

UNA METODOLOGIA PARA LA ESTIMACION DE LA DENSIDAD DE LA MADERA DE ARBOLES EN PIE Y DE SU GRADO DE VARIABILIDAD EN *PINUS PINASTER* Ait.

E. NOTIVOL

L. A. GIL

J. A. PARDOS

Departamento de Silvopascicultura. ETSI Montes
Ciudad Universitaria - 28040 Madrid

RESUMEN

La densidad de la madera es un parámetro a tener en cuenta en los programas de mejora genética forestal. En el presente trabajo se estudia la validez del Pilodyn como método estimativo de la densidad de la madera en árboles en pie, mediante regresiones entre la penetración producida por el Pilodyn y valores de densidad medidos convencionalmente, obteniéndose valores de hasta - 0,81.

Por otro lado, se aplica el Pilodyn en mayor escala a 13 procedencias en una parcela de procedencias de *P. pinaster* Ait. para estudiar la variabilidad de dicho parámetro.

El método se valida para fines comparativos y de selección, y se observan diferencias significativas entre procedencias.

PALABRAS CLAVE: Pilodyn
Densidad
Procedencias
Variabilidad
Pinus pinaster

INTRODUCCION

La densidad de la madera no puede considerarse un rasgo «per se», sino expresión de la presencia relativa de los distintos elementos celulares que la componen (vasos, traqueidas, fibras, células de parénquima) y de la variación de su pared celular, lumen, y espacios intercelulares. Fundamentalmente, depende de tres factores: del porcentaje de madera de otoño, del tamaño de las células y del grosor de la pared celular (Zobel, Talbert, 1984).

En cualquier caso, la densidad sirve para caracterizar tecnológicamente la madera, presentando una acentuada correlación con la mayoría de las características físico-mecánicas en el caso de *Pinus pinaster* Ait. (Remacha, 1987), y muestra en muchas especies una apreciable variabilidad entre procedencias, entre individuos y aún dentro del mismo árbol (Taylor, 1981; Zobel, Talbert, 1984).

Recibido: 19-2-91

Aceptado para su publicación: 31-7-91

Su correlación con el crecimiento es asimismo variable y la idea, un tanto extendida, de que en maderas blandas (coníferas en general) aquélla es claramente negativa y alta, no es generalizable (Zobel, Van Buijtenen, 1989). En tal caso la tasa de crecimiento y la densidad se comportan como caracteres bajo distinto control genético, susceptibles de heredarse independientemente y, en consecuencia, de una potencial mejora conjunta.

La densidad de la madera es, por tanto, un parámetro muy a tener en cuenta en los programas de mejora genética forestal, medible con vistas al mejor uso de las procedencias y, más aún, para la selección de individuos dada la gran variación que a nivel individual presenta dicho carácter.

Los métodos tradicionales de medida de la densidad implican la toma de probetas de los árboles y la determinación del peso (saturado, anhidro, al 12 p. 100 de humedad...) (Kollmann, 1959) y volumen de las mismas. Dadas las características porosas e higroscópicas de la madera, se tropieza con ciertas dificultades al determinar el volumen por desplazamiento de fluidos y el tiempo exigido es elevado y no permite el manejo eficaz del gran número de muestras a que obliga este tipo de estudios.

De ahí que se recurra a procedimientos indirectos (Cown, 1978; De la Mata, 1981; Martínez Millán, 1984), que permiten efectuar mediciones en árboles en pie. Ello se traduce en un mayor rendimiento, a costa de una pérdida de precisión en los valores obtenidos por la estimación, pero que, relativizada y para medidas comparativas, reviste escasa importancia.

En el presente trabajo se exponen los resultados de la aplicación experimental de un instrumento llamado «Pilodyn», el cual provoca, por acción de un resorte mecánico, la penetración en la madera de un elemento punzante, penetración que guarda una relación inversa con la densidad. Esta se expresa a través de un análisis de regresión entre los valores de la densidad, medida convencionalmente en una muestra representativa de la población, y las medidas de penetración del Pilodyn en el xilema del tronco de los árboles.

