de 2 cm de arista, sobre el radio Norte de la sección transversal, a 1,30 m. Se tomaron cinco probetas comenzando a 2 cm de la médula (Butterfield *et al.*, 1993; Bosman *et al.*, 1994) y dejando un cm entre cada muestra. Las distancias fijas utilizadas son las siguientes:

Denominación	Distancia Media de la muestra
D1	3,5 cm
D2	6,5 cm
D3	9,5 cm
D4	12,5 cm
D5	15,5 cm

Se consideró conveniente trabajar con distancias a la médula y no con edad debido a la presencia de anillos inconclusos anillos falsos. Además la edad y el radio tienen una correlación lineal. Varios autores (Butterfield *et al.*, 1993; Bosman *et al.*, 1994; Lei *et al.*, 1996) toman distancia como referencia cuando los anillos son poco visibles o la determinación de la edad difícil.

Las probetas fueron hervidas veinte horas, para su ablandamiento y se realizaron secciones con micrótopo de carro. Las mismas se tiñeron con coloración triple de acridina-crisoidina y azul de astra. Se deshidrataron en una secuencia creciente de alcoholes y se montaron en entellán. Sobre estas secciones se realizaron 25 mediciones de cada uno de los elementos anatómicos considerados según las recomendaciones del Comité de la IAWA (International Association of Wood Anatomists, 1989), para la obtención de los promedios correspondientes. Los datos de vasos por mm² se obtuvieron mediante recuento del número de vasos en campos de 10 aumentos (10 ×). El diámetro de los vasos se determinó con el espesor de la pared incluida según el criterio de la IAWA. El porcentaje de fibras incluye fibras libriformes, fibrotraqueidas y traqueidas vasicéntricas (Fujiwara *et al.*, 1991).

Se midieron las siguientes variables:

1. Área de poros (micras/mm²)
2. Diámetro de fibras (micras)
3. Diámetro del lumen de fibras (micras)
4. Espesor de pared (micras)
5. Porcentaje de fibras
6. Porcentaje de poros
7. Porcentaje de parénquima axial
8. Porcentaje de radios

Análisis estadístico de los datos

Se realizó un análisis exploratorio de datos para comprobar la adherencia de su distribución con la distribución normal y aumentar la eficiencia de la prueba de «F». Se transformaron las variables que no respondieron a dichos supuestos. El proceso de muestreo multietápico con submuestras de orden jerárquico dispuso el anidamiento sucesivo de las variables clasificatorias, «sitios», «árboles», y «distancias radiales a la médula» (Van Laar, 1991). El carácter de esas fuentes de variación dada por el tipo de muestreo, exige la aplicación de un modelo mixto, con efecto aleatorio de sitios y árboles y fijo de distancias radiales.

En consecuencia el modelo lineal aditivo correspondiente es:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + A_{j(i)} + D_{k(ij)}$$

Donde:

- Y_{ijk} = media de la variable Y evaluada en el sitio i , en el árbol j y en el tratamiento k
- μ = promedio general
- S_i = efecto del i ésimo sitio
- $A_{j(i)}$ = efecto del j ésimo árbol dentro del i ésimo sitio.
- $D_{k(ij)}$ = efecto del k ésima distancia, dentro del j ésimo árbol, dentro del i ésimo sitio.

Las pruebas de hipótesis de cada fuente de variación fueron realizadas mediante la prueba de «F» construida con el denominador correspondiente al diseño de muestreo.

La participación porcentual de las variables clasificatorias sobre la variabilidad de los caracteres estudiados fue calculada a partir de los componentes de la varianza estimados por el método de Máxima Verosimilitud Restringida (Reml) con el procedimiento VARCOMP del programa estadístico SAS. V. 6.12 (1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Tabla 2 se muestran las medidas de posición y dispersión de las variables analizadas por distancias radiales a la médula.

Los resultados del análisis de la varianza (Tabla 3) revelan que no existen diferencias significativas entre sitios para ninguna de las variables, lo que denota la poca influencia de esta fuente de variación en las respuestas de las variables analizadas.

