

DETERMINACIÓN DE DENSIDAD DE LA MADERA DE SAUCES CON PILODYN: CALIBRACIÓN

MONTEOLIVA S.

Doctora, Investigador Adjunto CONICET, Jefe de Trabajos Prácticos Cátedra de Xilotecología, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. CC 31 (1900) La Plata, Argentina
smonteoliva@yahoo.com.ar

RESUMEN

La determinación de propiedades de la madera a través de métodos no destructivos es muy importante dentro de los programas de mejoramiento forestal. Dentro de las propiedades más importantes se destaca la densidad de la madera por su conocida asociación con la calidad del producto final, tanto para madera sólida como para pulpa. El pilodyn es un aparato sencillo diseñado para disparar una aguja que penetra en la madera con una fuerza determinada. Existe una relación entre resistencia a la penetración de la aguja (en milímetros) y densidad de la madera.

El objetivo del trabajo fue obtener una ecuación de ajuste (calibración) para predecir la densidad de la madera de sauces en árboles en pie, a partir de la lectura de una medición indirecta no destructiva (resistencia a la penetración con pilodyn). Los clones involucrados fueron: sauce americano, sauces híbridos 'A 131-27' y 'A 13-44'. Los sitios fueron en el delta bonaerense y entrerriano en establecimientos forestales de Papel Prensa SA (Las Carabelas y Las Animas). Se obtuvieron mediciones de penetración sobre los árboles recién apeados para 2 edades por clon (entre 8-14 años) y dos situaciones ambientales (dentro de dique y fuera de dique). Sobre los mismos 15 árboles (5 árboles por edad, por sitio y por clon) se cortaron rodajas para la obtención de densidad por el método tradicional de pesadas y desplazamiento de fluidos. Se tomaron mediciones de pilodyn y muestras sobre tres posiciones en el fuste (las 3 primeras trozas de 2,20m cada una). Sobre 1492 determinaciones de pilodyn el promedio de penetración general fue de 12 mm (10mm para americano, 14mm para el 131-27 y 11mm para el 13-44), mientras que la densidad general fue de 0,406 g/cm³ (0,420 g/cm³ para americano, 0,373 g/cm³ para el 131-27 y 0,425 g/cm³ para el 13-44). A través de una regresión simple se realizó la asociación entre densidad y penetración del pilodyn. La ecuación de ajuste general es: Densidad básica (g/cm³) = 0,4729 – 0,0087 pilodyn (mm), con un R² ajustado= 0,50. La generación de ecuaciones por clon y por sitio no mejoró el ajuste. Es posible, a partir de este método no destructivo, determinar en forma rápida y sencilla densidad de la madera en árboles en pie, con objetivo de selección de individuos de sauces con mejores densidades dentro de un programa de mejoramiento.

Palabras clave: método no destructivo, densidad de la madera, regresión, mejoramiento, sauces delta

INTRODUCCIÓN

La determinación de propiedades de la madera a través de métodos no destructivos es muy importante dentro de los programas de mejoramiento forestal. Dentro de las propiedades más importantes se destaca la densidad de la madera por su conocida asociación con la calidad del producto final, tanto para madera sólida como para pulpa (Barnet y Jeronimidis, 2003; Zobel y Talbert, 1988). El pilodyn es un aparato sencillo diseñado para disparar una aguja que penetra en la madera con una fuerza determinada. Existe una relación entre resistencia a la

penetración de la aguja (en milímetros) y densidad de la madera (Raymond & MacDonald, 1998).

El objetivo del trabajo fue obtener una ecuación de ajuste (calibración) para predecir la densidad de la madera de sauces en árboles en pie, a partir de la lectura de una medición indirecta no destructiva (resistencia a la penetración con pilodyn).

MATERIALES Y MÉTODOS

El material experimental consistió en cuatro clones ampliamente difundidos en el Delta.

Se muestrearon plantaciones comerciales de: *Salix babylonica* var. *sacramento* "sauce americano", *S. babylonica* x *Salix alba* 'A 131-27', *S. babylonica* x *S. alba* 'A 131-25', *S. matsudana* x *S. alba* 'A 13-44'.

