

Comunicación voluntaria

RELACIÓN ENTRE EL RADIO DE DURAMEN Y ALGUNAS MAGNITUDES ALOMÉTRICAS EN INDIVIDUOS SELECTOS DE *EUCALYPTUS CAMALDULENSIS* EN SANTIAGO DEL ESTERO ARGENTINA

Moglia, J. G*; Venturini, M.; Gerez, R.

Facultad de Ciencias Forestales- Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano 1912(S) 4200 Santiago del Estero. Argentina

*e-mail:vimog@unse.edu.ar

Boletín del CIDEU 10: 107-117 (2011)
ISSN 1885-5237

Resumen

En Santiago del Estero, Argentina, 10 procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* establecidas en un ensayo genético, mostraron buenos valores de crecimiento y forma para las condiciones ecológicas locales. Para conocer su potencial para uso sólido es preciso determinar los parámetros de calidad de su madera. Los objetivos de este estudio fueron determinar a los 10 años de edad algunos caracteres macroscópicos, la probable correlación existente entre variables de crecimiento radial, con el radio de duramen y espesor de albura y predecir el espesor del duramen y albura por medio de relaciones alométricas entre las variables de fácil medición y la que se quiere estudiar. En secciones transversales a 1,30m, se determinó el radio total sin corteza, radio de duramen, espesor de albura y los espesores de anillos. Se realizaron correlaciones y regresiones entre la proporción de albura y duramen, el diámetro (Dap), el espesor de anillos. La transición ente albura y duramen es variable gradual o notoria con diferencia de color. El número más frecuente de anillos de albura es 3. Existe una gran variabilidad de colores de duramen desde blanco amarillento a rosáceo castaño rosáceo a rojizo y pardos. El mejor predictor del radio del duramen es el radio sin corteza. El radio del duramen aumenta significativamente con el radio y el diámetro a 1,30 m y en menor proporción con los espesores de anillos. Tanto el espesor de albura como el espesor de corteza no mostraron relación con ninguna variable estudiada.

Palabras clave: *Eucalyptus*, duramen, diámetro, relación, usos sólidos.

Summary

10 provenances trials of *E. camaldulensis* established in a genetic trial in Santiago del Estero Argentina reported good growth and form values for the local ecological conditions. In order to know its potential as a solid use, it is necessary to determine the quality parameters of its wood.

The main objectives of this study were to determine some macroscopic characters in the 40 superior ten years old trees, and to determine the probable correlation between radial growth traits and heartwood radio and sapwood width. To predict heartwood radio and sapwood width by means of allometric variables of easy measurement. Sample wood discs were taken at breast height, and radio of heartwood, radio under bark, growth rings width and sapwood width were measured. The sapwood-heartwood boundary was variable: sharp colour difference or gradual difference in colour. In ring count basis the sapwood thicknesses is three. The best predictor of the heartwood radio is the radio without bark. Heartwood radius increased linearly with increasing DBH and in minor proportion with the thickness of the growth rings. The sapwood width and bark width did not depend on any of the variables studied.

Keywords: *Eucalyptus*, heartwood-dap- relationship- solid use

Introducción

Las plantaciones de especies de rápido crecimiento son una importante fuente de madera en el Norte Argentino. En la selección de especies no solo debe tenerse en cuenta el crecimiento y vigor sino también la calidad y utilidad potencial de la madera (Laurila, 1995). Los objetivos de selección en los programas de mejoramiento de pinos y eucaliptos en Argentina, que inicialmente se concentraron en vigor y forma, deberán en el presente incorporar propiedades que permitan maximizar la obtención de productos sólidos de calidad (López, 2005).

En la mayoría de los árboles la parte interna del leño cesa en su actividad conductora y sus células vivas (parénquima y fibras) mueren debido a un proceso genéticamente programado, (Hillis, 1987). La parte del leño que ha sufrido estos cambios es el duramen, el cual generalmente presenta un color más oscuro; el desarrollo del color es un proceso lento que depende de la oxidación de fenoles, precedida por la desaparición de almidón. La porción externa, clara, con células vivas es la albura, que es la parte fisiológicamente activa del leño. Su función principal es conducir el agua desde las raíces a las hojas (Shigo, 1986).

