



RETRACTIBILIDAD DE *MELIA AZEDARACH* *

II. Variación anual, radial y correlación con madera de tensión y resistencia

SHRINKAGE OF *MELIA AZEDARACH*

Edith Bonavia de Guth **

RESUMEN

En muestras prismáticas de base cuadrada: 10x10x50 mm, obtenidas de un disco extraído a 1,30 m de altura en individuos de *Melia azedarach* de doce años (Misiones, Argentina) se midió la retractsibilidad radial y tangencial (% Rra y % Rtg) y su variación radial. Se trabajó con una mesa de medición con dos sensores electrónicos que acusan diferencias de 40 micrones. Los % Rtg varían individualmente entre 3.25 y 5.75. En la misma muestra se determinó:

- el porcentaje de madera de tensión (% Mt) con ClZn-I, con diferencias individuales entre 9.7 y 79.1 %.
- la resistencia a la tracción de la madera (Rs) a lo largo del radio en cortes tg de 90-120 micrones, usando un dinamómetro de mordazas adaptado para madera. Hubo variaciones individuales entre 15.4 y 28.3 km. Se encontró correlación positiva a nivel del 5 % entre TM % RtgT y TM % MtT y negativa a nivel del 1 % con TMRsT.

Luego, el dato de % Rtg es válido para anticipar la frecuencia de rajaduras en el secado al aire, la presencia de madera de tensión y su consecuencia, la baja resistencia de la madera.

SUMMARY

In individuals of the *Melia azedarach* from the province of Misiones (Argentina) of twelve years old with prismatic samples with a square base of 10x10x50 mm, and obtained from a cross sectional disc cut at a height of 1.30 metres, we measured the radial and tangential retractsibility (% Rra and % Rtg) and their radial variations. We worked with a measuring table with two electronic sensors that register differences up to 40 microns. Individual variations of the % Rtg were between 3.25 and 5.75. In the same sample we found the percentage of tension wood (% Mt) with ClZn-I. There are individual differences between 9.7 and 79.1%. With the same sample we measured then wood's tensile strength (Rs) along the radius in tg sections of 90 - 120 microns, in a dynamometer with grips adapted for wood. There are individual variations from 15.4 to 28.3 km. We found a positive correlation on the 5% level between TM % Rtg and TM % MtT and negative at a level of 1 % with TMRsT.

We conclude that the data of % Rtg is valid for predicting: the frequency of cracks while drying in the open air, the presence of tension wood and, as a result, the low resistance of the wood.

* Este trabajo continúa su primera parte: I. Método, publicado en el tomo XXIX de esta revista, N° 1 (1997), págs. 1 - 12.

** Instituto LAQUIGE (CONICET). J. R. de Velasco 847. (1414) Bs. As. (Argentina).

Palabras clave

Melia azedarach • retractsibilidad •
madera de tensión • resistencia •
variación • correlación

Key words

Melia azedarach • retractsibility •
tension wood • resistance •
variation • correlation

INTRODUCCIÓN

La madera, como otros polímeros hidrófilos, se hincha y se encoge con cambios en su humedad, consecuentes con cambios en la humedad atmosférica. Este comportamiento es más complicado en la madera que en otros materiales debido a su estructura (18) y sus distintos valores dependen de la medición en orientación tangencial, longitudinal o radial. Las causas de este cambio no han sido aún bien explicadas, a pesar de trabajos realizados ya en los años 50, sobre la relación entre retractsibilidad transversal y la estructura microscópica de la madera (12, 11, 6).

Las retractsibilidades transversales aumentan linealmente con la disminución de la humedad en un rango considerable y están muy relacionadas con densidad, relación de grosor de pared y lumen, porosidad, madera de tensión, rayos y variación de la lignificación de las paredes celulares. Cada factor que afecta a las fibras se corresponde con un efecto en los constituyentes de la microfibrilla, que son los causantes de rajaduras en el secado directo (6, 8).

En algunas especies este comportamiento es tan común que las desacreditan para ciertos usos. Sin estos defectos podrían ser utilizadas. En la Argentina especies importantes de los géneros *Populus*, *Eucalyptus* y *Melia* de excelentes crecimientos, son materia prima interesante, pero la facilidad con que se rajan prohíbe su uso o exige gastos adicionales para su acondicionamiento (16, 23).

Como en el *Eucalyptus camaldulensis* (19), en la madera de *Melia azedarach* se detectaron diferencias individuales significativas para la retractsibilidad tangencial, influidas por el origen o la población. Con el sistema adoptado para la clasificación de los individuos, sumando a la media los gráficos del "perfil de muestra" antes y después de saturación y las diferencias entre los gráficos de su variación radial a nivel de saturación y a 18-20 % de humedad (máxima absorbida por la madera en ambiente de 100 % de humedad) se establecieron tres grupos: de baja, mediana y alta retractsibilidad (5).