En estudios anteriores en quebracho blanco, Moglia y López (2000) encontraron que sólo la longitud de fibras mostraba diferencias significativas entre sitios sobre 5 variables estudiadas (densidad básica, longitud de vasos y fibras, densidad y diámetro de poros). También Jorge *et al.* (2000) encontraron diferencias significativas entre sitios en *Eucalyptus globulus* para la longitud de fibras. Pezlen (1994) encontró que las mejores condiciones de sitio en *Quercus* aceleraban el proceso de maduración de los elementos anatómicos.

Las diferencias entre árboles resultaron significativas sólo para las variables *área de poros*, *porcentaje de fibras* y *porcentaje de radios*. Ismail *et al.* (1995) encontraron diferencias significativas entre árboles en *Neolamarkia cadamba*, en estas variables y además en el *espesor de pared* y *porcentaje de poros*. Lei *et al.* (1996) también encontraron diferencias significativas entre árboles en *Quercus*. En cambio Bosman *et al.* (1994) no encontraron diferencias significativas entre árboles en *Shorea*.

Tabla 2
Promedios y coeficientes de variación (C.V.) por distancias a la médula de las variables analizadas

Variables		D1	D2	D3	D4	D5
		3,5 cm	6,5 cm	9,5 cm	12,5 cm	15,5 cm
Área de poros (micras /mm ²)	Media	0,317	0,214	0,198	0,194	0,236
	C.V.	69,60	44,92	25,98	26,58	29,61
Diámetro de fibras (micras)	Media	15,44	16,48	17,03	16,96	17,17
	C.V.	6,26	2,98	4,83	5,00	3,76
Diámetro de Lumen de fibras (micras)	Media	6,35	5,63	6,16	6,16	6,09
	C.V.	11,46	9,17	5,48	10,63	5,18
Espesor de Pared de fibras (micras)	Media	5,01	5,41	5,59	5,33	5,52
	C.V.	5,92	4,79	9,89	7,05	6,24
Porcentaje de fibras	Media	46,30	52,57	47,60	44,56	49,88
	C.V.	10,48	12,98	21,39	19,64	15,13
Porcentaje de poros	Media	12,70	12,77	14,40	18,89	17,25
	C.V.	35,00	23,93	18,87	20,80	20,95
Porcentaje de parénquima	Media	11,9	8,4	14,4	8,3	7,0
	C.V.	21,92	39,8	21,2	41,3	29,3
Porcentaje de radios	Media	29,2	26,4	28,4	28	25,9
	C.V.	21,13	24,44	30,28	30,20	19,99

Tabla 3
Resultados del ANOVA

Variables	Fuente de Variación			
	Sitio		Árboles	
	Valor F	P	Valor F	P
Área de poros	2,19	0,18 n.s.	2,48	0,029 *
Diámetro de fibras	2,01	0,194 n.s.	1,07	0,402 n.s.
Diámetro de Lumen	0,83	0,390 n.s.	1,21	0,3186 n.s.
Espesor de Pared	3,54	0,097 n.s.	2,09	0,062 n.s.
Porcentaje de fibras	1,40	0,271 n.s.	7,30	0,0001 **
Porcentaje de poros	0,10	0,763 n.s.	2,28	0,0429
Porcentaje de parénquima	0,05	0,826 n.s.	1,03	0,4329 n.s.
Porcentaje de radios	1,21	0,304 n.s.	8,73	0,0001 **

P = probabilidad asociada

n.s. = no significativo

* = significativo al 95 % de probabilidad

** = significativo al 99 % de probabilidad

Tabla 4
Varianza explicada por cada fuente de variación expresada en porcentaje

Variables	Sitio	Árboles	Distancia
Área de poros	9,6	21,7	68,7
Diámetro de fibras	4,1	1,5	94,4
Diámetro de lumen	0	4,4	95,6
Espesor de Pared	14,1	16,3	69,6
Porcentaje de fibras	5,8	54,0	40,1
Porcentaje de poros	0	21,5	78,5
Porcentaje de parénquima	0	0,6	99,4
Porcentaje de radios	4,2	59,7	36,1

Las varianzas de las variables clasificatorias estimadas por el método de Máxima Verosimilitud Restringida para cada carácter se muestran en la Tabla 4. La representación porcentual de la variación asociada a cada fuente permite catalogar la incidencia de las mismas a la variabilidad del carácter en estudio.

