

BREVE INFORME SOBRE LA VARIACION EN LA DENSIDAD DE LA MADERA DEL *PINUS OCCIDENTALIS* PROCEDENTE DE CUBA.

J. Burley, J. F. Hughes, H. J. Templeman e I. D. Gourlay. •

RESUMEN

En el Instituto Forestal de la Mancomunidad Británica, en Oxford, se está realizando una investigación sobre la calidad de la madera de las cuatro especies de pinos que crecen naturalmente en Cuba.

En este artículo se brinda un informe preliminar del estudio realizado sobre la densidad de la madera de *Pinus occidentalis* Sw., el cual indica que esta especie, en el bosque natural, tiene un promedio de crecimiento rápido y uniforme y que la densidad de su madera está por encima del promedio de la de los pinos tropicales.

Generalmente se acepta la densidad como un buen indicador de la calidad de la madera. Los estudios realizados indican que la densidad de la madera de *P. occidentalis* permite afirmar que su calidad es prometedora.

SUMMARY

The Commonwealth Forestry Institute, in Oxford, is carrying out a research on the quality of the four Cuban native pines.

This is a preliminary report of the study made about the density of the *Pinus occidentalis* Sw. wood, which indicates that this species has an even and fast growing rate in natural forest, and that its wood density is above the average of that of other tropical pines.

Density is generally accepted as a good indicator of the wood quality. The studies carried out show that the density of the *P. occidentalis* wood permits to state that it has a promising quality.

• Del Instituto Forestal de la Mancomunidad Británica, Oxford. Inglaterra.

R E S U M E

L'Institut Forestier du Commonwealth, d'Oxford, est en train de faire une recherche sur la qualité du bois des quatre pins indigènes de Cuba.

Ici nous présentons un renseignement préliminaire à l'étude réalisée sur la densité du bois du *Pinus occidentalis* Sw. qui montre que cette essence a une moyenne de croissance rapide et uniforme dans son habitat naturel, et que la densité de son bois est au-dessus de la moyenne de celle des autres pins tropicaux.

Il est généralement admis que la densité est un bon indicateur de la qualité du bois. Les études réalisées montrent que la densité du bois du *P. occidentalis* permet d'affirmer que sa qualité s'annonce particulièrement prometteuse.

INTRODUCCION

Se está realizando una investigación sobre la calidad de la madera del pino cubano como un estudio cooperativo del Instituto Forestal de la Mancomunidad, Oxford (CFI) y el Instituto Nacional de Desarrollo y Aprovechamiento Forestales, Cuba (INDAF). Se muestrearon diez árboles en dos parcelas de bosque natural de *Pinus caribaea* y *P. tropicalis* (al oeste de Cuba) y *P. cubensis* y *P. occidentalis* (al este de Cuba); además, se muestrearon dos parcelas de *P. caribaea* en plantaciones del sur del centro de Cuba.

Este informe se refiere solamente a la densidad del *P. occidentalis*; generalmente se acepta la densidad como un buen indicador de la calidad de la madera, y el propósito de este informe es hacer la presentación de la prometedoras calidad de la madera de esta especie.

METODOS

En 1968 se muestrearon 10 árboles procedentes de una parcela, seleccionada para representar el bosque típico natural, en El Jigüe, provincia de Oriente. La altura fluctuó entre 13,2 y 17,0 m y la circunferencia a la altura del pecho fue de 65-98 cm (20,6-31,2 m de

d. a. p.). Se cortaron discos de 10 cm de grueso al 5, 15, 35 y 65% de la altura total del árbol, se sumergieron en preservativo y se enviaron a Oxford. De cada disco se cortaron al azar dos franjas radiales y se elaboraron mecánicamente en secciones tangenciales de 5 x 5 mm.