Desde el punto de vista tecnológico la proporción albura/ duramen y por lo tanto su diferenciación es muy importante ya que afecta su capacidad para determinados usos. Los estudios de Pelén *et al* (1998) en tableros de fibra de *Acacia melanoxylon* mostraron que el aumento de la cantidad de albura en la proporción albura/duramen que forma los tableros, produce una disminución en los valores de los módulos de rotura y de elasticidad en flexión.

La albura tiene menor cantidad de extractivos y mayor permeabilidad, por lo tanto un contenido mayor es preferible, cuando la madera se utiliza para pulpa o se trata con preservantes, (Hillis, 1987; Lamber, 1985). Por otro lado, debido a su

mayor resistencia a algunos ataques biológicos y en general color más oscuro, el duramen generalmente se considera deseable para madera de construcción, postes o madera de calidad.

Debido a la gran diferencia en propiedades y calidad de la madera de albura y duramen es claramente deseable, incrementar el conocimiento sobre cuáles son los factores que influyen en su abundancia relativa, (Hillis, 1987).

Entre especies, la cantidad de albura puede variar en respuesta a la edad, masa foliar, clima y velocidad de crecimiento (Lamber, 1976; Bamber, Fukazawa, 1985; Hillis, 1987), también pueden variar debido a la densidad de espaciamiento en una plantación (Rosso y Ninin, 1998).

La madera de *Eucalyptus camaldulensis* es de color rosado a rojizo; estos estudios permitirán considerar la posibilidad de utilizar este material para la obtención de productos sólidos.

Objetivos:

Los objetivos de este estudio fueron determinar:

1. Las características macroscópicas: color, proporción albura-duramen, el número más frecuente de anillos de albura.
2. Correlacionar 4 variables de crecimiento (dap, radio sin corteza, espesores de los anillos de crecimiento y espesor de corteza), con el radio de albura y de duramen.
3. Predecir el espesor de duramen y albura por medio de modelos alométricos con variables de fácil medición

Materiales y Métodos:

El material proviene de un ensayo de mejoramiento genético, establecido en el campo de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE), en la localidad de El Zanjón, departamento Capital, provincia de Santiago del Estero, Argentina (Fig.1), conforme a un diseño experimental

de bloques de familias compactos, con cuatro repeticiones correspondiente a 106 progenies de familias de polinización abierta de 14 orígenes y 3 testigos comerciales.

A los 10 años de edad se seleccionaron y aparearon los 40 árboles superiores en base al ranking determinado con BLUP (Mejor Predictor Linear Insesgado), según las variables diámetro (dap) y densidad básica.

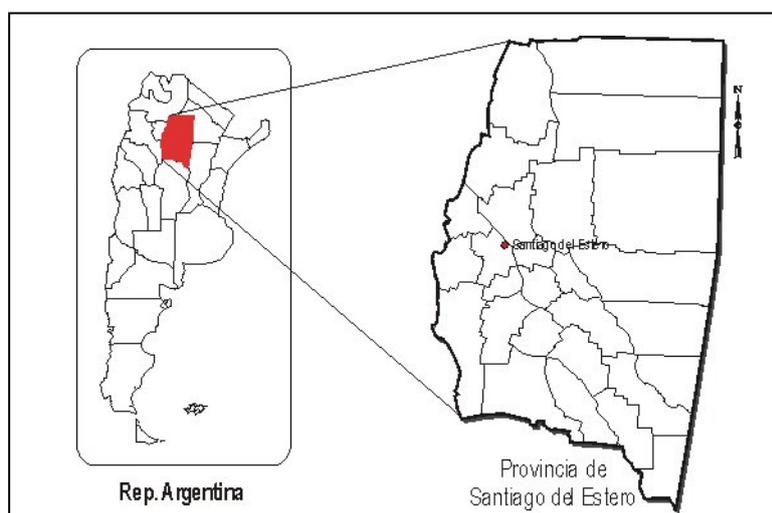


Fig N° 1- Ubicación de Santiago del Estero en Argentina

De cada árbol se extrajeron secciones transversales a 1,30 m de altura (Dap), las cuales se lijaron con una secuencia de granulometría creciente, según la técnica recomendada por Stokes y Smiley (1968) para la visualización de los anillos de crecimiento. Sobre estas secciones se identificaron visualmente los límites de la albura (por la diferenciación del color) y se determinó el número de anillos que la constituían. La medición de los espesores de anillos se efectuó con el Equipo ANIOL y el programa CATRAS (Computer Aided Tree Rings Analysis System).