De las 8 variables consideradas en este análisis todas, excepto los *porcentajes de fibras* y *radios* tienen a la distancia a la médula como principal fuente de variación en porcentaje superior al 70 %. Esto reafirma lo encontrado por diversos autores como Panshin y De Zeew (1980); Zobel y Van Buijtenen (1989); Pezlen (1994) y Lei *et al.*, 1996, que sostienen que la mayor fuente de variación se encuentra en el árbol mismo. En estudios previos sobre quebracho blanco, Moglia (2000) también encontró que en las variables densidad básica, longitud de fibras, número de poros y longitud de vasos, la distancia a la médula es la fuente de variación más importante.

Las distancias a la médula son las responsables de la mayor variabilidad en la variable *área de poros*. En concordancia con estos resultados Peszlen (1994) encontró en *Populus* para esta variable que la edad explicaba el 50 % de variabilidad, valor similar al valor encontrado en quebracho blanco.

En el *diámetro de fibras* se observa una gran incidencia de la variación entre distancias a la médula dentro del individuo. También Peszlen (1994) encontró que la edad explica el 61 % de la variación en *Populus*.

En el *porcentaje de fibras* la fuente de variación entre árboles es la más importante (54 %), mientras que Peszlen (1994) encontró que la edad sólo explica el 10 % de la variabilidad en *Quercus*.

Tendencias radiales

El *área de poros* tiene una tendencia decreciente en dirección a la corteza, hasta la distancia D3. El ascenso de D4 a D5 se debe la mayor incidencia del aumento del *diámetro de poros* encontrados para esta especie en estudios anteriores (Moglia y López, 2000). Estos resultados no concuerdan con los de Bosman *et al.* (1994), quienes encontraron en *Shorea* que el *área de poros* se incrementa en sentido radial.

Hay una tendencia creciente en el *diámetro de fibra* que concuerda con los resultados de Peszlen (1994) quien encontró en *Populus* que el diámetro de fibra aumenta en sentido

radial. Sin embargo, Koltzemburg, 1966 (citado Zobel y Van Buijtenen 1989), no encontró cambios significativos a lo largo del radio en *Quercus*.

El *diámetro del lumen de fibras* no evidencia una tendencia definida, aunque de acuerdo a Zobel y Van Buijtenen (1989), excepto la longitud de fibras las demás variables pueden no tener patrón definido alguno.

El *espesor de pared* tiene una tendencia radial ascendente. Este resultado concuerda con lo observado por Wheeler y Baas (1998) en varias latifoliadas de porosidad difusa, también Ismail *et al.* (1995). El incremento en *espesor de pared* de las fibras con la distancia (correlacionada con la edad), puede explicarse en función del crecimiento del árbol. En los primeros años la cantidad de materia fotosintetizada se utiliza en la creación de nuevas células (multiplicación) y queda muy poco para el engrosamiento de la pared. En la madurez del árbol hay mayor cantidad de materia fotosintetizada destinada a la síntesis de pared celular (Ismail, *et al.*, 1995). También León y Espinoza de Pernía (1998) encontraron en *Cordia thaisiana* que el *espesor de pared* incrementa en sentido radial.

Peszlen (1994) encontró que la edad sólo explica el 10 % de la variación del *porcentaje de fibras* en *Quercus*, mientras que en quebracho blanco las diferencias entre distancia explican el 40 % de la variabilidad.

El *porcentaje de fibras* no muestra una tendencia definida en sentido radial, probablemente debido a la gran diferencia entre árboles. Esto no concuerda con los resultados de Bosman *et al.* (1994), en *Shorea*, Ismail (1995) y Lei *et al.* (1996), quienes encontraron que la proporción de fibras decrecía de médula a corteza. El *porcentaje de poros* en quebracho blanco, aumenta desde D1 a D4 de 12 % a 18 %. En concordancia con estos resultados, Lei *et al.* (1996), en *Quercus*, encontraron un ascenso desde un 12 % en la madera juvenil a 27 % en la madera madura.