En el presente trabajo se estudian las variaciones individuales de la retractsibilidad tg y radial y las variaciones anuales y radiales de la retractsibilidad tg, dentro de cada individuo, su correlación con la presencia de madera de tensión y su influencia en la resistencia de la madera. Estos conocimientos son necesarios para un mejoramiento por selección que produzca materia prima de mayor calidad, tanto para celulosa, como para debobinado y ensamblados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras corresponden a individuos de *Melia azedarach* de doce años cultivados en cinco localidades de Misiones (Argentina), aportadas por el Departamento Forestal del INTA, Montecarlo (Misiones).

- **Procedencia de las muestras:**

Número	Población	Establecimiento
1	Paranay	Henter ICSA
2	El Alcazar II	Mate Quemado
3	Esperanza	Mate-Larangheira
4	Leoni	FADIMAT
5	El Alcazar II	Alcot SA

El laboratorio recibió el diámetro este-oeste de una pulgada de ancho y otra, de alto de las tortas extraídas a la altura del pecho. Del lado corteza orientación este y oeste se cortaron y se pulieron prismas de base cuadrada: 10x10 mm (sección tangencial y axial) y 40-50 mm de sección radial, correspondientes a los últimos 4 - 5 años de crecimiento, de acuerdo con las indicaciones dadas en el trabajo anterior y en coincidencia con otros autores (5, 13). Se contó con tres repeticiones por localidad y dos orientaciones este y oeste dentro del individuo.

- **Retractibilidad (% R)**

Con una mesa de medición con sensores electrónicos que acusan diferencias de longitud de 40 micrones se determinó el término medio del % de retractibilidad tangencial y radial total (TM % RtgT y TM % RraT) (4). Con los datos de longitudes tg obtenidas a lo largo del radio se construyeron los gráficos de "perfil de muestra" antes y después de saturación y con los valores del % Rtg se obtuvieron las curvas de variación radial del % Rtg a nivel de saturación y a nivel de 18-20 % de humedad, tal como se describe en el trabajo anterior (5). En tres individuos se determinaron los % RtgT y % RraT en radios opuestos este y oeste y se obtuvieron las curvas de la variación radial del % Rtg de médula a corteza determinándose las pendientes de las mismas.

- **Madera de tensión (Mt)**

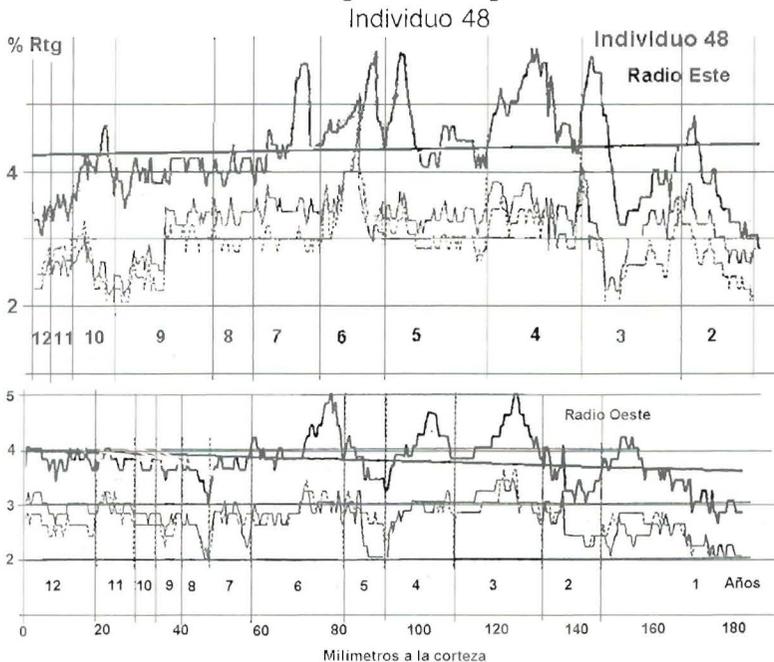
Las mediciones se efectuaron en un corte transversal de 60-70 micrones de espesor y en su longitud total, obtenido del mismo prisma usado para medir las retractibilidades. El corte tratado con solución del complejo ClZn-I, reacciona coloreando de violeta la capa G de la madera de tensión y hace visible las superficies ocupadas por la misma (9, 7). Según el método desarrollado por Bonavia y Cannon (3), se mide la superficie ocupada con Mt a lo largo de 3 radios en mm radiales y se toma el término medio. El porcentaje se calcula respecto del radio total medido. (TM % Mt). En la *Melia* estudiada la Mt no se presenta en franjas fácilmente medibles como sucede en algunos eucaliptos y álamos. Aparecen islas de diferentes dimensiones y formas. Por ello, en el porcentaje encontrado además se debe apreciar si esa presencia es mucha (M), regular (R) o poca (P). El porcentaje de madera de tensión total es la suma de M + R+ P (TM % MtT).