En la determinación del color se realizó una clasificación visual, agrupándolos por rangos de acuerdo a la tipificación de colores para Angiospermas realizada por Tortorelli (2009). El espesor de corteza se

midió con calibre y se determinó en cada sección transversal como el promedio de mediciones en las direcciones este y oeste.

Para calcular la proporción radial albura-duramen se midieron 5 radios en diferentes direcciones con una precisión de 0,5mm, y se determinaron los radios promedios de duramen. El espesor de albura se calculó para cada muestra, como el radio total s/corteza menos el radio del duramen. Las relaciones entre las variables utilizadas se estudiaron a través del análisis de correlación. El método de regresión lineal simple se utilizó para obtener los modelos para predecir el radio del duramen y espesor de albura. Se utilizó el software INFOSAT.

El material genético estudiado se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1- Detalle del material genético estudiado

Tratam.	Localidad	Latitud	Longitud	(msnm)
A	Emu Creek, Petford, QLD	17° 20'	144° 58'	460
B	Huerto Semillero de Zimbabwe	-	-	-
C	Dimbulah, Petford, QLD	17° 15'	145° 00'	500
D	Gibb River, Kimberley, WA	16° 08'	126° 38'	430
F	South of Katherine, NT	14° 30'	132° 15'	110
G	Ord River, WA	17° 29'	127° 57'	360
H	Gilbert River, QLD	18° 30'	142° 52'	460
J	Gilbert River, QLD	17° 10'	141° 45'	30
K	Wyalba Creek, QLD	16° 43'	142° 00'	30
LL	Lennard River, WA	17° 23'	124° 45'	60

Resultados

Los individuos de las progenies estudiadas presentan el contorno de albura regular con diferenciación muy variable. En la Fig. N° 2, reobserva un ejemplar con diferencia de color notoria (duramen castaño rosáceo). Ejemplar con diferencia de color poco notable (duramen amarillo ocráceo) que se destaca por una línea más oscura de contorno irregular, conocida como zona de transición, (Fig. N° 3).

El olor de todas las muestras examinadas es poco pronunciado. Poseen brillo medio,

grano oblicuo a entrecruzado. En todos los casos la textura es fina a media y heterogénea.

Los colores de duramen de los 40 individuos se clasificaron en seis categorías:

1) Blanco-amarillento a ocre, 2) Blanco grisáceo a verdoso, 3) Amarillo-ocráceo, 4) Castaño amarillento, 5) Castaño-rosáceo y 6) Pardo (Tortorelli 2009) algunos ejemplos de colores se muestran en la figura N° 4.



Figuras N° 2 -3 Diferencia albura duramen en secciones de algunos de los ejemplares estudiados

Gama de colores de duramen observadas en los ejemplares estudiados:

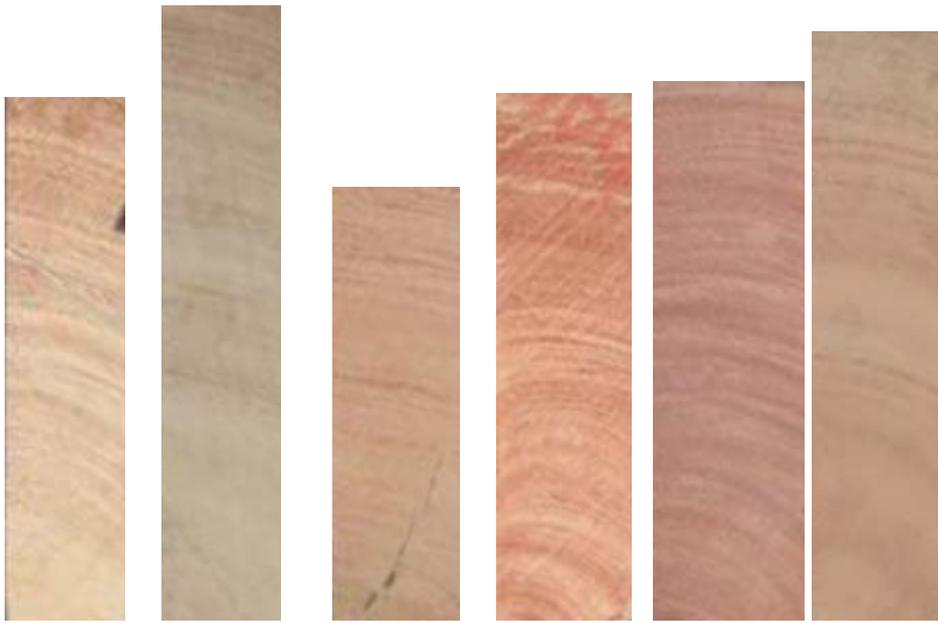


Figura N° 4- Secciones transversales mostrando los rangos de colores determinados.