A las franjas radiales se les hicieron radiografías y las películas se examinaron con un microdensitómetro Joyce-Loebl. La densidad se registró automáticamente en cinta de papel de computación para un conteo cada 200 μ . Se computaron la media, mínima, máxima y coeficiente de variación (C. V.%) de cada anillo de crecimiento anual definido (Echols, 1972).

Los árboles eran de diferentes edades, juzgados por el número variable de anillos claramente definidos en las muestras tomadas al 5% de la altura (9-16) y, por supuesto, el número de los anillos variaba con la altura de las muestras en los árboles; por lo que se usaron grupos ortogonales de datos para el análisis de varianza. Los dos grupos ortogonales comprendieron (i) datos de los nueve anillos interiores en el disco basal (5%) de todos los árboles (ii) datos de los cuatro anillos interiores en cuatro discos de todos los árboles. Se usaron datos de todas las muestras para el análisis de regresión.

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis de varianza

En estos análisis, los efectos de los anillos y de los discos se consideraron fijos, mientras que los de los árboles y radios se consideraron al azar. Las razones de varianza, la significación estadística y los componentes de varianza para los dos análisis ortogonales, se muestran en las tablas 1 y 2.

Virtualmente, todas las fuentes de variación son estadísticamente significativas, excepto los radios (densidad máxima y mínima, en la tabla 1) y los discos (densidad media y máxima, en la tabla 2). Sin embargo, gran parte de esta significación se debe a la alta precisión suministrada por el gran número de grados de libertad; juzgado por el porcentaje de la variación total estimada para cada componente individual de varianza, los efectos de los radios, discos e interacciones que tienen relación con los discos, no tienen prácticamente importancia. Las fuentes importantes de variación son los árboles y los anillos, con una contribución muy importante procedente de la interacción de anillos x árboles, lo que implica que el patrón de variación desde la medula hasta la corteza varía con los árboles.

Estos efectos son más pronunciados y más fácilmente interpretados para la densidad media y máxima que para la mínima y el coeficiente de variación de la densidad. La variación en las dos últimas características está repartida más equitativamente entre todas las fuentes, aunque la varianza de la densidad aumenta con el aumento de los anillos a partir de la medula. Por otra parte, el rango de estas características es pequeño (tabla 3) y no merece ulterior discusión.

Los rangos de las medias de los árboles para las densidades media y máxima son:

	Densidad media		Densidad máxima	
	Disco basal	4 discos	Disco basal	4 discos
Mínima	0,4991	0,4888	0,7107	0,6521
Máxima	0,6795	0,5905	0,8817	0,8346
Media	0,5822	0,5239	0,8074	0,7447
Error standard	0,0189	0,0097	0,0165	0,0145

La variación de la densidad media, máxima y mínima con el número de anillos, se muestra en la figura 1. Está claro que la densidad mínima alcanzada en un anillo anual, es virtualmente la misma para todos los anillos, mientras que la densidad media y máxima aumenta a partir de la medula.

Tabla 1. Análisis de varianza de la densidad en los discos basales, incluyendo nueve anillos.

Fuente		g.l.	Prueba contra número de entrada	Densidad media	C.V. de la densidad	Densidad máxima	Densidad mínima				
				R/V sign.C.V.%	R/V sign.	C.V.%	R/V sign. C.V.%				
1	Arboles	9	2	14,78***	30,14	5,02**	10,69	20,48***	18,87	11,13***	29,01
2	Radio en árboles	10	5	3,08**	2,95	1,99*	2,65	0,44	0,00	1,43	1,72
3	Anillos	8	4	11,94***	31,62	8,22***	31,29	23,56***	49,78	0,95	0,00
4	Anillos x árboles	72	5	4,52***	22,50	3,61***	31,37	2,37***	12,77	2,84***	33,18
5	Residuo	80		12,78			24,00		18,58		36,09

Nota: R/V = razón de varianzas. *

sign. = significativo al 5%

**1% nivel de probabilidad

***0,1% nivel de probabilidad

% C.V. = componente de varianza expresado como un porcentaje de la variación total

Tabla 2. Análisis de varianza de la densidad en cuatro discos con cuatro anillos anuales.