- **Resistencia (Rs)**

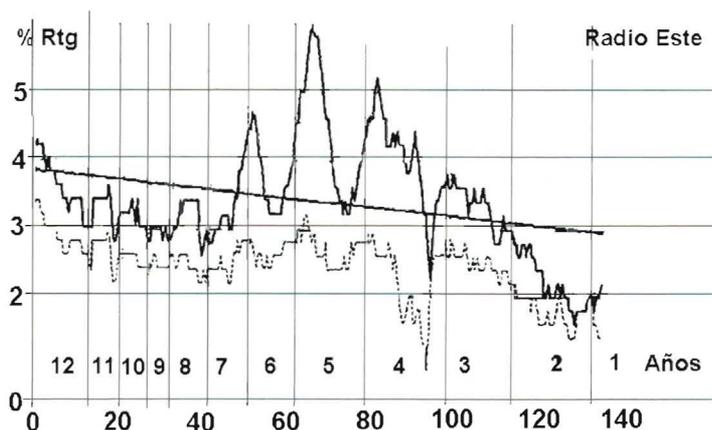
La resistencia de la madera depende de la relación entre la resistencia intrínseca de la célula fibrosa y la resistencia de corte de las uniones interfibrilares, con el consiguiente deslizamiento entre células. En el resultado final influyen la morfología celular, la proporción de leño temprano y tardío, el ángulo fibrilar de la celulosa de la pared celular, la mayor o menor presencia de vasos y sus diámetros y presencia de Mt u otros tejidos anormales (26, 21, 11, 2). Se midió la resistencia (Rs) con un dinamómetro de mordazas adaptado para madera, usado y descrito en un trabajo anterior (4), en cortes tangenciales de 90-120 micrones de espesor, paralelos a las fibras, para tener una fila de ellas enteras (20, 26). Se obtienen de la misma muestra utilizada para medir el % Rtg y el % Mt.

Los cortes, en el orden en que se encuentran en el individuo, se apilan dentro de un vaso con agua destilada del mismo diámetro que la sección tangencial, evitando así su movimiento. Respetado estrictamente dicho ordenamiento se obtienen las resistencias correspondientes a la misma secuencia de las mediciones del % Rtg y a la evaluación del % Mt a lo largo del radio. La muestra de cada individuo provee de 350 a 450 cortes tangenciales. Las dos secciones del corte tangencial que resultan de someterlo a la tracción en el dinamómetro se pesan después de desecadas en estufa a 105 °C. La resistencia se expresa como la longitud necesaria de fibra para que su peso produzca la rotura, expresada en km. El valor se calcula con la fórmula: $R_s \text{ (km)} = (r/p)l$, donde r son los gramos leídos en el dinamómetro; p el peso en gramos de los cortes secos y l , la longitud del corte, en milímetros. La figura 1 representa la variación anual y radial de la resistencia.

Figura 1. Variación radial del % Rtg. Curva integrada de las 4 secciones radiales



Individuo 23



RESULTADOS

- La reactividad difiere según se mida en el plano axial, tangencial o radial. La Rax, paralela a las fibras, tiene valores muy pequeños y diferencias individuales no significativas (5). Por lo tanto, en este trabajo no se toma en cuenta.
- El % Rtg y % Rra aumentan linealmente con la disminución de la humedad, en magnitudes semejantes. En especies con anillos anuales marcados, la variación de la densidad contribuye a la anisotropía anual de las Rtg y Rra. La retracción de la madera tardía más densa es mayor que la de la madera temprana menos densa y el efecto es más evidente en el sentido tangencial que en el radial (6, 8, 11, 18).
- En los individuos analizados, las Rtg varían entre 3.25 y 5.75 % con pendientes bajas, entre 0.003 y 0.250 y las Rra, entre 2.28 y 5.10 % (tabla 1, pág. 14). Estos valores son semejantes a los encontrados en seis especies argentinas (22).
- La Rtg tiene valores mayores que Rra y diferencias individuales más significativas y es la reactividad de mayor influencia en la presencia de rajaduras y deformaciones en el secado al aire. La correlación entre Rtg y Rra para n14 GL13 no es significativa.
- En tres individuos se midió la variación radial del % Rtg de médula a corteza y en dos se midió en radios opuestos este-oeste. Las pendientes de esas variaciones son positivas respecto de la edad, pero poco pronunciadas con valores que van de 0.080 a 0.510 % en los radios totales y de <0.001 a 0.751 % en las secciones de 4 - 5 años (tabla 2, pág. 14).
- Comparando los valores de % Rtg (tabla 2) con las curvas de las variaciones radiales (figura 2, pág. 15) se observa que en ambos radios del individuo 48, la sección III -con los mayores valores del % Rtg- coincide con picos pronunciados en las curvas. En el individuo 23 también la sección II de mayor % Rtg es la que presenta los picos más pronunciados.

Tabla 1. Términos medios de retractsibilidad tangencial y radial y % de madera de tensión (TM%Rtg, Rra y %Mt) 14 individuos, últimos 4-5 años, este.