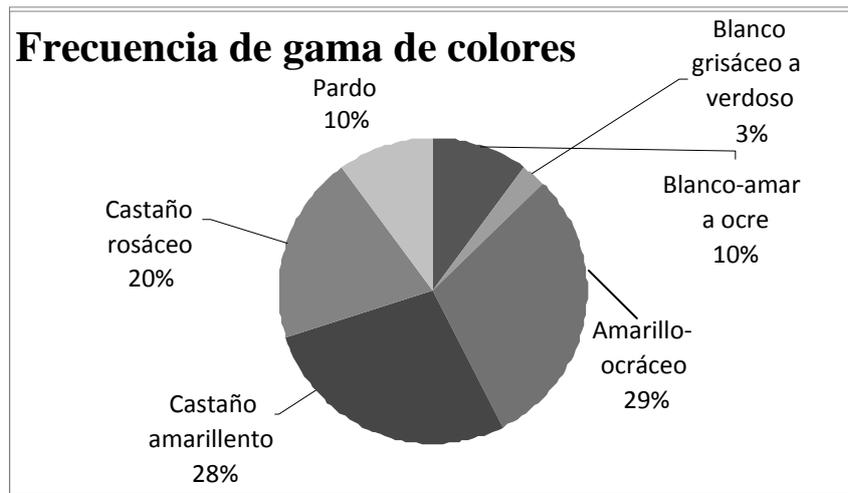
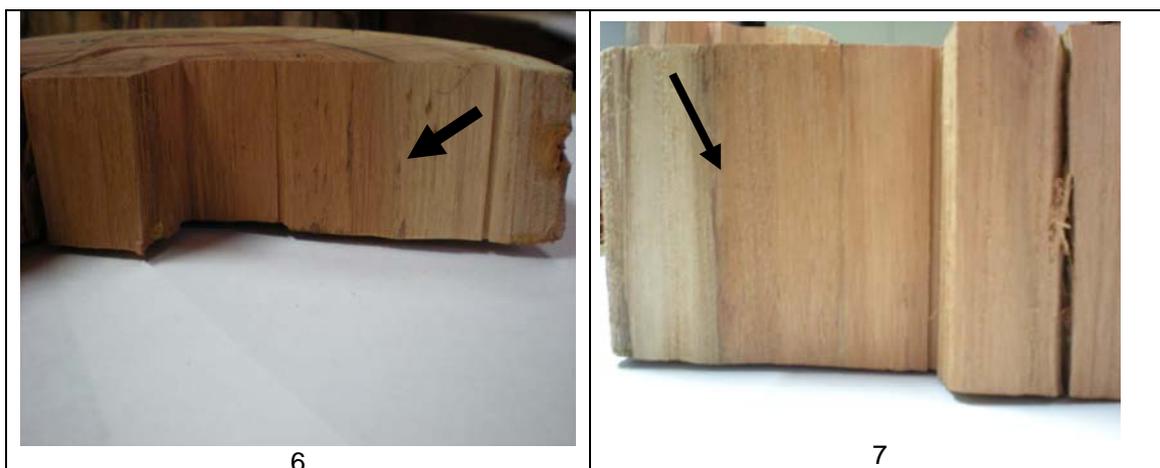


Figura N° 5- Frecuencia de colores de duramen de los ejemplares en estudio.

En la Fig. N° 5, se muestra la composición porcentual de la frecuencia de colores de duramen, en los individuos estudiados. Los ejemplares con coloración de duramen blanco amarillento o blanco grisáceo a verdoso no presentan una diferencia marcada con la albura. No así en los ejemplares de duramen oscuro.

Los colores mas frecuentes de duramen corresponden a los castaños (48%) Fig. 5 en diferente gama e intensidad y al amarillo ocráceo.