MATERIAL Y METODOS

Las medidas se llevaron a cabo en 1988; por una parte, en árboles en pie pertenecientes a una parcela (diseño en bloques aleatorizados) establecida en 1954 para el ensayo de procedencias de *P. pinaster* Ait. en Viana de Cega (Valladolid) a un marco de 2,5 m y a una altitud de 670 m; y por otra, en una masa natural (diseño totalmente aleatorizado) de la misma especie en Cuéllar (Segovia) a una altitud de 870 m y sobre una muestra de 36 árboles.

Se escogieron 13 procedencias que se reparten del siguiente modo: 8 españolas, 3 francesas, una portuguesa y una marroquí. En la Tabla 1 pueden identificarse dichas procedencias, así como el número de árboles en los que se ensayó el Pilodyn para cada una de ellas.

Para comprobar la bondad del método como estimador de la densidad de la madera, del total de árboles y procedencias muestreadas con el Pilodyn (390), se tomaron 4 procedencias (identificadas con un asterisco en la Tabla 1) y en cada una de ellas 15 árboles de los que se extrajo una probeta de madera para su determinación de la densidad en laboratorio por medios convencionales. Dichas muestras, con una longitud de 40 mm, se extrajeron próximas al punto de aplicación del Pilodyn, a la altura normal (1,3 m) con una barrena de Pressler de 12 mm de diámetro interno.

TABLA 1

VALORES MEDIOS DE PENETRACION EN mm OBTENIDOS POR EL PILODYN EN LAS DIFERENTES PROCEDENCIAS ESTUDIADAS (las precedidas por * han sido utilizadas para la determinación de la densidad en laboratorio) EN EL ENSAYO DE VIANA DE CEGA (VALLADOLID)

*Average penetration values in mm given by Pilodyn in the provenances test in Viana de Cega (Valladolid). Provenances preceded by * were used for conventional specific gravity assesment in laboratory*

TEST DE MEDIAS DE TUKEY ($\alpha = 0,05$)			
Procedencia	Núm. Arb.	Media	Desv. Est.
* Astorga	30	18,24 A	1,683
* Albuñuelas	28	17,78 A	1,554
Cuéllar	26	16,49 B	1,085
Siles	30	16,44 B C	1,106
Sefrou (Marruecos)	29	16,37 B C	1,317
Ribadeo	25	16,30 B C	1,299
Córcega (Francia)	29	16,21 B C	1,756
Leiria (Portugal)	28	16,03 B C	1,666
Esterel (Francia)	28	15,88 B C	1,375
* Arenas de San Pedro	30	15,77 B C	1,356
Gea de Albarracín	30	15,71 B C	1,354
* Landas (Francia)	30	15,28 B C	1,450
Cillaperlata	26	15,22 C	1,469
TOTAL	369	16,29	1,430

Tras su obtención del árbol se trataron con fungicida (Captan 1 p. 100 inmersión 5 min.), se secaron al aire durante 24 h y se almacenaron a 4 °C hasta su uso. El peso anhidro se determinó tras secado en estufa a 102 ± 2 °C, y el volumen se evaluó mediante volumenómetro de Breuill (Kollman, 1959).

Para la aplicación del Pilodyn se eliminó previamente la corteza en el lugar de la toma (dos por árbol, diametralmente opuestas) con la ayuda de un hacha y un rascador o «raedera» (empleada normalmente en labores de resinación) a modo de cepillo de carpintero hasta llegar homogéneamente a la superficie del xilema.

A los valores de densidad y penetración se aplicó un modelo lineal $Y = bx + a$ de regresión y un análisis de varianza, calculándose el coeficiente de correlación y de determinación.

Por otra parte, los valores de la longitud de penetración del Pilodyn se sometieron a un análisis de varianza y se les aplicó el test de agrupación de medias de Tukey (Sokal, Rohlf, 1979) por procedencias a fin de evaluar la influencia de la procedencia en la densidad y ordenar y agrupar las distintas procedencias en función de dicho carácter.

RESULTADOS Y DISCUSION

Correlación densidad-penetración

Los valores medios de densidad por procedencia y media total, junto con su desviación, así como los coeficientes de correlación y determinación se presentan en la Tabla 2.