I	10E	19E	38E	36E	TM	35E	42E	44E	50E	TM	20E	22E	48E	52E	53E	54E	TM
A	3.53	3.25	3.57	3.58	3.48	3.54	3.88	4.09	3.33	3.71	4.33	4.08	4.40	4.08	5.75	4.82	4.57
B	.003	.017	.020	.007	.012	.020	.030	.004	.019	.018	.060	.040	.250	.040	.080	.030	.083
C	36.6	78.7	56.8	39.1	52.8	39.1	45.5	11.5	29.8	31.5	63.3	52.2	38.8	38.4	8.1	9.3	35.0
D	60.0	9.7	13.5	28.7	27.9	53.5	48.8	73.8	57.1	58.3	38.2	37.0	62.5	58.5	79.1	79.3	59.1
E	2.93	245	2.68	2.37	2.61	3.11	3.84	2.76	2.36	3.02	2.43	2.79	5.10	2.28	3.00	3.17	3.12

I. Individuo

A. TM % RtgT

C. TM0 % Mt

B. Pendiente de la curva de variaciónD. TM % MtT

del % Rtg de médula a corteza

E. TM % RraT

Correlación TM%RtgT/TM%MtT n-14, GL-13, r = 0.5815 signif. al 5 %.

Tabla 2. Variación radial del % Rtg a nivel saturado y a 18-20 % de humedad, de corteza a médula en radios este y oeste. Pendientes. Tres individuos

I	48				TM	48				TM	23				TM	23				TM	15				TM							
	este					oeste					este					oeste					este					oeste						
R	I	II	III	IV	Radio	I	II	III	IV	Radio	I	II	III	IV	Radio	I	II	III	IV	Radio	I	II	III	IV	Radio	I	II	III	IV	Radio		
S	Total																															
A	4.40	4.44	4.69	3.92	4.36	3.68	3.83	4.09	3.42	3.75	--	3.31	3.08	3.19	3.27	4.14	3.74	3.71	4.40	4.15	2.41	3.65										
B	3.20	3.12	2.58	2.62	2.88	2.76	2.65	2.95	2.40	2.65	--	2.67	2.55	2.61	2.65	2.51	2.10	2.42	2.82	2.95	1.95	2.57										
C	.250	.210	.066	.420	.236	.088	.250	.062	.154	.138	--	.001	.160	.080	.179	.190	.513	.294	.751	.110	.670	.510										

I. Individuo

A. % RtgT/saturado

R. Radio

B. % RtgT/18-20 %

S. Sección

C. Pendiente/saturado

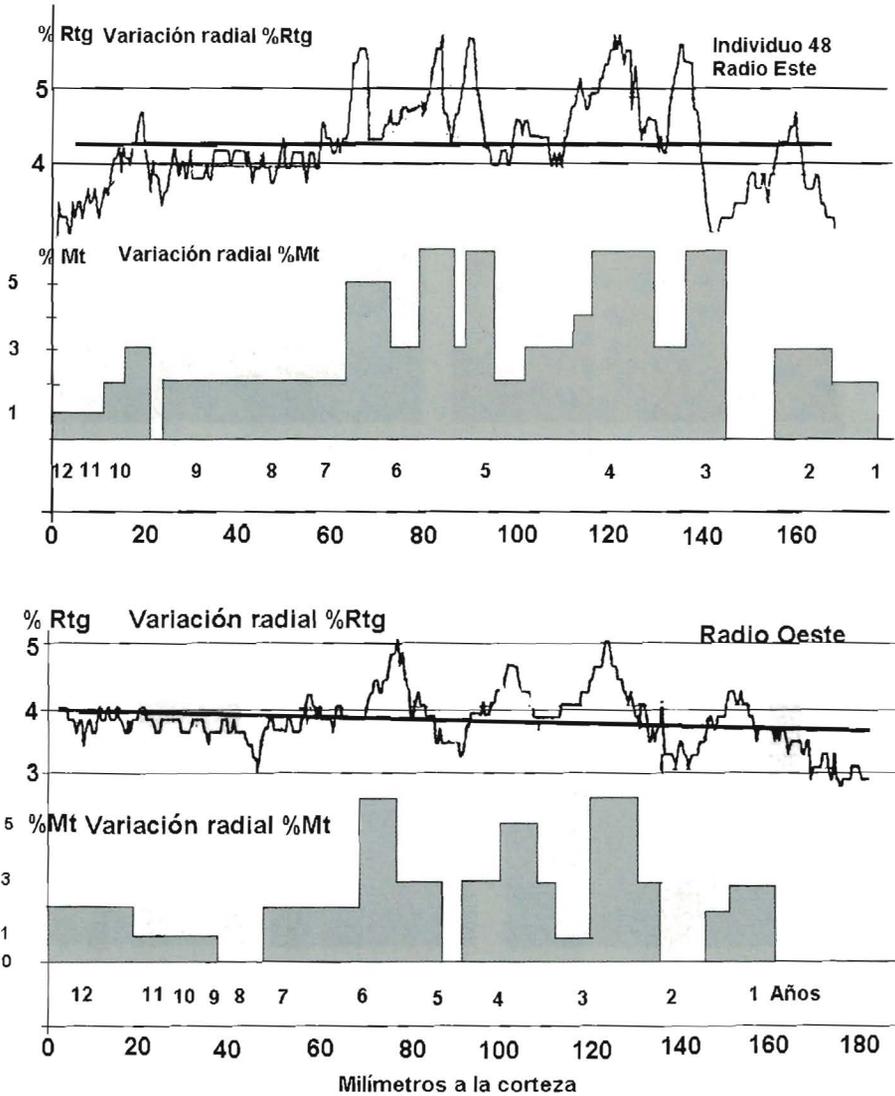
- En las figuras 2 y 3 (págs. 15 y 18) se aprecian grandes diferencias entre secciones, coincidiendo con saltos bruscos en el % Rtg que se corresponden con presencias puntuales de altos % Mt. En los años con bajo % Rtg las curvas no presentan picos o éstos son menos pronunciados y las pendientes de las variaciones radiales son menores. En todos los individuos y en ambas direcciones existen zonas con bajo % Rtg y zonas con picos de alto % Rtg. Las medias totales de los radios opuestos varían poco (tabla 2). Sin embargo las curvas presentan zonas muy disímiles, indicativas de la heterogeneidad de la madera.
- En individuos como el 48, de alto % Rtg, hay diferencias mayores entre radios este-oeste que en los de % Rtg más bajo, como el 23, con menor diferencia entre radios. Esto permite suponer que las retractsibilidades menores son acompañadas por una mayor homogeneidad.

