

EMPLEO DE LA MICRORRESINACIÓN PARA LA SELECCIÓN PRELIMINAR DE GENOTIPOS DE ALTA PRODUCTIVIDAD EN *PINUS CUBENSIS* GRISEB

USE OF MICRORESINATION FOR THE PRELIMINARY SELECTION OF HIGH PRODUCTIVITY GENOTYPES IN *PINUS CUBENSIS* GRISEB

ING. PEDRO SOTOLONGO-BORGES^{1†}, DR. ARNALDO ÁLVAREZ-BRITO² Y TÈC. JOSÉ A. FRÓMETA-ISAAC¹

¹ Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. UCTB Estación Experimental Agro-Forestal Baracoa, Carretera Paso de Cuba, Baracoa, Guantánamo, Cuba

² Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. UCTB de Investigaciones e Innovación Tecnológica. Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana, Cuba, archie@forestales.co.cu

RESUMEN

En Baracoa, Guantánamo, fue comparado el rendimiento de resina de *Pinus cubensis* Griseb, empleando dos métodos: picas descendentes con canal central y microrresinación, utilizando 25 árboles de 21 años de edad. Se empleó el coeficiente de correlación de rangos de Spearman para la relación entre ambos métodos, se obtuvo el modelo lineal por rangos que describió esa relación, se contrastaron las medias por método y el coeficiente de regresión mediante la prueba *t* de Student y el modelo mediante el análisis de varianza. Todos los contrastes realizados indicaron que la microrresinación es un método apropiado para evaluaciones preliminares con vistas a seleccionar genotipos de alta productividad en esta especie, pero la diferencia de rendimientos entre los extremos este y oeste de la distribución natural de *P. cubensis* en la región nororiental de Cuba sugiere validar sus resultados en otros ambientes previo al empleo generalizado de estos resultados.

Palabras claves: mejoramiento genético, resina, *P. cubensis*.

ABSTRACT

Resin yield of *Pinus cubensis* Griseb was compared using two methods in Baracoa, Guantánamo, using 25 trees of 21 years old: descending tapping with central canal and micro-tapping. Spearman's rank correlation coefficient was used to relate both methods; the rank lineal model was obtained to describe the relation between the methods; mean values of each method and regression coefficients were contrasted using Student's *t* test, while the model was contrasted using the analysis of variance. All contrasts point out that micro-tapping is a proper method to do preliminary evaluations in order to select genotypes of high resin productivity with that species but, the difference in resin yields between Eastern and Western natural distribution of *P. cubensis* in the Northwest region of Cuba suggest that, it is necessary to verify those results in other environments before a generalized use of them.

Key words: genetic improvement, resin, *P. cubensis*.

INTRODUCCIÓN

Pinus cubensis Griseb es la segunda especie en importancia para la que el Grupo Empresarial Agroforestal (GAF) ha demandado la preparación de un programa de mejoramiento genético destinado a la producción principal de madera en rollo que cuente con la selección de árboles plus, establecimiento de pruebas de progenies

y huertos semilleros de hasta 1,5 generación (Delgado *et al.*, inédito).

Las investigaciones relacionadas con la resinación de *P. cubensis* fueron interrumpidas desde la década de los noventa del siglo XX debido a la situación económica enfrentada por el país, y hasta mediados de la segunda década del siglo XXI

esta especie contó con un programa multipropósito madera-resina de mejoramiento genético establecido en Pinares de Mayarí, Holguín, con un centenar de árboles plus, varios bancos clonales, pruebas de procedencias y de progenies por libre polinización (medios hermanos), así como un huerto semillero clonal de primera generación ya en producción, disponiendo de evaluaciones de procedencias (Mercadet *et al.*, 2001), familiares y de interacción genotipo x ambiente, con las que se alcanzaron estimaciones de heredabilidad en sentido amplio, estricto e individual, de ganancia genética y de respuesta a la selección (Sotolongo *et al.*, 1990; Álvarez y Montalvo, 1990; 1991).

Sin embargo, en 2017, a su paso por Cuba, un huracán destruyó todas las áreas experimentales del programa, por lo que para dar respuesta a la demanda del GAF será preciso reiniciarlo, y para ello ha sido formulado un nuevo esquema de mejora que considera toda la información y experiencia acumulada (Delgado *et al.*, inédito), reclamando además recuperar toda información relevante para tal objetivo.

En tal sentido, la evaluación de genotipos con fines de selección es una actividad de suma importancia, ya que de su calidad dependerá en gran medida el resultado de todo el programa de mejora. Estas evaluaciones, ya sea para caracteres cuantitativos como cualitativos, son económicamente costosas, lentas y requieren mucho esfuerzo en experimentos extensos, en especial para la medición de altura, lo cual fue señalado por Eldridge desde 1973 y reafirmado más tarde por Mesen (1985).