El patrón de variación del *porcentaje de parénquima axial* en sentido radial muestra una tendencia decreciente. Bosman *et al.* (1994) en *Shorea* encontraron que el *porcentaje de parénquima* se mantiene relativamente constante, mientras que Lei *et al.* (1996) en *Quercus* encontraron un suave incremento en dirección radial del 4 %. En quebracho blanco hay una disminución desde 12 % a 7 %.

El *porcentaje de radios* encontrado en quebracho blanco (30 %) es bastante menor al encontrado en *Quercus* (14 %), y no muestra un patrón de variación consistente. Lei *et al.* (1996) tampoco encontraron una tendencia definida. Knigge y Koltzemburg (1965) no encontraron una relación en las proporciones de tejido y la distancia a la médula en numerosas latifoliadas pero sí en *Quercus* y *Fagus*.

El tejido fibroso (fibras libriformes y fibrotraqueidas) es el mayor constituyente de la madera, y por lo tanto está estrechamente relacionado con sus propiedades. Así lo confirman Ezell (1979), Mc Donald, *et al.* (1995) en varios estudios, donde la causa de la variabilidad de la *densidad básica* está asociada principalmente al *porcentaje de fibras* y al *espesor de pared* de las mismas. Fujiwara *et al.* (1991) encontraron que el 70 % de la variabilidad de la *densidad básica* lo explica la variación en *porcentaje de fibras* y el *espesor de la pared*; De Kort *et al.* (1991), en cambio, encontraron mas correlación con el porcentaje de variación de la pared celular.

Es interesante destacar que aunque los elementos varían en tamaño a lo largo del radio, su proporción se mantiene en las cinco distancias estudiadas. Estos resultados son similares a los encontrados por Peszlen (1994) para *Populus*, donde las proporciones entre tejidos también se mantenían relativamente constantes a lo largo del radio.

Las tendencias de las variables, *área de poros*, *diámetro de fibras* y *espesor de pared*, cambian su pendiente en la distancia D3 (9,5 cm). Hasta las distancias D5 (16,5 cm) de radio que corresponden a edades alrededor de los 72 años no pudo observarse la estabilización de los elementos, citada por varios autores como característica de la madera madura. En un estudio anterior en quebracho blanco, Moglia y López (2000) encontraron que la longitud de fibras y longitud de vasos cambiaba su pendiente en la distancia D3, demostrando la presencia del leño juvenil en esta especie. Las tendencias de estas variables concuerdan con lo señalado anteriormente. El mayor problema que genera la madera producida durante el estadio juvenil fundamentalmente además es la alta tasa de deformaciones, curvado de cara y canto, que se produce en el secado de la madera debido a su menor resistencia mecánica y contracción longitudinal normalmente elevada (CIFOR, 1998).

La presencia de madera juvenil en esta especie explicaría en cierta forma su comportamiento inestable y su tendencia a sufrir alabeos.

El alto porcentaje de tejido fibroso (50 %) compuesto por traqueidas (fibrotraqueidas y fibras libriformes) con cierta capacidad conductiva, sumado al alto *porcentaje de radios* (30 %), hace que pueda absorber agua con mayor facilidad; lo cual es apropiado para la impregnación, sin embargo parece tener implicancias negativas en el secado de la madera.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos justifican las siguientes conclusiones:

- No se encontraron diferencias significativas entre sitios para ninguno de los caracteres estudiados.
- La diferencia entre árboles sólo resultó significativa en las variables *área de poros*, *porcentaje de fibras* y *porcentaje de radios*.
- La distancia a la médula es la fuente de variación más importante en todos los caracteres anatómicos estudiados.
- Las variables *espesor de pared*, *diámetro de fibras* y *porcentaje de poros* tiene tendencias ascendentes en sentido radial.
- El *diámetro del lumen de fibras*, no evidencia una tendencia radial definida.
- Las proporciones de tejido xilemático *porcentaje de fibras* y *radios* no muestran una tendencia definida en sentido radial. En ellas las diferencias entre árboles son más importantes que las debidas al sitio o distancia a la médula.
- El *porcentaje de parénquima axial* muestra una tendencia radial decreciente.
- Las variables *diámetro de fibras* y *espesor de pared* crecen en forma más acentuada hasta una distancia de 10,5 cm.
- No se observó la estabilización de los elementos anatómicos estudiados, que caracterizan a la madera madura hasta la distancia máxima estudiada, que corresponden a edades cercanas a los 72 años.