Tabla 3. Valores de TM % Rtg y TMRs en km para 10 individuos 4-5 últimos años

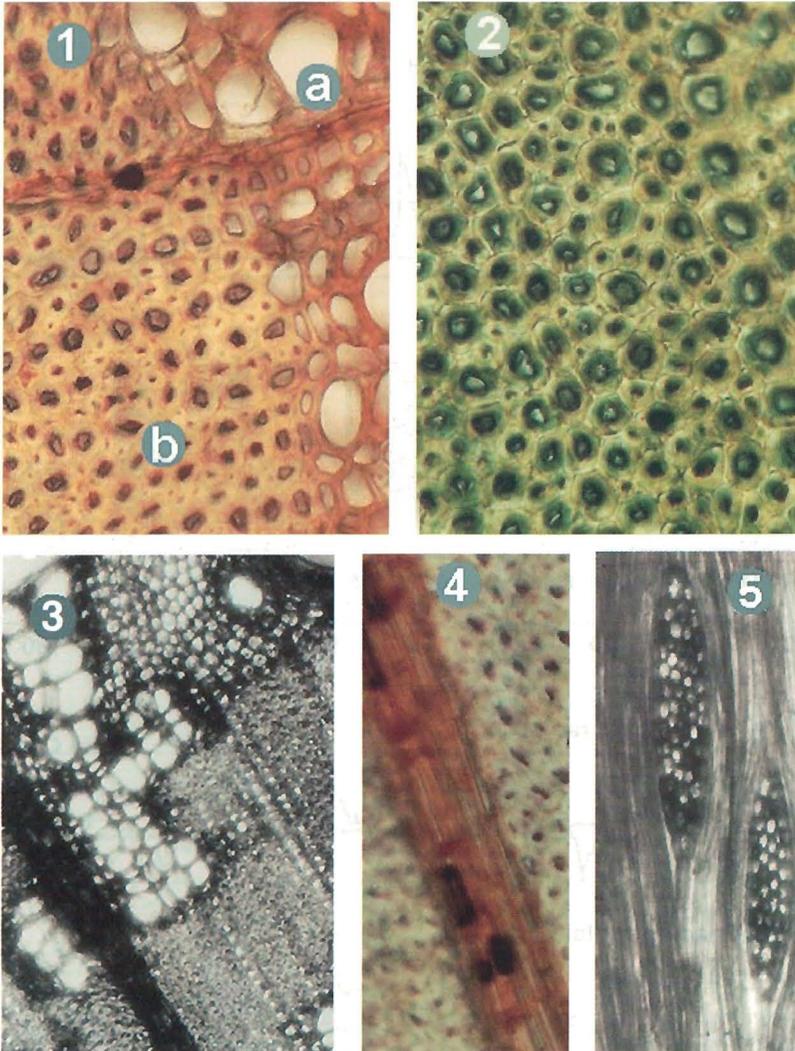
Individuos	Bajos % Rtg/Altos Rs					Altos % Rtg/Bajos Rs.						TM AI
	11E	23E	23O	48E	50E	TM B.	20E	28E	48O	53E	54E	
TM % Rtg	3.50	3.24	3.22	4.40	3.33	3.53	4.33	4.18	3.68	5.75	4.82	4.56
TM Rs (km)	24.0	27.4	25.4	22.7	28.3	25.6	15.4	20.7	20.5	18.8	18.6	18.8

Correlación TMRtg/TMRs para n=10 GL 9 r= -0.750 significativamente negativo al 1%

Figura 2. Correlación entre %Rtg y %Mt



- En los individuos estudiados de *Melia azedarach* se encuentra -en general- abundante madera de tensión, especialmente en el leño tardío, frecuentemente bordeando los vasos, las islas de células parenquimáticas del leño tardío y en los rayos radiales (1, 12, 23). El grosor de la capa G es muy variable: desde muy fina hasta ocupar casi todo el lumen de las células, como se observa en las siguientes fotos.