La producción y el rendimiento de resina en coníferas con fines de selección presentan aun mayores dificultades, pues el método comercial de extracción es la pica descendente con canal central que, además de un cuidadoso proceso de preparación del árbol, incluye la realización de cortes cada tres o siete días (Mesa, 2015) durante al menos 10 ocasiones (Álvarez, 1984).

Para obviar estas dificultades se han elaborado distintos métodos de microrresinación o métodos rápidos, entre los que están las micropicas circulares, empleando tubos plásticos o jeringuillas de cristal para coleccionar la resina, o cuadradas con canaletas y recipientes plásticos, los que se emplean cuando los árboles son jó-

venes, se dispone de poco tiempo para evaluar o cuando se pretende realizar evaluaciones preliminares para reducir la cantidad de árboles a resinar con el método comercial.

La microrresinación con tubos plásticos se empleó con éxito en la Unión Soviética en *P. sylvestris* (Álvarez, 1984), pero aplicado a *P. caribaea* var. *caribaea* no obtuvo resultados similares (Álvarez, com. pers., 1992) al comparar sus resultados con la resinación comercial.

El presente trabajo ofrece los resultados de la evaluación de la correspondencia entre el método de resinación comercial y el de micropica circular en *P. cubensis*, tanto para la producción como para el rendimiento de resina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se empleó una muestra de 25 árboles en una plantación de 21 años de edad, establecida sobre un Ferralsol (suelos muy alterados, con baja capacidad de retención de nutrientes; Gardi *et al.*, 2014) con topografía montañosa, a 120 msnm, ubicada en Paso de Cuba, Baracoa, Guantánamo, con un clima caracterizado por 25,2 °C de temperatura media anual¹ y 1993,8 mm de lluvia anual. El diámetro normal medio de los árboles fue 22,8 cm, con un coeficiente de variación del 8,9 %.

Por la cara norte de cada árbol, a 1,30 m sobre el suelo, se realizó la resinación por el método comercial (Fig. 1), efectuándose 10 picas a intervalos de tres días y por la cara sur; los mismos días de las picas se hizo un corte circular de 5 mm de diámetro a una profundidad de 4-5 mm en la madera, insertando en cada uno de ellos un tubo plástico de igual diámetro. La producción de resina exudada por las picas fue pesada tres días después de realizarlas, mientras que la longitud del tubo ocupada por la resina fue medida 24 h después de colocarlo.

Del total de 250 observaciones previstas por método solo fueron realizadas 219 debido a la pérdida de algunos pots colectores durante el período de trabajo.

Con los datos por pica y tubo fueron calculados los promedios de producción por árbol y para el cálculo de los rendimientos; en el caso de

¹ Datos de la Estación Meteorológica de Jamal, Baracoa, Guantánamo. Instituto de Meteorología, Citma.

la resinación comercial fueron convertidos los valores a g/m-cara (Mesa, 2015), mientras que en el caso de la microrresinación los valores fueron ponderados respecto al diámetro normal.



Figura 1. Sistema comercial de resinación (Mesa, 2015).

Sendas pruebas de bondad de ajuste de los datos de producción y rendimiento demostraron que no se distribuían de acuerdo con la curva normal, por lo que fueron ordenados en rangos

para ambos métodos, según sugiere Yamane (1970), y se calculó el coeficiente de correlación de rangos de Spearman (r_s) (Siegel, 1987).

Los valores de correlación fueron contrastados contra los valores teóricos para este estadígrafo y por ser la cantidad de datos pareados mayor que 10, para contrastar los coeficientes de correlación y el coeficiente de regresión, se utilizó el método de muestras grandes para el estadígrafo t de Student, calculando además el coeficiente de determinación del modelo.

La validez del modelo de regresión lineal fue demostrada mediante el empleo del análisis de varianza.

Para todas las pruebas estadísticas para los contrastes fue empleada una probabilidad de 0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contraste del coeficiente de correlación de Spearman entre ambos métodos, tanto para la producción como para el rendimiento de resina, demostró la existencia de una correspondencia entre sus resultados, tanto en distribución como en valores promedio (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados de la comparación pareada de los métodos mediante r_s

Variable	r_s calc.	Signif.	t calc.	Signif.
Producción	0,5563	*	3,21	*
Rendimiento	0,6340	*	3,93	*