TABLA 2
VALORES MEDIOS DE DENSIDAD OBTENIDOS CONVENCIONALMENTE EN LABORATORIO Y COEFICIENTES DE CORRELACION DENSIDAD-PENETRACION
Average specific gravity values conventionally assessed in laboratory and correlation coefficient S.G.-penetration

	DENSIDAD g/cm ³		
	Media	Máximo	Mínimo
Arenas	0,525 ± 0,036	0,573	0,445
Astorga	0,498 ± 0,071	0,724	0,428
Albuñuelas	0,498 ± 0,030	0,543	0,432
Landas	0,531 ± 0,028	0,520	0,467
Cuéllar	0,517 ± 0,057	0,643	0,402
TOTAL	0,513 ± 0,041	0,603	0,443

	Coef. Corr.	Coef. Det.
Conjunto Procedencias		
Astorga	- 0,73	53,96 p. 100
Albuñuelas	- 0,81	66,78 p. 100
Arenas de San Pedro	- 0,38	14,76 p. 100
Landas	- 0,66	44,61 p. 100
Masa Natural (Cuéllar)	- 0,73	54,39 p. 100
	- 0,68	46,79 p. 100

La relación inversa existente entre ambas clases de valores se refleja en las rectas de regresión mostradas en la Figura 1 para la parcela de procedencias de Viana de Cega, y en la Figura 2 para la masa natural de Cuéllar. Los coeficientes de correlación obtenidos para las mismas son de - 0,73 y - 0,68, respectivamente. Dichos valores verifican la relación existente y refrendan la utilidad del método.

Variabilidad de la densidad estimada por penetración del Pilodyn

La Tabla 1 muestra los valores medio, con su desviación estándar de la penetración del Pilodyn para los 30 árboles por procedencia.

El análisis de la varianza y el test de medias (Tablas 3 y 1, respectivamente), demuestra que el modelo escogido es significativo. El modelo matemático empleado fue:

$$D_{ij} = \mu + P_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

siendo,

- D_{ij} : Estimación de la densidad por la penetración del Pilodyn.
- μ : Medida poblacional.
- P_i : Efecto debido a las distintas procedencias.
- B_j : Efecto debido a los bloques.
- ε_{ij} : Residuo o error.