Fuente	Prueba contra G.L. de entre la	Densidad media	C.V. de la densidad	Densidad máxima	Densidad mínima
		R/V sign. C.V. %	R/V sign. C.V. %	R/V sign. C.V. %	R/V sign. C.V. %
1 Árboles	9	24,50***	26,75	19,33***	8,73
2 Discos	3	1,49	0,46	4,84**	1,78
3 Discos x árboles	27	2,06*	4,81	2,43***	2,73
4 Ralios en discos + árboles (H)	9	2,42***	5,35	0,98	0,00
5 Anillos	3	12,77***	12,93	54,84***	51,68
6 Anillos x árboles	27	5,84***	9,10	5,02***	7,69
7 Anillos x discos	9	0,78	2,27*	2,22	2,40*
8 Anillos x discos x árboles	81	4,40***	25,57	2,29***	9,87
9 Residuos	120	15,04	15,31	3,38***	13,41
				11,27	26,14

Nota: R/V = razón de varianza f

sign = significativo al 5%

**0,1%

***0,01%

componente de varianzn expreando como un porcentaje de la variación total

Tabla 3. Rango de valores extremos para la densidad mínima y la variación de la densidad

Fuente de rango	Densidad del C.V.%		Densidad mínima	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
<u>Discos basales</u>				
Entre árboles	16,1	23,7	0,3536	0,4676
Entre anillos	11,7	23,4	0,3923	0,4359
<u>Cuatro discos</u>				
Entre árboles	15,9	22,3	0,3542	0,4188
Entre discos	17,0	19,8	0,3762	0,4013
Entre anillos	11,0	25,0	0,3753	0,4159

Análisis de regresión

Debido a los amplios efectos atribuibles a los anillos, se realizaron análisis de regresión para determinar los mejores modelos lineales o cuadráticos que describirían cuantitativamente el patrón de variación dentro de los árboles. Se probaron los cinco modelos siguientes para la densidad mínima, media, máxima y la varianza de la misma.

- Modelo 1 $Y = f(R)$
2 $Y = f(R + R^2)$
3 $Y = f(H)$
4 $Y = f(H + H^2)$
5 $Y = f(R + R^2 + H + H^2)$