Los modelos de regresión lineal simple ($Y = a + bX$) para producción y rendimiento, utilizando la microrresinación (MR) como variable predictora de la resinación comercial (RC), se presentan en las expresiones [1] y [2]:

$$\text{Prod}_{RC} = 5,7700 + 0,5582 \text{ Prod}_{MR} \quad [1]$$

$$b: t_{\text{calc.}} = 3,210 \text{ Prob.} = 0,0039$$

$$ES_{MR} = 0,1732 \ r^2 = 30,9 \%$$

$$\text{Rend}_{RC} = 4,9850 + 0,6165 \text{ Rend}_{MR} \quad [2]$$

$$b: t_{\text{calc.}} = 3,866 \text{ Prob.} = 0,0008$$

$$ES_{MR} = 0,1595 \ r^2 = 39,39 \%$$

El análisis de varianza de la regresión para la producción alcanzó un valor de $F_{\text{calc.}} = 10,306$ ($\text{Prob.} = 3,882 E^{-03}$), mientras que para el ren-

dimiento fue $F_{\text{calc.}} = 14,948$ ($\text{Prob.} = 7,837 E^{-04}$), evidenciando la validez de ambos modelos.

Para la aplicación de estos resultados, mediante el desarrollo del modelo lineal obtenido para el rendimiento, es necesario conocer los valores extremos, entre los cuales este se produce, aspecto que fue reportado por Álvarez (1991), al realizar estudios sobre la variación temporal del rendimiento de esta especie en Baracoa (límite oriental) y en Pinares de Mayarí (límite occidental), pues presenta una estrecha distribución norte-sur (Tabla 2).

Los valores extremos en ambas localidades son marcadamente diferentes, ya que el rendimiento mínimo de Baracoa es casi igual al máximo de Mayarí, lugar donde el rendimiento promedio anual es 37 % inferior al de Baracoa.

La distribución longitudinal del área de los Pinares de esta especie acusa, además, la existencia de diferencias en las condiciones edafoclimáticas entre ambos extremos (Álvarez, 1991), las que pueden ser una de las causas que den lugar a esta variación en sus rendimientos de resina (Tabla 3), sin ignorar que Sotolongo (1990) comprobó la existencia de interacciones genotipo x ambiente entre procedencias de esta especie, originadas por los cambios de altitud, lo que también puede influir sobre la producción y el rendimiento de resina de genotipos seleccionados.

Tabla 2. Variación mensual de los rendimientos de resina de *P. cubensis* en los sitios extremos (E-W) de su distribución natural (Álvarez, 1991).

Mes	Mayarí	Baracoa	Media
Enero	104,08	151,27	127,68
Febrero	92,34	128,17	110,26
Marzo	97,80	157,82	127,81
Abril	102,46	148,31	125,39
Mayo	97,07	123,53	110,30
Junio	78,17	165,64	121,91
Julio	93,16	179,96	136,56
Agosto	127,00	179,87	153,44
Septiembre	97,37	188,78	143,08
Octubre	100,86	172,08	136,47
Noviembre	122,36	178,29	150,33
Diciembre	102,04	145,96	124,00
Valor mín.	78,17	123,53	110,26
Valor máx.	127,00	188,78	153,44
Media	101,23	159,97	130,60
E.S.	12,94	21,09	13,90

Tabla 3. Diferencias edafoclimáticas entre los límites E-W de la distribución natural de *P. cubensis*

Características	<i>P. Mayarí*</i>	<i>Baracoa</i>
Coordenadas geográficas	20°75' N 75°48' W	20°30' N 74° 25' W
Altitud (m)	620	120
Temp. media anual (°C)	21,8	25,2
Pluv. media anual (mm)	1 617	1 993,8
Topografía	Llana	Montañosa
Suelo	Ferrítico Rojo Purpúreo	Fersialítico Rojo Amarillento
Tipo de bosque	Artificial	Artificial
Edad (a)	20	21
Diámetro normal (cm)	23	23
Período de evaluación	enero/83-enero/87	

* Fuentes: Clima – Estac. Meteor. P. Mayarí, Inst. Meteorología; Edafología – Jiménez y Herrero (1984)

Por tales razones se consideró apropiado desarrollar el modelo de regresión obtenido solo para los pinares de Baracoa, sugiriendo la conveniencia de replicar esta investigación en las condiciones de Pinares de Mayarí para poder valorar si es o no factible establecer un modelo predictivo único de rendimiento para la especie.

Para las condiciones en que ocurren los pinares de Baracoa, el desarrollo del modelo permitió preparar una predicción del rendimiento comercial esperable entre 120 y 190 g/m-cara, a partir de los resultados de la microrresinación (Tabla 4).

Ello contribuiría a facilitar la evaluación rápida del potencial resinero de los árboles plus de *P. cubensis* seleccionados para el programa de mejoramiento genético de la producción de madera en rollo en el municipio de Baracoa, creando así condiciones para reactivar el programa multipropósito madera-resina que estuvo en desarrollo hasta mediados de la segunda década del siglo XXI.