AGRADECIMIENTOS

A Fabián Zubrinic, por la edición y la realización de las figuras. A Andrés González, por la participación en el apeo y preparación de muestras y a Mirta Spossetti, por la realización de los preparados microscópicos. A la Ing. María Luisa Juárez por la realización de los balances hídricos de los sitios.

SUMMARY

Radial variation trend in the wood of *Aspidosperma quebracho blanco*

Radial wood variation patterns were determined for quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco* L.) one of the most important species of The Chaco Region. Ten adult trees from two sites, trees per site were used. From each tree, disks were removed at breast height.

Patterns of variation of pore area, fiber diameter, lumen fiber, fiber cell wall thickness, percentage of pores, fibers, parenchyma and rays were examined using sites, trees and radial distances as sources of variation.

Univariate analysis was performed using a nested design, with random effect on sites and trees and fixed on distance to the pith. Variance Components were estimated by Restricted Maximum Likelihood.

The results showed that distance to the pith was the main source of variation for the traits studied. The wood anatomical features studied were not affected by site.

Fiber diameter, fiber cell wall thickness and pore percentage showed an increasing pattern along the radius. The diameter lumen fiber, fibers percentage and rays percentage showed a not definite pattern of radial change.

Along the radius the tissue proportions of fiber diameter, and fiber cell wall thickness increased more rapidly up to a distance of 10,5 cm. Mature wood was not observed up to the distances studied.

KEY WORDS: Radial
Wood variation
Quebracho-blanco

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- BERLYN B., MISHKE J., 1976. Botanical Microtechnique and Cytochemistry. Iowa State University. Ames Iowa.
- BESOLD G., MORENO G., 1988. Estabilización dimensional de la madera de *Aspidosperma quebracho-blanco* Schelcht. por impregnación con sustancias tánicas vegetales. Actas del Congreso Forestal Argentino, III, 328-330
- BOLETTA P.E., ACUÑA L.R., JUÁREZ M.L., 1989. Análisis de las características climáticas de la provincia de Sgo. del Estero y comportamiento durante la sequía de la campaña agrícola 1988/89. 23 p. Sgo. del Estero
- BOSMAN M.T.M., DE KORT I., GENDEREN M.K., BAAS P., 1994. Radial variation in wood properties of naturally and plantation grown Light Red Meranti, Shorea (Dipterocarpaceae). IAWA Journal 15 (2) 111-120.
- BURLEY J.Y., 1982. Genetic variation in wood properties. New Perspectives in Wood Anatomy ed. P. Baas 151-170.
- BURLEY J.Y., WOOD P.J., 1979. Manual Sobre Investigaciones de Especies y Procedencias con Referencia Especial a Los Trópicos. Tropical Forestry Papers 10 E 10.^a Department of Forestry Commonwealth Forestry Institute. University of Oxford.
- BUTTERFIELD R.P., CROOK R.P., ADAMS R., MORRIS R., 1993. Radial variation in wood specific gravity, fiber lengths and vessel area for two Central American hardwoods: *Hyeronima alchornoides* and *Vochysia guatemaltensis* natural and plantation - grown trees. IAWA Journal. Vol. 14 (2) 153-162.
- CIFOR, 1998. Centro de Investigación Forestal. Metodología usada en el Laboratorio de Maderas del CIFOR INIA para la caracterización de la madera. Madrid.
- DE KORT I., LOEFFEN V., BAAS P., 1991. Ring width, density and wood anatomy of douglas fir with different crown vitality. IAWA Bull.n.s. Vol 12(4): 453-465
- EZELL A.W., 1979. Variation of cellular proportions in swetgum and their relation to other wood properties. Wood and fiber 11:136- 143.
- FUJIWARA S., SAMESHIMA K., KURODA K., TAKAMURA N., 1991. Anatomy and properties of Japanese hardwoods. I. Variation of fiber dimensions and tissue proportions and their relation to basic density. IAWA Bulletin N. S. Vol. 12 (4), 419-424.