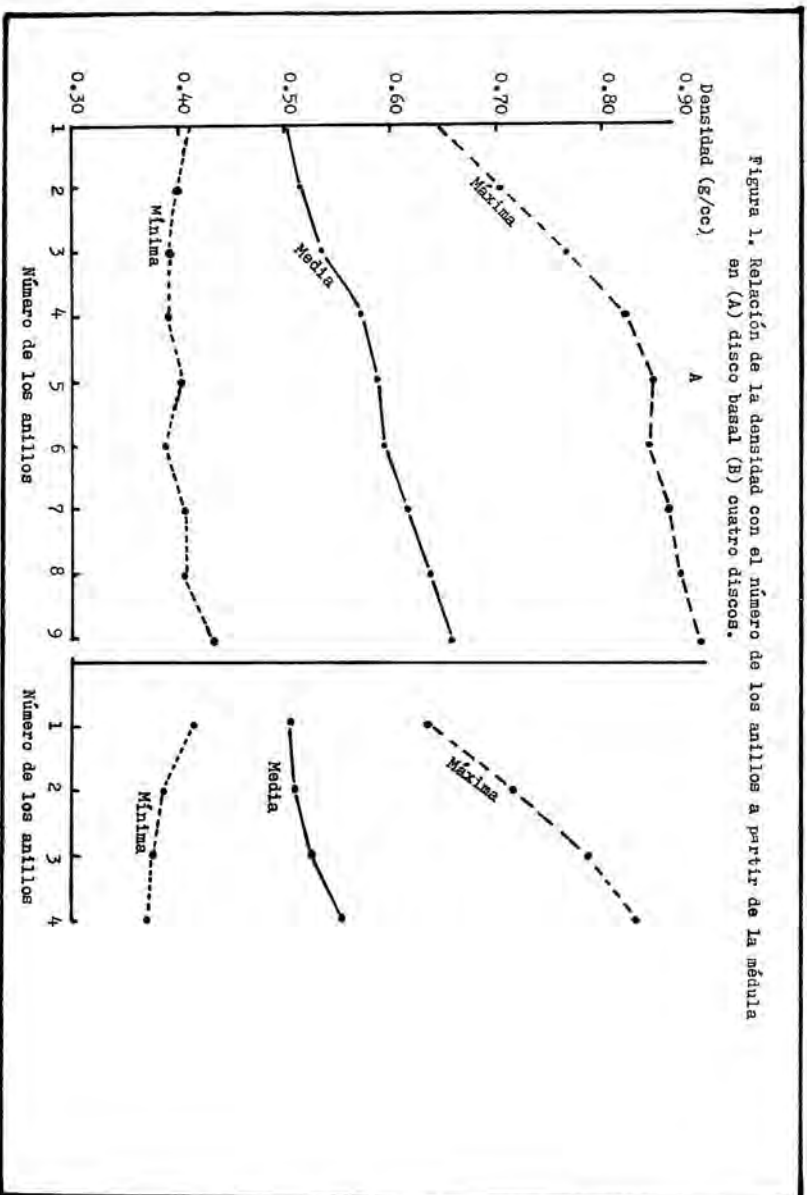
en los que Y es la variable dependiente, f es una función y R = número de anillos, mientras H = altura del disco. La altura se incluyó para lograr una perfección geométrica, aunque el análisis de varianza ya había indicado que el efecto de los discos era insignificante.

Cada modelo se probó para las cuatro características en cada árbol por separado y en combinación para los diez árboles, usando los datos disponibles (hasta 16 anillos en el disco inferior de algunos árboles).

Inicialmente, la bondad de ajuste de cada modelo puede juzgarse por su valor $r^2\%$ (coeficiente de determinación) y el resumen puede encontrarse en la tabla 4. Existe una variación considerable para todas las características entre árboles, por lo que las regresiones acumuladas se estiman en menos de la mitad de la variación. El modelo más complejo puede explicar casi los tres cuartos de la variación para algunos árboles individuales. (5).

Los efectos lineales y cuadráticos de la altura de la muestra carecieron de importancia casi sin excepción, (modelos 3 y 4), y añadieron poco al poder explicativo de los modelos 1 y 2 (efectos lineales y cuadráticos del número de anillos). Los efectos de los anillos variaron con los árboles, pero generalmente el término cuadrático agregó poco a la variación explicada por el término lineal solo (Fig. 1).

Figura 1. Relación de la densidad con el número de los anillos a partir de la médula en (A) disco basal (B) cuatro discos.



Debido al tamaño del efecto de la interacción de anillos $\times$ árboles, uno debe considerar estrictamente los patrones de anillos para cada árbol separadamente. No obstante, en un estudio inicial de muestreo de este tipo es de gran importancia conocer la tendencia general o promedio de la variación dentro de los árboles. Como se ve en la figura 1, esta tendencia con respecto a la densidad muestra un aumento lineal desde 0,50 hasta 0,66 g/cc (30-40 lb./pie³, aproximadamente) entre los anillos 1 y 9 en el disco basal. Esto es considerablemente mayor que los valores comúnmente reportados para la madera juvenil de los pinos del Caribe (ver ej. en Burley, Hughes, Franklin y Gourlay, 1973) y la proporción del cambio de densidad desde la médula hacia la corteza no es excesiva.