En general, en sección longitudinal, las muestras estudiadas muestran un vetado suave y poco definido, en la sección tangencial presentan un espigado ancho o bien, acaobado. En las superficies radiales se observan franjas paralelas de distinto brillo, Fig. N° 6-7, dentro de cada franja los elementos leñosos se disponen paralelos entre si y oblicuamente con respecto al eje vertical, formando ángulos con los elementos de los anillos contiguos.



Figuras N° 6-7. Secciones longitudinal y tangencial-Diferencia albura- duramen

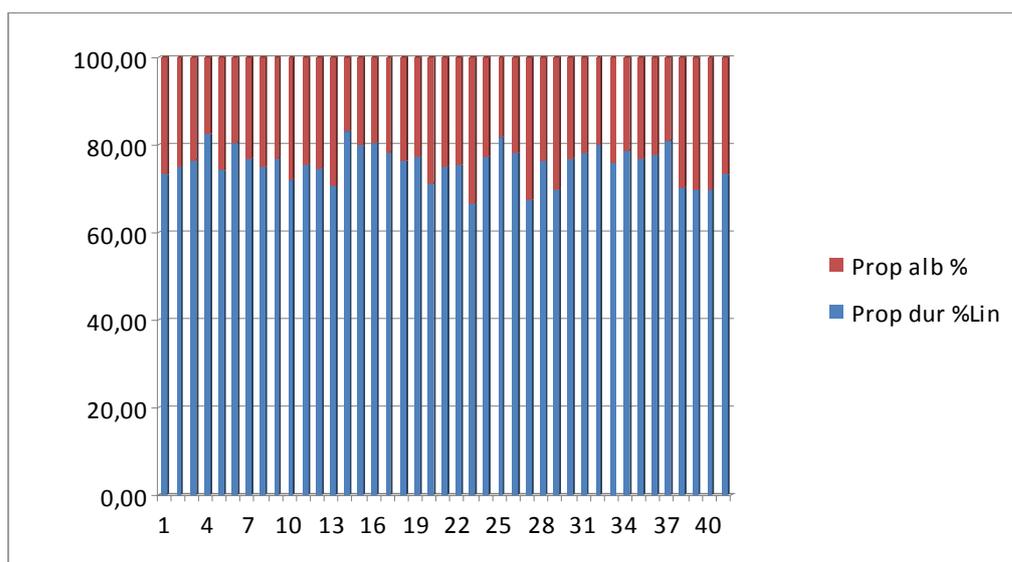


Figura N° 8. Relación espesor albura y duramen en porcentaje en los 40 individuos estudiados

Proporción albura duramen.

El espesor de albura más frecuente en número de anillos es 3, con diferencias de hasta 1 anillo. En algunos sectores, ellos pueden apreciarse con mayor claridad debido a la presencia de una línea oscura. El duramen comienza a formarse recién al 3er año de vida de los individuos.

La proporción lineal promedio de duramen es del 75,7 % con valores extremos de 67,3 % y 82,5 %. La proporción de superficie de duramen/superficie total alcanza 57,5 % de promedio, con valores extremos de 45 % y 68%.

Relación del radio de duramen y albura con las variables alométricas.

Los resultados de la correlación de Pearson entre los radios de albura y duramen y las variables alométricas se observan en la Tabla N° 2.

Como puede verse en la Tabla N° 2 se encontró una alta correlación entre el radio del duramen con las variables alométricas

Dap y el radio total (sin corteza) y el espesor medio de los anillos de crecimiento. El radio de albura no está correlacionado con el espesor de duramen. Tiene baja correlación positiva con el radio total y el Dap. El espesor de corteza se correlaciona negativamente con el espesor de albura y duramen y su variabilidad es independiente de las variables estudiadas.