Madera de tensión en cortes transversales de *Melia azedarach*

- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1 a. Leño temprano sin capa G | 3. Mt en rayos radiales y bordeando islas de células aparenquimáticas X100 |
| 1 b. Leño tardío capa G fina X200 | 4. Capa G en rayos radiales X200 |
| 2 Leño tardío capa G gruesa X200 | 5. Capa G en rayos radiales en corte Tg X200 |

- Los valores de % Mt varían entre 9.7 y 79.3 con una correlación entre % Mt y %Rtg a nivel del 5% con $r = 0.5818$. (tabla 1, pág. 14)
- En la tabla 3 (pág. 15) se presentan los valores de los TM de Rs de la sección lado corteza de los últimos 4-5 años de crecimiento del radio este para 10 individuos que varían entre 15.4 y 28.3 km y se los confrontan con los valores TM del % Rtg de las mismas secciones que varían entre 3.22 y 5.75. Cinco individuos con bajos % Rtg (TM 3.53) presentan altos valores de resistencias (TM 25.6) y 5 individuos con alto % Rtg (TM 4.56) presentan valores de bajas resistencias (TM 18.8); concordando con el análisis de correlación para estas dos características, ($n=10$, GL 9 $r = -0.750$) negativa al nivel del 1 %. Esta correlación es más evidente aún cuando se comparan los gráficos de la variación radial del % Rtg con la variación de la resistencia de la misma sección (fig. 1, pág. 12) donde es evidente la correspondencia de alto % Rtg con baja Rs y viceversa.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

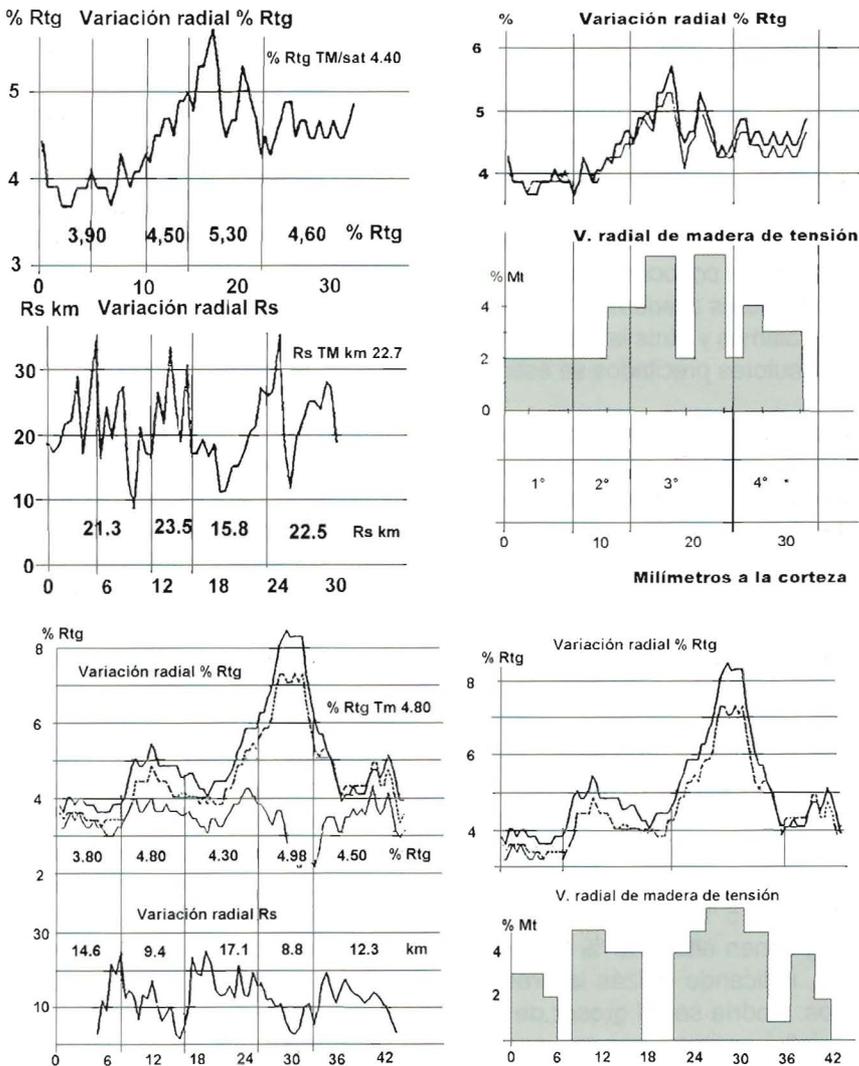
Este trabajo estudia la variación de reactividad dentro y entre individuos, dado la importancia de esta característica en latifoliadas proclives a rajaduras y deformaciones. La Rtg está fuertemente asociada con madera de tensión, tal como fuera advertido: "*A causa de que la madera de tensión se presenta frecuentemente en varias especies de importancia comercial y debido a su influencia en las propiedades de las mismas, un conocimiento de la posible variación de su presencia es considerada más que de interés académico*" (24). En la Argentina se está incrementando el uso de eucaliptos, álamos y otras latifoliadas -como la *Melia azedarach*- por lo que coincidiendo con los autores precitados se estima necesario investigar la "calidad del leño".