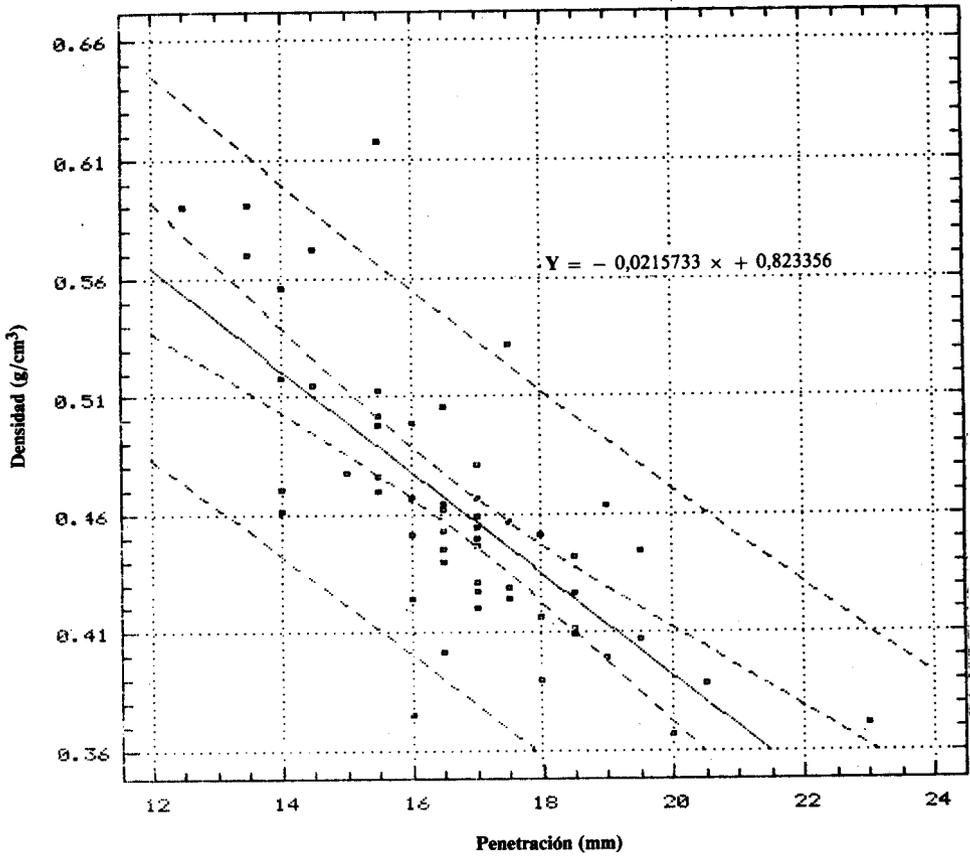


Fig. 1.—Regresión entre la densidad medida convencionalmente y la penetración del Pilodyn en la Parcela de procedencias de Viana de Cega (Valladolid).
Regression of specific gravity conventionally assessed versus Pilodyn penetration in the provenances test in Viana de Cega (Valladolid).

TABLA 3
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA PENETRACION PRODUCIDA POR EL PILODYN
Variance analysis of Pilodyn penetration

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Variable: Penetración (mm)					
Fuente de Variación	GL	Sum. Cuad.	Cuad. Med.	F	Pr > F
Modelo	14	289,092	20,650	10,09	0,0001
Procedencia	12	263,381	21,984	10,73	0,0001
Bloque	2	25,711	12,856	6,28	0,0021
Error	354	724,419	2,046		
Total	368	1.013,512			
Coef. Var.: 8,779 p. 100		Desv. Est.: 1,4305		Media: 16,2947	

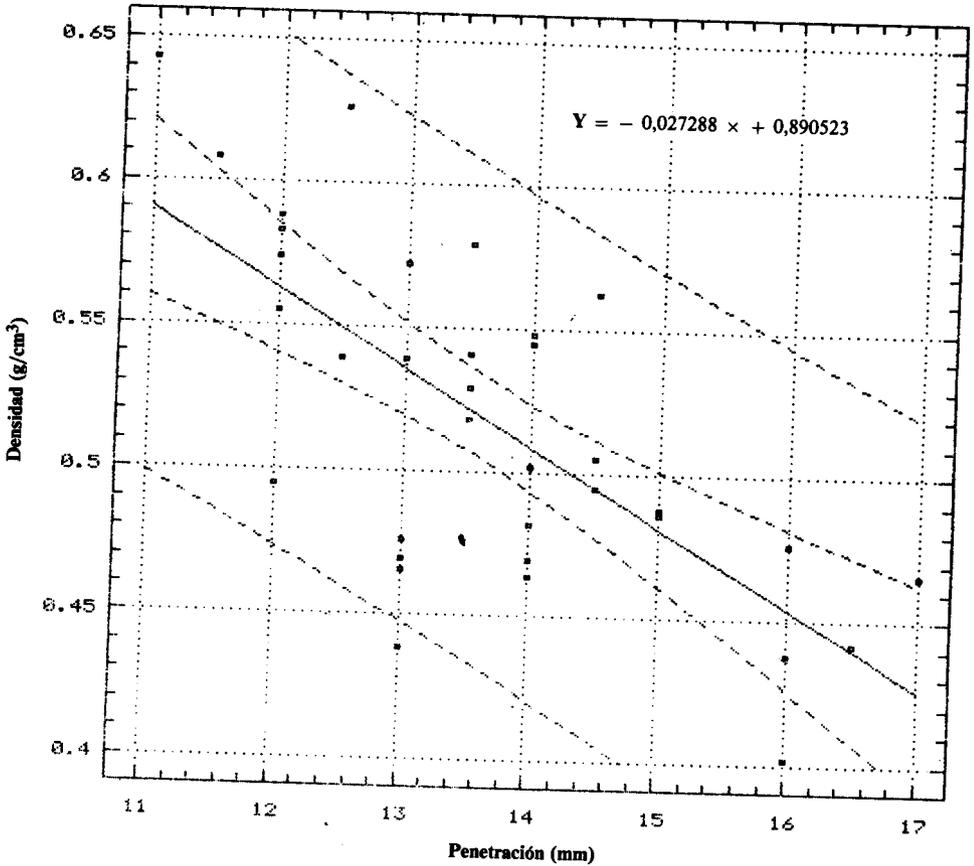


Fig. 2.—Regresión entre la densidad medida convencionalmente y la penetración del Pilodyn en la masaa natural de Cuéllar (Segovia).
Regression of specific gravity conventionaly assessed versus Pilodyn penetration in a natural stand in Cuéllar (Segovia).