Tabla N° 2- Correlación entre las variables estudiadas

	Dap	RadioTotal	Radio Albura	Radio duramen	Esp corteza	Esp. anillo
Dap	1	0,43	0,16	0,64	-0,22	0,18
RadioTotal		1	0,37	0,86	-0,02	0,06
Radio Albura			1	-0,15	-0,19	0,51
Radio duramen				1	0,08	0,71
Esp corteza					1	0,11
Esp. anillo						1

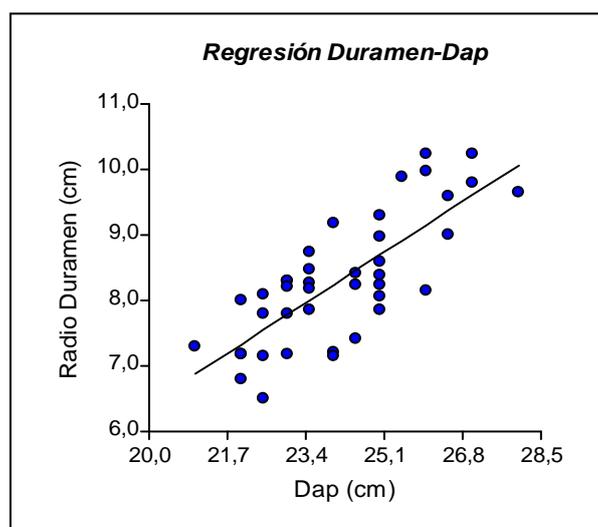


Fig. N° 9. Regresión Radio de duramen y diámetro a 1,30m

La representación gráfica de la Fig. N° 9, muestra que existe una correlación positiva entre las variables radio de duramen y Dap que ajusta a una recta según la ecuación:

$$RD = -2,71 + 0,46 Dap$$

RD = Radio de duramen

Dap = Diámetro a la altura de pecho (1,30 m)

El modelo predictivo lineal es altamente significativo ($p < 0,0001$) y explica el 60% de la variación observada del radio del duramen.

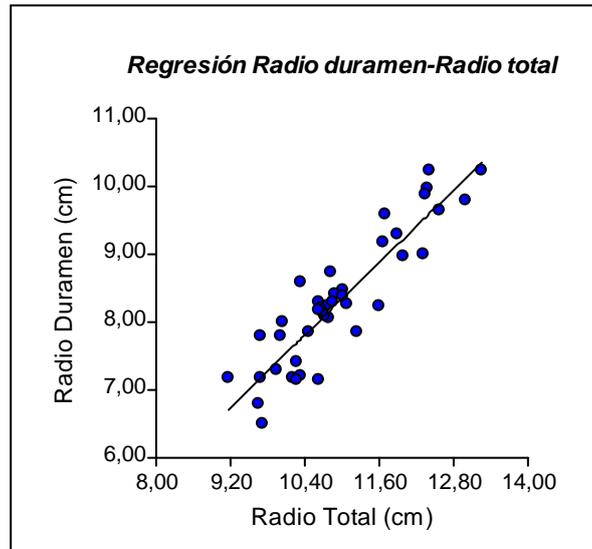


Fig. N° 10. Regresión radio de duramen con radio total sin corteza

En la Figura 10 se muestra que la relación radio de duramen y radio total sin corteza, ajusta a una recta cuya ecuación es:

$$RD = -1,44 + 0,89 \text{ Radio total}$$

En este caso el modelo predictivo lineal es altamente significativo ($p < 0,0001$) y explica el 82 % de la variación observada en el radio del duramen.

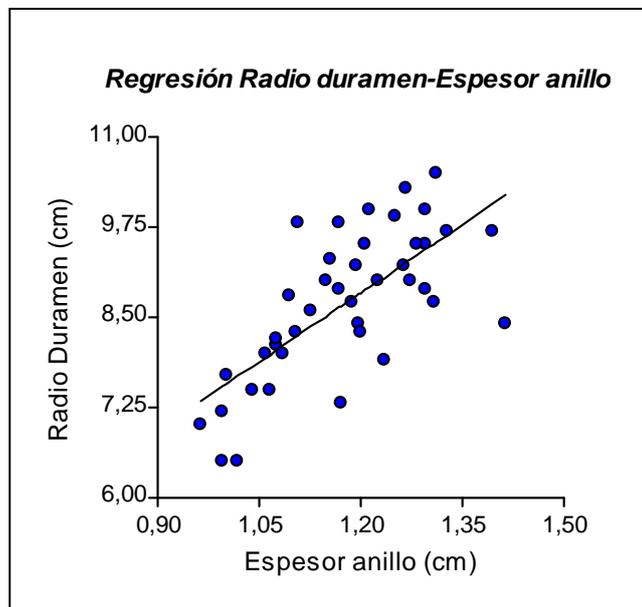


Fig. N° 11. Regresión radio de duramen con espesor medio de anillos

La regresión entre Radio de duramen y el espesor medio de anillos ajusta a una recta de ecuación:

$$RD = 1,23 + 6,34 \text{ Esp. anillo}$$

De acuerdo al análisis de varianza realizado, el modelo predictivo es altamente significativo ($p < 0,0001$).

