

VARIACIÓN FENOTÍPICA Y SELECCIÓN DE ÁRBOLES EN UNA PLANTACIÓN DE MELINA (*Gmelina arborea* Linn., Roxb.) DE TRES AÑOS DE EDAD

H. C. Balcorta-Martínez¹; J. J. Vargas-Hernández²

¹División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado, de México. C. P. 56230.

²Programa Forestal, Colegio de Posgraduados. Montecillos, Edo. de México. Correo-e: vargashj@colpos.mx

RESUMEN

El presente trabajo muestra el nivel de variación fenotípica existente en ocho características de interés económico, incluyendo el volumen, la rectitud del fuste y la densidad de la madera, en una plantación comercial de melina (*Gmelina arborea* Linn., Roxb.) de tres años de edad, ubicada en el municipio de Escárcega, Campeche. Se estimó el diferencial de selección generado con respecto a la media de la población base al elegir los 20 árboles fenotípicamente superiores. Se encontró una amplia variación fenotípica en la plantación, con un coeficiente de variación mayor de 20 % para seis de las ocho características consideradas, excepto densidad de la madera y rectitud del fuste en donde el coeficiente de variación fue de 8.5 y 5.0 %, respectivamente. Debido a lo anterior, se obtuvo un diferencial de selección de 3.8 m en altura, 4.5 cm en diámetro y 0.056 m³ en volumen, mostrando que se pueden obtener ganancias importantes para las características de crecimiento al seleccionar estos árboles, aun cuando la heredabilidad sea baja. A pesar del menor coeficiente de variación en densidad de la madera y rectitud del fuste, la selección de los 20 árboles fenotípicamente superiores también permite obtener una respuesta favorable en la calidad de la madera.

PALABRAS CLAVE: árboles superiores, calidad de la madera, diferencial de selección, mejoramiento genético, selección fenotípica, variación.

VARIACIÓN FENOTÍPICA Y SELECCIÓN DE ÁRBOLES EN UNA PLANTACIÓN DE MELINA (*Gmelina arborea* Linn., Roxb.) DE TRES AÑOS DE EDAD

SUMMARY

The study evaluated the level of phenotypic variation in eight economically important traits, including wood volume, stem straightness and wood density, in a three-years old commercial plantation of melina (*Gmelina arborea* Linn., Roxb.), located in Escárcega, Campeche. The selection differential, after phenotypic selection of 20 superior trees in this base population, was obtained. Results showed that a wide phenotypic variation exists in the plantation, with a coefficient of variation over 20 % for six of the eight traits considered, except for wood density and stem straightness, where coefficient of variation was only 8.5 and 5.0 %, respectively. Due to this broad variation, a large selection differential was obtained for all growth traits (0.056 m³ for volume, 3.8 cm for height, 4.5 cm for diameter), indicating that substantial gain can be obtained by selecting these trees, even if these traits have low heritability values. Despite the low coefficient of variation for wood density and stem straightness, selection of the 20 phenotypically superior trees would allow to obtain a favorable response in wood quality.

KEY WORDS: superior trees, wood quality, selection differential, genetic improvement, phenotypic selection, variation.

INTRODUCCIÓN

La tendencia mundial en el manejo de los bosques naturales como áreas para satisfacer las necesidades de productos forestales de la sociedad ha decaído considerablemente en los últimos años, debido a la baja

productividad y a los impactos ambientales negativos que genera el aprovechamiento forestal. En los últimos años las perspectivas de las plantaciones forestales comerciales en México son cada vez mayores, debido a que se han identificado regiones dentro del país con gran potencial para el establecimiento de éstas (SEMARNAP, 1998). Por sus

condiciones de productividad y escala de aprovechamiento, este tipo de cultivo de árboles puede constituir una importante opción para garantizar el abastecimiento de materia prima para la industria forestal, reduciendo así los valores negativos de la balanza comercial de productos forestales, principalmente los celulósicos.

Sin embargo, los problemas de producción y abastecimiento de materia prima no se van a solucionar sólo con el establecimiento de plantaciones; para ello es necesario desarrollar programas de mejoramiento genético que apoyen a las plantaciones, aumentando la productividad y la calidad de la madera en las generaciones futuras (Zobel y Talbert, 1988). Un programa de mejoramiento genético generalmente inicia con la selección de individuos que presentan características fenotípicas deseables en una población determinada. Los árboles seleccionados son evaluados posteriormente para determinar su calidad genética e incorporarlos a un programa de cruzamiento selectivo para generar nuevas combinaciones genéticas en la siguiente generación (Ipinza, 1998). El éxito de los programas de mejoramiento genético se determina por la calidad de los árboles seleccionados y la ganancia genética. Las expectativas de esta ganancia dependen tanto del control genético de las características de interés como de la variabilidad existente en la población (Zobel y Talbert, 1988). El genetista no puede manipular la heredabilidad, pero puede incrementar el diferencial de selección y obtener grandes ganancias (Crespell, 1998). La variabilidad fenotípica y la intensidad de selección determinan el diferencial de selección, un parámetro útil para evaluar la efectividad de la selección (Quijada, 1980). Por ejemplo, Ledig y Whitmore (1981) observaron que en una plantación exótica de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf., en Puerto Rico ($n = 95,550$), la media en volumen fue de 0.324 m^3 , mientras que dos poblaciones seleccionadas independientemente fue de 0.848 m^3 ($n = 36$) y de 0.949 m^3 ($n = 45$), generando diferenciales de selección de 0.524 y 0.625 m^3 , respectivamente.