Esto haría que la madera fuera deseable para pulpa y, si los promedios de crecimiento fuesen lo suficientemente uniformes, se podría predecir como valiosa para la producción de madera aserrable. En este trabajo se encontraron diferencias considerables entre los árboles en el patrón de variación del ancho del anillo, pero en el promedio, una vez que se formaron los 3 ó 4 anillos interiores, el ancho del anillo se mantenía razonablemente uniforme desde el anillo 4 hasta el 9 (fluctuando aproximadamente de 9-11 mm, ver figura 2).

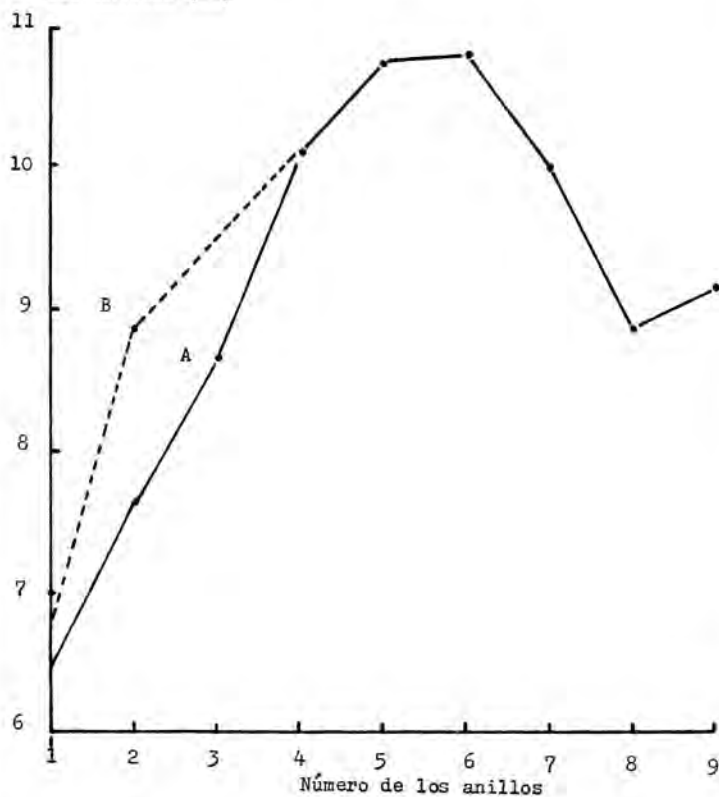
CONCLUSIONES

Este estudio preliminar indica que el *P. occidentalis* en bosque natural (que sufrió una tala excesiva en la década de los 50) tiene un promedio de crecimiento rápido y uniforme, y la densidad de su madera está por encima del promedio de la de los pinos tropicales. Muestra los patrones usuales de variación con diferencias grandes y al azar entre árboles y diferencias grandes y sistemáticas entre los anillos anuales. Existe poca variación con respecto a la altura en el fuste.

Este mismo material procedente de Cuba se está usando para estudiar las características de las traqueidas (largo, diámetro, espesor de la pared) y sus propiedades para la producción de pulpa. Sería conveniente examinar el crecimiento y propiedades de la especie como planta exótica.

Figura 2. Relación del ancho de los anillos (radial) con el número de los anillos a partir de la médula en (A) disco basal, (B) cuatro-

discos.
Ancho radial de los anillos (mm)



REFERENCIAS

BURLEY, J., J. F. HUGHES, P. FRANKLIN y 1. GOURLAY

- 1973.** "Breve informe sobre la variación en la densidad y largo de las traqueidas en diez ejemplares de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. y Golf. procedentes de Jamaica." Actas del Simposio IUFRO "Selección y mejoramiento genético para perfeccionar algunas coníferas tropicales", Gainesville, Florida. (Burley, J. y D. G. Nikles, Editores). Inglaterra, Vol. 2: 72-85.

ECHOLS, R. M.

- 1972.** "Conveniencia productiva de la madera, determinada por los gradientes de la densidad a través de los anillos de crecimiento." U. S. For. Serv. Res. Nota **PSW-273**, 6 pp.