La presencia de madera de tensión es siempre poco deseable cualquiera sea su uso (1, 9). En el aserrado de tabloncillos pueden romperse los dientes de la sierra y dar superficies irregulares de aspecto lanoso, no aptas para lustre (24). Igualmente hay tendencia a curvaturas y rajaduras, en muchos casos irreversibles cuando varía la humedad atmosférica (23). En los ensamblajes los cambios de dimensión desajustan las partes (16) y en la obtención de celulosa para papel proporcionan materia prima con menor permeabilidad radial y longitudinal, menor rendimiento que el esperado por su densidad, por el comportamiento de la capa G y papeles con bajos valores de resistencia (7, 26).

La Mt es, en alta proporción, la causa del aumento del % Rtg y las dos características juntas, el motivo de la heterogeneidad, coincidiendo con las ventajas indicadas sobre bajas reactividades para obtener estabilidad dimensional (15). Como se observa en la tabla 1 (pág. 14) los valores del TM % Mt se corresponden con los valores del TM % Rtg. La correlación entre ambos datos es positiva significativamente sólo al nivel del 5 % con $r = 0.5818$. Así algunos individuos, el 50 E y 10 E de bajos TM % Rtg tienen altos TM % Mt y el 20 E y 22 E de altos TM % Rtg tienen bajos TM % Mt, indicando quizás la presencia de algún otro factor interfiriendo en los resultados. Podría ser el grosor de la capa G ya que, presumiblemente, las capas finas no influyen igual que las gruesas. En las mediciones de Mt, se determinó

capas de distintos grosores -desde muy finos a muy gruesos- que no han sido evaluadas (fotos 1 y 2, pág 16). La correlación % Rtg - % Mt es más evidente cuando se comparan los gráficos de la variación radial del % Rtg y del % Mt en un mismo individuo. Las variaciones anuales de ambas características se corresponden siempre (fig. 2 , pág. 15). Esa diferencia entre lo indicado por los TM totales y los gráficos de las variaciones anuales y radiales de los mismos se debe a que tanto la Mt como la Rtg son características sin valor constante en toda la madera de un determinado individuo, a diferencia de lo que sucede con la densidad, el porcentaje de lignina, la morfología celular, etc. Un individuo con alto tenor de lignina o alta densidad mantiene dichas características, independientemente de las variaciones anuales o radiales.

Figura 3. Correlaciones: %Rtg - Rs y %Rtg - %Mt
Individuos 48 este- sección I y 54 este - sección I



Un Mt puntual y discontinuo produce % Rtg también puntual y discontinuo, dando madera no homogénea. Por eso, los términos medios totales de ambas variables acusan correlación menos significativa que en el análisis puntual de las variaciones a lo largo del radio, zona por zona. Este hecho se observa en individuos con variaciones bruscas del % Mt y saltos también bruscos de la reactividad con una fuerte correlación entre ambas características. Por ejemplo los individuos 48 radios este y oeste (fig. 3 pág. 18) y radio este sección I de los individuos 48 y 54, (fig. 1 pág. 12, 13). Este comportamiento discontinuo de la reactividad hace que su término medio no sea representativo: " *Los resultados de las tablas de reactividad aparecen menos netas que para la densidad de la madera y fluctúan según las experiencias . Es en consecuencia difícil una opinión exacta sobre la clasificación relativa de los clones*" (13).

De los resultados obtenidos puede concluirse que la determinación del % Rtg total junto con las curvas de "perfil de muestra" antes y después de saturación y las curvas de variación radial con la metodología utilizada (5) posibilita la elección de individuos % Rtg muy pequeño o nulo, lo que asegura a su vez mínimo porcentaje de Mt, máxima Rs a la tracción y buena homogeneidad. Ello es debido a las correlaciones entre dichas variables, la correlación positiva entre % Rtg y % MtT y la fuerte correlación negativa entre % Rtg y Rs. Se configura así una situación privilegiada de buenas características, detectable con la sola determinación del % Rtg. Se obtiene una doble ventaja: menor error de método que en la determinación de % Mt y mayor velocidad que en la determinación de Rs a la tracción.

De acuerdo con la correlación entre estados juvenil y adulto de las reactividades (10, 13) es muy probable que el diagnóstico precoz del % Rtg permita elegir los mejores individuos en edad temprana. Además, con el conocimiento de la variación entre poblaciones, podrían implantarse los mejores individuos en calidad y rendimiento en el lugar geográfico más apropiado.