Los muestreos se realizaron en septiembre de 2009 en tres sitios:

1. DELTA MEDIO "fuera de dique" (DM), suelos Hidracuentes sistematizados con inundación recurrente y largos períodos de anegamiento. Establecimiento "Las Animas", de Papel Prensa S.A., Villa Paranacito, provincia de Entre Ríos (33° 45' Lat. Sur; 59° 05' Long. Oeste).
2. BAJO DELTA "dentro de dique" (BD dd), suelos hidromórficos, semipantanosos, formados por elementos finos. Terreno protegido de las inundaciones por un dique de 5,50m de cota y con sistemas de bombeo para el desalojo rápido del agua que ocasionalmente pueda afectarlo. Los suelos han sido cultivados los últimos 70 años con frutales y álamos principalmente. Establecimiento "Las Carabelas", de Papel Prensa S.A., 1° Sección de Islas, provincia de Buenos Aires (34°30' Lat. Sur; 59°00' Long. Oeste).
3. BAJO DELTA "fuera de dique" (BD fd), ídem BD dd, pero el terreno cuenta con un dique de menor cota (3,50m), siendo afectado por inundaciones recurrentes, en las que el tiempo de evacuación del agua está condicionado por las sudestadas del Río de La Plata. Los suelos son prácticamente vírgenes. Establecimiento "Las Carabelas", de Papel Prensa S.A., 1° Sección de Islas, provincia de Buenos Aires (34°30' Lat. Sur; 59°00' Long. Oeste).

Para el análisis estadístico de los datos se consideró el sitio 1 y 3 como una unidad denominada "Fuera de Dique" (FD) y el sitio 2 como "Dentro de Dique" (DD).

Se aparearon 15 árboles por clon. El diseño de muestreo involucra las siguientes fuentes de variación de la densidad: clon, sitio, edad (2 rangos de edad: 7-8 años y 10-14 años), posición en el fuste (las 3 primeras trozas de 2,20m cada una). De cada una de las tres trozas por árbol se retiró 2 rodajas sucesivas de 5 y 15 cm de espesor respectivamente. Con la primera rodaja se determinó la densidad básica (peso seco/volumen saturado) con el método tradicional de pesadas y desplazamiento de fluidos en laboratorio (Norma TAPPI T258). Sobre la segunda rodaja se realizaron las determinaciones de penetración del pilodyn. Estas rodajas fueron descortezadas a campo para realizar dos mediciones con pilodyn (penetración en mm) sobre la superficie tangencial de la misma.

Determinaciones con pilodyn Standard 6J (Marca Proceq): se realizaron dos por posición en el fuste (6 por árbol) sobre las rodajas descortezadas para controlar error experimental de lectura. La lectura de la penetración se realiza en forma analógica sobre el instrumento, la precisión del mismo es de 2mm.



Se realizaron análisis estadísticos básicos de medias, desvíos, coeficientes de variación, gráficos de dispersión. Se hallaron ecuaciones de ajuste para predecir la densidad básica de la madera a través de regresiones lineales simples.

RESULTADOS

La Tabla 1 presenta los descriptivos generales por clon: número de determinaciones (N), media, desvío, error estándar, CV y límites de confianza.

Tabla 1. Descriptivos generales

Clon	N	Media	Penetración pilodyn (mm)				
			Desvío	CV	Error std	-95,00%	95,00%
Americano	45	14	2,45	17%	0,37	12,95	14,43
131-27	45	17	2,20	13%	0,33	16,16	17,48
13-44	30	14	2,11	15%	0,39	12,94	14,52

Los sauces americano y 13-44 fueron los que mayor resistencia mostraron a la penetración de la aguja del pilodyn. Este resultado está en relación con la mayor densidad de la madera de estos clones.

Calibración

Se determinó la densidad básica (peso seco/volumen saturado) con el método tradicional de probetas y desplazamiento de fluidos para realizar una calibración entre penetración de pilodyn y densidad real del material.

Los datos promedios de densidad básica (g/cm^3) por clon se indican en la tabla 2.

Tabla 2. Densidad básica por clon, test de Tukey.

Clon	Densidad promedio (g/cm^3)
131-27	0,373 a
Americano	0,420 b
13-44	0,425 b

Según el test de comparación de medias (Tukey) las diferencias significativas fueron entre el híbrido 131-27 y los otros dos.

A través de una regresión simple se realizó la asociación entre densidad y penetración del pilodyn para todos los clones y sitios en conjunto, y para una serie de restricciones de datos (sitio, altura de muestreo=troza) (tabla 3). Por medio de estas ecuaciones se puede predecir el valor de densidad de ejemplares de sauce, a partir de un valor de penetración promedio de pilodyn.

Tabla 3. Ecuaciones de regresión simple para la variable dependiente densidad básica (DB)

Restricción	N	Ecuación	R ²
Todos los clones y sitios	120	(1) DB= 0,473 – 0,0087 pilodyn	0,50
Americano	45	(2) DB= 0,48 – 0,0043 pilodyn	0,21
131-27	45	(3) DB= 0,47 – 0,0059 pilodyn	0,30
13-44	30	(4) DB= 0,53 – 0,0081 pilodyn	0,37
Sitio DD, todos los clones	45	(5) DB= 0,48 – 0,0059 pilodyn	0,33
Sitio FD, todos los clones	75	(6) DB= 0,55 – 0,010 pilodyn	0,56
Troza 1, todos los clones	40	(7) DB= 0,52 – 0,008 pilodyn	0,31

Ninguna de las ecuaciones tuvo altos valores de ajuste evaluados a través de su R². Los mejores ajustes resultaron para el conjunto de todos los clones y sitios y para todos los clones en el sitio FD (R²= 0,50 y R²=0,56 respectivamente).