El efecto de la procedencia sobre la densidad, resulta significativa ($Pr > F: 0,0001$), así como el efecto bloque, lo que indica una falta de homogeneidad ambiental en los bloques que afectan a la densidad. Tanto el error como el coeficiente de variación tienen valores reducidos (cuadro de análisis de varianza, Tabla 3).

El test de Tukey (Sokal, Rohlf, 1979) permite la ordenación y agrupación de las procedencias según su densidad estimada (penetración) en sentido decreciente. Los valores precedidos de la misma letra (A, B, C) no muestran diferencias significativas entre sí.

CONCLUSIONES

La densidad de la madera, determinada en el laboratorio, y la penetración del Pilodyn sobre árboles en pie, muestran una correlación aceptable (coef. de $-0,73$), lo que indica la

susceptibilidad del método como medio estimativo de la densidad de árboles de *Pinus pinaster* Ait. en el monte.

En cualquier caso, el sistema empleado resulta de utilidad con fines comparativos y, dado el rango de variación de los resultados obtenidos entre individuos y entre procedencias, resultaría aplicable para una selección de aquéllos o para una mejor caracterización de las segundas.

La existencia de árboles con valores de densidad estimada de $0,6 \text{ g/cm}^3$, frente a otros que no sobrepasan los $0,4 \text{ g/cm}^3$, muestra la evidencia de una cierta variabilidad en dicho carácter, susceptible de ser aprovechada con fines de selección.

Las agrupaciones de medias que se desprenden del test de Tuckey no permiten establecer una variación clinal en la densidad así estimada.

SUMMARY

Wood specific gravity and variability estimation in *Pinus pinaster* Ait, trees

Wood specific gravity is a very important parameter in tree improvement programs. In this paper, the use of Pilodyn wood tester is analyzed as a method for rapid assessment of S.G. by means of regression curves between depth penetration and S.G., conventionally assessed. The regression coefficient reached up to a $-0,81$ value.

When the method was applied to 13 provenances of *P. pinaster* Ait., growing at the same place, only some provenances showed significant differences.

The method could be useful for mass selection. The values of the estimated S.G. could be also useful, as an additional trait for provenance characterization.

KEY WORDS: Pilodyn
Specific gravity
Provenances
Variability
Pinus pinaster Ait.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- COWN D. J., 1978. Comparison of the Pilodyn and Torsiometer methods for the rapid assesment of wood density in living trees. *New Zeland Journal of Forestry Science*, 8, 384-391.
- DE LA MATA A., 1981. Proposición de un método para determinar la densidad básica de la madera, aplicado al *E. globulus* en Galicia. Pontevedra. Sin publicar.
- KOLLMAN F., 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Ministerio de Agricultura IFIE y servicio de la madera. Madrid, 359-398.
- MARTINEZ MILLAN F. J., 1984. Estudio de los anillos de crecimiento de una sequoia de El Pardo y su correlación con la pluviometría. Sin publicar. Convenio Hidroeléctrica Española - Fundación Conde del Valle de Salazar.
- REMACHA A., 1987. Características físico-mecánicas de la madera de *Pinus pinaster* var. Atlántica. Tesis doctoral. ETSIM.
- SOKAL R. R., ROHLF F. J., 1979. *Biometría. Principios básicos estadísticos en la investigación biológica*. Blume Ediciones, Madrid, 432 pp.
- TAYLOR F. W., 1981. Rapid determination of Southern pine specific gravity with Pilodyn tester. *Forest Science* 1, 59-61.
- ZOBEL B. J., TALBERT J. T., 1984. *Applied forest tree improvement*. John Wiley & Sons Inc. New York, 505 pp.
- ZOBEL B. J., VAN BUIJTENEN J. P., 1989. *Wood variation. Its causes and Control*. Springer - Verlag, 363 pp.