Tabla 4. Predicción del rendimiento comercial a partir de los resultados de la microrresinación

MR (mm)	RC (g/mc)		MR (mm)	RC (g/mc)
185	119		245	156
190	122		250	159
195	125		255	162
200	128		260	165
205	131		265	168
210	134		270	171
215	138		275	175
220	141		280	178
225	144		285	181
230	147		290	184
235	150		295	187
240	153		300	190

MR: Microrresinación RC: Rendimiento comercial

CONCLUSIONES

- Se confirmó, a partir del rendimiento alcanzado con la microrresinación por pica circular, la posibilidad de estimar el rendimiento comercial de los árboles de *Pinus cubensis* Griseb resinados con picas descendentes con canal central en Baracoa, Guantánamo.
- La generalización de estos resultados a toda el área de distribución natural de la especie requiere efectuar investigaciones complementarias, dada la probada variación de los

rendimientos entre los extremos este y oeste de la región nororiental de Cuba.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, A. 1984. Investigaciones para el establecimiento de plantaciones resineras de alta productividad con *Pinus caribaea* var. *caribaea*. 120 h. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales). Universidad Técnica, Dresde, Alemania.
- Álvarez, A. 1991. Variaciones mensuales de los rendimientos en las especies del género *Pinus* resinadas en Cuba. Boletín Técnico Forestal (CU) 9(2): 45-53.
- Álvarez, A., Montalvo, J.M. 1990. El mejoramiento genético de *Pinus cubensis*. I. Estimaciones de heredabilidad y ganancia genética para la producción de madera. Revista Forestal Baracoa (CU) 20(2): 31-42.
- Álvarez, A., Montalvo, J.M. 1991. El mejoramiento genético de *Pinus cubensis*. II. Evaluación de diferentes alternativas para el aumento de la producción de madera. Revista Forestal Baracoa (CU) 21(2-3): 57-68.
- Delgado, M., Álvarez, A., et al. Inédito. Programa de mejoramiento genético forestal de Cuba. Instituto Investigaciones Agro-Forestales. La Habana, Cuba. 300 p.
- Eldridge, K. 1973. Normas mínimas para evaluar pruebas de progenies de *Pinus radiata*. IUFRO S2.03.1. 4 p.
- Gardi, C., et al. (eds). 2014. Atlas de suelos de América Latina y el Caribe. Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, L-2995 Luxembourg. 176 p.
- Jiménez, M., Herrero, J.A. 1984. Valoración preliminar de la influencia de los fertilizantes minerales en el crecimiento y desarrollo en una plantación de *Pinus caribaea* var. *caribaea*. Revista Forestal Baracoa (CU) 14(2): 7-24.
- Mesa, M. 2015. Guía técnica: Tecnología de resinación. La Habana. Instituto Investigaciones Agro-Forestales. Cuba. 75 p.
- Mercadet, A., et al. 2001. Introducción de especies y procedencias en Cuba: Resultados de la investigación y proyecciones. Recursos Genéticos Forestales 29: 15-18.
- Mesen, F. 1985. Informe sobre el curso de capacitación y la conferencia IUFRO sobre mejoramiento genético de especies forestales. Costa Rica. CATIE. 30 p.
- Siegel, S. 1987. Diseño experimental no paramétrico. Instituto Cubano del Libro. Editorial Revolucionarias. p. 233-245.
- Sotolongo, P., et al. 1990. Estudio de interacción genotipo-ambiente en pruebas de procedencias de *P. cubensis*. Boletín Técnico Forestal (CU) 8(2): 23-25.
- Yamane, T. 1970. Statistics: An Introductory Analysis. Instituto Cubano del Libro. Editorial Revolucionarias. p. 431-487.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Arnaldo Álvarez Brito

Graduado de Biólogo en la Universidad de La Habana, Cuba, recibió un adiestramiento en bioestadística y computación en el Instituto Forestal de Oxford, Reino Unido, y obtuvo el grado de Doctor en Ciencias Forestales en la Universidad Técnica de Dresde, Alemania. Ha liderado proyectos de investigación sobre semillas, mejoramiento genético, conservación de recursos genéticos y cambio climático, así como programas de investigación sobre perfeccionamiento institucional y sobre el sector forestal, actuando como experto en estas disciplinas en diversas instancias. Fue autor contribuyente del Segundo Reporte del IPCC. Es miembro del Equipo Nacional de Cambio Climático y participó en la elaboración de la Primera y Segunda Comunicación Nacional de Cuba a la Convención de Cambio Climático.