El $R^2 = 50$ y por lo que el 50 % de la variabilidad del radio de duramen está explicada por la variabilidad de los espesores de anillo.

Discusión

Color de la madera. Los colores de albura varían entre blanco amarillento y blanco rosáceo. El color de duramen es diferente para cada árbol variando entre castaño a pardo, con mayor frecuencia de los castaños rosáceos o amarillentos. Los colores observados en los individuos estudiados son más claros que los citados en la literatura (ya que refieren al *E. camaldulensis* como eucalipto rojo y su color castaño rojizo intenso, en árboles maduros). De acuerdo a (Nelson et al. 1969; Nelson; Hillis, 1987; Wilkins, Stamp 1990) todos citados por Wilkins 1991, la variabilidad en color, se debe a diferentes extractivos presentes en el duramen y por lo tanto cualquier factor que afecte su cantidad tendrá influencia en su color además del envejecimiento.

El número de anillos de albura más frecuente encontrado en *E. camaldulensis* es 3. De acuerdo a Hillis (1987) el número de anillos de albura de algunas especies, luego de transcurrida su fase juvenil, es característico para la misma, y generalmente es una variable más consistente que su ancho. *Eucalyptus camaldulensis* tiene anillos de crecimiento escasamente demarcados debido a la presencia de una banda de fibras engrosadas y comprimidas tangencialmente, compuesta por 2-3 células de espesor. (Moglia et al. 2008). La diferenciación macroscópica por color entre albura y duramen es variable; gradual en

algunos ejemplares mientras que en otros esta diferencia es notoria.

La edad de formación del duramen encontrada es de 3 años. En muestras de 5 años de edad ya se observa claramente la formación de duramen. Hillis, (1987) expresa que en varias especies de *Eucalyptus* la formación de duramen comienza entre los 4-8 años. La duraminización implica muerte de células parenquimáticas y también cambios en las propiedades de la madera tales como permeabilidad, contenido de humedad, formación de tílides y modificaciones en la composición y proporción de compuestos accesorios.

La proporción de duramen lineal alcanza en algunos individuos el 75,7 % (67,3-82,5). Melo et al. (1987) comunican que la madera de *E. globulus* de 8 años de edad aún no presenta duramen, en cambio a la misma edad, *E. nitens* ya posee 12,1% Vol. de duramen. En plantaciones de *E. globulus* de 13 años de edad en la zona central de Chile presentan una variación de duramen en el rango de 30 a 43,7% Vol., comparados con *E. nitens* de 7 años que presentan hasta 71% Vol. de duramen.

El radio del duramen correlaciona positiva y significativamente con el DAP tomado a los 10 años de edad; similares resultados encontraron Morais y Pereira (2007), en *Eucalyptus globulus* a los 12 años de edad. Esta relación positiva y consistente entre una medida absoluta de duramen (radio o diámetro y el incremento radial parece ser una regla general en los árboles forestales, no solo en coníferas sino en latifoliadas como *Eucalyptus* (Wilkins, 1991) y teca (*Tectona grandis* L.f.) (Bhat y Pryta, 2001).

El espesor de corteza es independiente del diámetro y de los espesores de albura y duramen.

El espesor de albura es independiente de las variables estudiadas. Estos resultados concuerdan con los de Miranda et al (2008) quienes encontraron en *E. globulus* que el

radio de albura era independiente del diámetro. Nawrot *et al.* (2008) encontraron una muy baja relación entre el radio de albura y el diámetro en *Larix decidua*. Hillis (1987) señala que el ancho de albura en varias especies de *Eucalyptus* a los 15 años se mantiene prácticamente constante así como el número de anillos de albura. Por otro lado Wilkins (1991) encontró en *Eucalyptus grandis* que el porcentaje de albura correlacionaba negativamente con el rango de crecimiento.