La discriminación por clon, dentro de cada uno de los sitios, no mejoró el ajuste en ninguno de los casos.

La figura 1 muestra la recta de regresión y dispersión de todos los puntos para la ecuación 1 que incluye todos los clones y sitios.

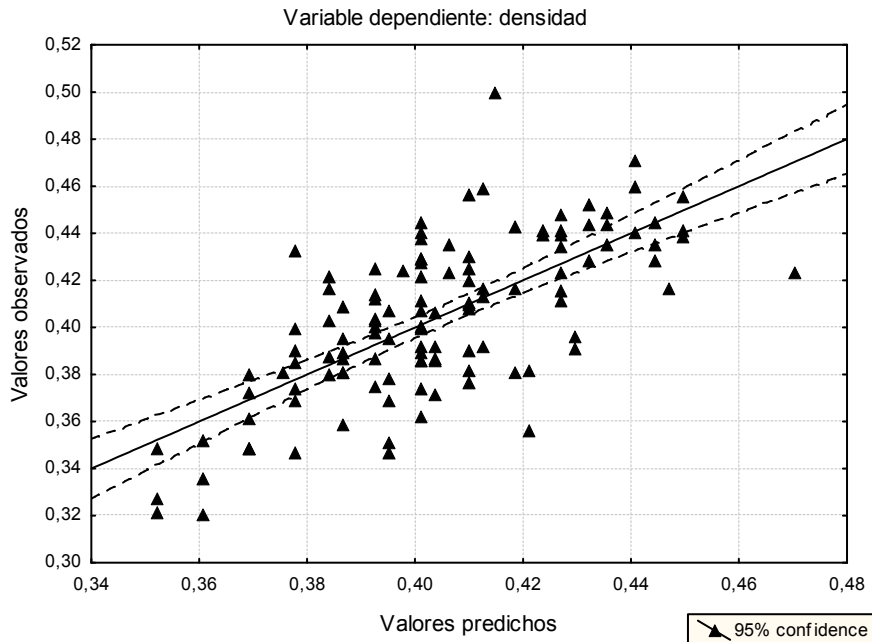


Figura 1. Recta de regresión de la ecuación 1 para todos los clones y sitios

El análisis de los residuos de dicha ecuación no presenta tendencias marcadas (figura 2).

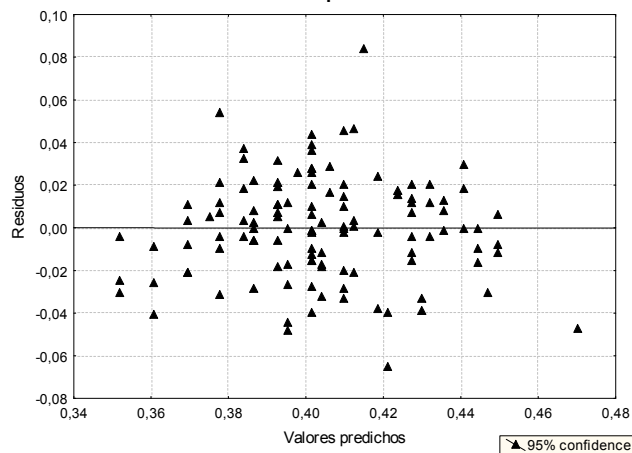


Figura 2. Análisis de residuos

CONCLUSIONES

Se halló una ecuación de regresión para predecir la densidad básica de sauces a partir de la penetración de pilodyn.

Aunque el ajuste del modelo no es muy bueno, se considera que es un dato valioso para ser utilizado en determinaciones no destructivas de densidad para la selección de nuevos genotipos por densidad de la madera, dentro de programas de mejoramiento forestal.

AGRADECIMIENTOS

A Papel Prensa SA por facilitarnos el muestreo de sus plantaciones y su apoyo económico.

BIBLIOGRAFÍA

BARNETT J.R & G. JERONIMIDIS. 2003. Wood Quality and its biological basis. CRC Press and Blackwell Publishing. 226pp

RAYMOND CA & MaC DONALD AC. 1998. Where to shoot your pilodyn: within tree variation in basic density plantation *E.globulus* and *E nitens* in Tasmania. New For. 15 (3) :205.

ZOBEL, B.J. y TALBERT, J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Editorial Limusa, México. Cap. 12, La madera y el mejoramiento genético forestal: 407-446.