- GIMÉNEZ A.M., MOGLIA DE LUGONES J.G., 1993. Manual de reconocimiento a campo. Series Técnicas Forestales N.º 2, 76 pp. Santiago del Estero.
- HELINSKA-RACZKOWSKA L., FABISIAK E., 1991. Radial variation and growth rate in the length of the axial elements of the sessile oak wood. IAWA Bulletin n.s. Vol. 12 (3) 257-262.
- 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 research eds. P. Baas A.J. Bolton y D.M. (Catling) 157-181. Leiden Botanical Series N.º 3. Leiden Univ. Press, The Hague.
- ISMAIL J., JUSOH M.H., SAHARI M.H., 1995. Anatomical variation in planted Kelampayan *Neolamarckia cadamo* (Rubiaceae) IAWA Journal Vol. 16 (3) 277-288.
- JORGE F., QUILHO T., PEREIRA H., 2000. Variability of fibre length in wood and bark in *Eucalyptus globulus*. IAWA Journal Vol 21 (1) 41-48.
- JUÁREZ M.L., 1998. Informe sobre balances hídricos de las localidades La María y Los Pirpintos (inédito), 4 pp.
- LEI H., MILOTA M.R., GARTNER B., 1996. Between and within-tree variation in the anatomy and specific gravity of wood in Oregon white oak (*Quercus garryana*) IAWA Journal Vol. N.º 17 (4) 445-461.
- LEÓN H., ESPINOZA DE PERNÍA N., 1998. Variabilidad de la madera de *Cordia thaisiana* Borriginácea) en sentido transversal. Revista Forestal Venezolana. N.º 42 (1), 15-23.
- LORENZ G., 1995. Caracterización ecológica de un suelo Eutric Regosol bajo bosque en el Chaco Semiárido. Argentina. Revista Quebracho N.º 3, 13-23.
- MC DONALD S.S., WILLIAMSON G.B., WEIMANN M.C., 1995. Wood Specific gravity and anatomy in *He-liocarpus appendiculatus*. (Tiliaceae) American Journal of Botany, 2 (7) 855-861. Department of Plant Biology. Louisiana State University Louisiana 7083-1705. USA.
- MOGLIA J.G., LÓPEZ C.R., 2000. (En prensa) Variabilidad radial de algunos caracteres anatómicos de *Aspidosperma quebracho blanco*. Revista Bosque.
- MOGLIA J.G., 2000. Variabilidad radial de los caracteres anatómicos de *Aspidosperma quebracho blanco*. Tesis para la obtención del grado de Doctor Universidad Nacional de Tucumán.
- MOGLIA J.G., GIMÉNEZ A.M., 1998. Rasgos anatómicos Característicos del Hidrosistema de las principales especies arbóreas de la Región Chaqueña Argentina. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Vol. 7. (2) 53-71.
- PALMBERG C., 1980. El Muestreo en la Recolección de Semillas Forestales. Mejora Genética de Arboles Forestales. Informe sobre el Curso de Capacitación FAO/DANIDA Mérida-Venezuela. 51-57.
- PANSHIN A.J., DE ZEEW C., 1980. Textbook of wood technology. 4th Ed. McGraw-Hill Book Co. New York 705p.
- PARASKEVOPOULOU A.H., 1991. Variation of wood structure and properties of *Cupressus sempervirens* var. *horizontalis* in natural populations in Greece. IAWA Bulletin n.s. Vol. 12 (2) 195-206.
- PESZLEN I., 1994. Influence of age on selected anatomical properties of *Populus* clones. IAWA J. 15: 311-321.
- SAS Institute 1998. Statistical Analysis System version 6.12. Satat User's Guide. Inc. Car North Carolina.
- THORNWAITE C.W., 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the watwe balance. Drexel Institute of Technology, Publications in Climatology, Vol. X, N 3 P. 185-311, Centeron New Jersey USA.
- VAN LAAR A., 1991. Forest Biometry. Publication sponsored by Sappi Forests. 590 pp.
- WHEELER D.E., BAAS P., 1991. A survey of the fossil record for dicotyledonous wood and its significance for evolutionary and ecological wood anatomy. IAWA Bull. n.s. 12. 271-332.
- ZOBEL B., VAN BUIJTENEN J., 1989. Wood variation: Its causes and control. Springer-Verlag, Berlín 363.