Conclusiones

En los ejemplares estudiados de *E. camaldulensis* existe una amplia variedad de colores de duramen predominando casi en un 50% los castaños en diferente gama e intensidad pero más claros que los citados en la bibliografía para esta especie. El veteado es espigado suave y el grano oblicuo. El espesor de albura es 3, expresado en número de anillos. La proporción de duramen lineal a los 10 años alcanza el 75,7 %.

El radio del duramen correlaciona positiva y significativamente con el Dap, con el radio sin corteza y en menor proporción con los espesores de anillos. El mejor predictor del radio del duramen es el radio sin corteza.

Tanto el espesor de albura como el espesor de corteza no muestran relación con ninguna de las variables estudiadas.

Agradecimientos.

Este trabajo se realizó gracias al aporte que realiza el sistema de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Santiago del Estero, en el Proyecto “Evaluación de la calidad de Madera de Progenies de *Eucalyptus camaldulensis* en Santiago del Estero”.

A Mirta Sposetti, técnica del laboratorio de Anatomía de madera

A Cristine Schilinder por sus correcciones en inglés.

Referencias bibliográficas.

- Bamber, R.K. 1976. Heartwood, its function and formation. Wood Science and technology N°10:p.1-8.
- Bamber y Fukazawa, 1985. Sapwood and heartwood: a review. For. Abstr. 469, p. 567-580.
- Bhat, K.M. y Pryta, P. B. 2001. Characterization of juvenile wood in teak. Wood Science and Thecnology. N°34 p 517-532.
- Climent, J.; Chambel, M.R.; Perez, E.; Gil, L.; Pardos, J. 2002. Relationship between heartwood radius and early radial growth, tree age and climate in *Pinus canariensis* Chr. Sm. Can. J. For.Res. 32, 103–111.
- Doldán, J. 2003. Indicadores de Calidad de Madera *Eucalyptus grandis* de Río Negro, Uruguay: Contenido de Humedad, Densidad, Contracción y Largo de fibras. Proyecto JICA Informe de Investigación N° 9.
- Hazenberg, G. y Yang, K.C. 1991 Sapwood/heartwood width relationships with tree age in balsam fir. IAWA Bulletin n.s. Vol.12 (1): 95-99.
- Hillis, W. S. 1987. Heartwood and tree exudates, Springer-Verlag, Berlín.
- López, J. A. 2005. Un nuevo desafío en especies de rápido crecimiento en el NE de la Argentina: Madera de Calidad para Usos Sólidos. I DIAXXI
- Miranda, I.; Gominho J.; Pereira H. 2008. Variation of heartwood and sapwood in 18-year-old *Eucalyptus globulus* trees grown with different spacings. Trees Structure and Function Volume 23, Number 2 / abril de 2009 ISSN 1432-2285 (Online).
- Moglia, J. G.; Bravo, S.; Gerez, R. 2008. Anatomía comparada del leño de dos orígenes selectos de *Eucalyptus camaldulensis* Denhn (Myrtaceae), ensayados en la Provincia de Santiago del Estero, Región Chaqueña Argentina. Boletín de la SAB.
- Morais Pereira. 2007. Sapwood and, heartwood variation in *Eucalyptus globulus* Labill trees at the end of the rotaion for pulpwood production Ann. For Sci 64 665-6671.
- Nawrot, M.; Pazdrowski, W.; Szymański, M. 2008. Dynamics of heartwood formation and axial and radial distribution of sapwood and heartwood in stems of European larch (*Larix decidua* Mill.). Journal of Forest Science 54, (9): 409–417.
- Pelen P.; Poblete, H.; Inzunza, L. 1998. Duramen y albura de *Acacia melanoxylon* como materia prima para tableros de partículas. Bosque 19(2): 29-36.
- Rosso, F. y Ninin, P. 1998. Variabilidad en trozos de teca (*Tectona grandis* L.f.) provenientes de plantaciones de diferentes densidades arbóreas. Unidad Experimental. Reserva Forestal de Tipocoro, Barinas Venezuela. Vol. 42pp103-112.
- Shigo, A. L.1986. Journey to the center of a tree. American Forests 92: 18-22.
- Tortorelli, L. 2009. Maderas y Bosques Argentinos (2da ED) Orientación Gráfica Editora, 1111p ISBN 978-987-9260-70-8
- Wilkins, A.P. 1991. Sapwood, heartwood and bark thickness of sylviculturally treated *Eucalyptus grandis*. Wood Sci. Technol. 25:415-423 (1991).