Actualmente la madera debe competir con nuevos materiales cuyas aplicaciones se basan sobre importantes investigaciones científicas y tecnológicas. Por tal motivo, para que los usos tradicionales de la madera sean más efectivos y diversificados son indispensables adecuados estudios. No sólo debe preocupar el rendimiento en volumen/hectárea sino, también, sus características físicas y químicas, decisivas para la calidad de la madera y el producto final. Controlar dichos factores exige su previo conocimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Barkas, W. W. 1941. Wood-water relationships .VI The influence of ray cells on shrinkage of wood. Trans Faraday Soc. 37:535-548.
2. Blair, R. L., Zobel, B.J. and Barker, J.A. 1975. Predictions of gain in pulp yield and tear strength in young loblolly pine through genetic increases in wood density. Tappi 5 (58) 1:89-91.
3. Bonavia de Guth, E. y Cannon, C. 1988 . Presencia de madera de tensión en clones de Populus. Congreso Forestal Argentino. S. del Estero. Tomo III:538.
4. _____. 1995. Variación radial de la resistencia de la madera. Relación con la distribución de los tejidos. Resúmenes IAWA :858.

5. _____ . 1997. Retractividad de la madera de *Melia azedarach*. I Método. Revista F. Ciencias Agrarias. UNCuyo. Mendoza. XXIX (1):1-12.
6. Boyd, J.D. 1977. Relationship between fibre morphology and shrinkage of wood. For.Prod.Lab. CSIRO. Melbourne :3-21.
7. Cheng, W. W. and Benseid, D.W. 1979. Anatomical properties of selected *Populus* clones grown under intensive culture. Wood Sc 11 (3):182-87.
8. Harris, S. J. M. 1977. Shrinkage and density of radiata pine compression wood in relation to its anatomy and mode of formation. New Zealand Jour. For. Sci.1977 (7):91-106.
9. Isebrands, J.J. and Perham, R.A. 1974. Tension wood anatomy of short-rotation *Populus* spp before and after kraft pulping. Wood Sci. 6(2):250-265.
10. Keller, R.et Thoby, M. 1977. Liaisons entre l'état juvénile et l'état adulte pour quelques caractères technologiques et auxométriques chez le Douglas. Ann.Sci.For. 34(3):173-203.
11. Kelsey, K.E. 1963. A critical review of the relationship between the shrinkage and structure of wood..Div.For.Prod. Tech. Paper 28. Melbourne. p.35.
12. Mc Intosh, D.C. 1955. The effect of the rays on the radial shrinkage of beech. Forestal Production Journal. 5(1):67-71.
13. Nepveu, G. 1981. Prédiction juvénile de la qualité du bois de hêtre. Retraits,densité,vitesse de croissance. Ann.Sci. Forest. 38(4)425-447.
14. _____. 1984. La variabilité de la qualité du bois chez les peupliers. Densité,retraits. C.Nat. de Rech. Forest. Nancy (France).
15. Perrin, J.R. et Ferrand, Ch. 1984. Automatisation des mesure sur carottes de sondage de la densité de bois de son retrait et des contraintes de croissance. Ann.Sci.For.41(1):69-86.
16. Polge, H. 1978. Etude de la qualité du bois de Pin pignon. Infradensité moyenne retractabilité. Stat Rech. Qualité des bois. p.10.
17. _____. 1984. Nouvelles observations sur les fissures radiales du Douglas. R.F.F. XXXVI. 6:453-458.
18. Quirk, J.T. 1984. Shrinkage and related properties of Douglas-fir cell walls. Wood Fiber Sci. 6(1):115-133
19. Sesbou, J.E. et Nepveu,G. 1978. Variabilité infraspecificque du retrait avec collapse et de la densité du bois ches *Eucalyptus camaldulensis*. Ann.Sci.Forest. 1978 (4):237-263.
20. Stone, J.E.and Clagton, W. 1960. The use of microtome sections for measuring the change in strength of spruce fibres due to pulping. Pulp and Paper Mag. Canada.T: 476-484.
21. Tamolangg F.N., Wangaard, F.F. and Kellogg,R.M. 1967. Strength and stiffness of hardwood fibers. Tappi 50(2):68-72.
22. Turc C.C. and B.E.Cutter 1984.Sorption and shrinkage studies of six argentine woods. Wood and Fiber Sci. 16(4):575-582.
23. Wang Hsiu, H. and Joung, R.L. 1996. Drying stress and check development in the wood of two oaks . IAWA Jour17 (1): 15-30.
24. Wardrop, A.B. and Dasdwell, H.R. 1955. The nature of reaction wood. Aust.J. Bot.3 :177-189.
25. _____. 1956. The nature of reactton wood. Formation of tension wood in some species of *Eucalyptus*. Aust.J. Bot. 4:152-166.
26. Wellwood, R.W. 1962.Tensile strength testing of small wood samples. Pulp and Paper Mag. Canada. T 61-67.