En el año de 1996 se inició un programa de plantaciones comerciales de melina (*Gmelina arborea*) en el estado de Campeche. Con el propósito de iniciar un programa de mejoramiento genético, en el presente trabajo se evaluó el nivel de variación fenotípica existente en varias características de interés económico, incluyendo el crecimiento en volumen, la rectitud del fuste y la densidad de la madera, en una plantación comercial de *Gmelina arborea* de tres años de edad. Con base en esta información se seleccionaron los 20 individuos con mejores valores en estas características dentro de la plantación y se estimó el diferencial de selección que se podría obtener bajo esas condiciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en una plantación de tres años de edad propiedad de la empresa Smurfit Cartón y Papel de México (SCPM) S.A. de C.V., establecida en 1996 con semilla procedente de Costa Rica en un área del predio "Entre Hermanos" (323 ha). Este predio se localiza en el municipio de Escárcega, Campeche, en el km 243 de la carretera Villahermosa, Tabasco-Escárcega, Campeche ($18^{\circ} 24'$ Norte y $91^{\circ} 06'$ Oeste, a 30 msnm). El clima es cálido, subhúmedo, con lluvias en verano; temperatura media anual de 26°C y precipitación promedio anual de $1,500 \text{ mm}$ (SCPM, 1996). El material geológico está constituido por calizas de alta pureza en carbonato de calcio; los suelos predominantes son rendzinas, con suelos secundarios del tipo gleysol vértico y vertisol pélico; la clase textural de los suelos es fina y el color es negro (E+Gv+Vp/3). La plantación se ubica en la región hidrológica 30, que comprende a los ríos Grijalva-Usumacinta, en la cuenca Laguna de Términos y subcuenca Río Mamantel (SCPM, 1996).

El tipo de vegetación que prospera en la región de Escárcega es el de selva mediana subperenifolia (Miranda y Hernández, 1963), variando en su composición florística original predominante, principalmente por las diferencias topográficas. El predio tuvo uso ganadero anteriormente, con pastizales naturales e inducidos. Antes de la plantación en el sitio sólo existían algunos árboles aislados de la vegetación original (SCPM, 1996).

Caracterización de la variación fenotípica en la plantación

Para caracterizar la plantación de melina se establecieron 15 sitios de muestreo de $1,089 \text{ m}^2$ ($33 \times 33 \text{ m}$) cada uno, distribuidos en forma sistemática en el área de estudio. Para cada sitio se obtuvo información de control incluyendo el lote, suelo, topografía y drenaje. También se registraron los datos de altura del árbol, diámetro, volumen del tronco, rectitud del fuste, diámetro de la copa, diámetro de la primera rama viva y ángulo de inserción de ramas para cada uno de los árboles en el sitio de muestreo. La densidad de la madera se determinó sólo en los 10 primeros árboles de cada sitio; es decir, en la primera línea del cuadro de muestreo (un total de 150 árboles muestreados). La altura total de cada árbol se midió con clinómetro a partir de una distancia conocida. El diámetro se midió a la altura del pecho (1.30 m) con una cinta diamétrica. Con base en los datos de altura y diámetro normal de cada árbol se estimó el volumen del tronco, utilizando una ecuación desarrollada por la empresa Smurfit Cartón y Papel de México. La rectitud del fuste se determinó con base en cuatro categorías de rectitud desarrolladas para la especie (Figura 1). Las categorías van de 1 (menor

calidad) a 4 (mayor calidad). El diámetro de la copa se determinó midiendo la parte más amplia de la misma hacia ambos lados del fuste y posteriormente se sumaron las distancias. Esta medición se hizo en el suelo, proyectando las ramas más largas hacia el piso. El diámetro de la primera rama viva en la base de la copa se midió con un instrumento basado en el principio de triángulos semejantes, el cual permite lanzar visiones angulares a los diferentes grosores de las ramas, como el utilizado en el Postulado de Bitterlich (Balcorta, 2003). El ángulo de inserción de la rama se determinó con el uso de un transportador. Para ello se proyectó el ángulo que las ramas tienen con respecto al fuste, procurando que la visión lanzada fuera de manera en que la rama mostrara el ángulo en el mismo plano de observación.

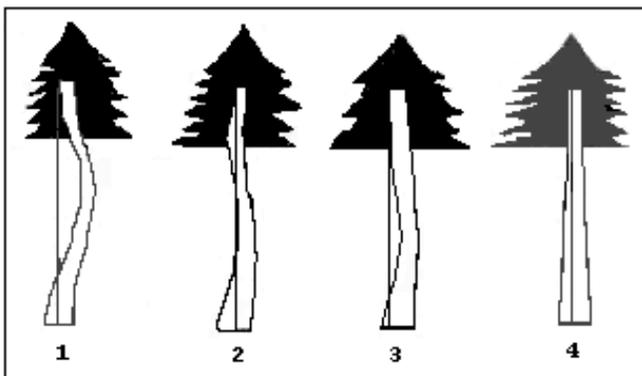


FIGURA 1. Categorías de rectitud de acuerdo a la proyección del fuste.

Para la determinación de la densidad de la madera se utilizó el método empírico propuesto por Valencia y Vargas (1996). Este método se basa en el principio de estimar la densidad de la madera mediante la obtención del peso seco y el volumen de la viruta de incremento. El volumen de la viruta se estima con base en la fórmula de un cilindro con diámetro igual al diámetro interior del taladro de Pressler utilizado para la obtención de la muestra de madera.

Con los datos tomados en campo se determinó la distribución de frecuencias, la media, la varianza y la desviación estándar para cada una de las características. Adicionalmente, se estimó la correlación fenotípica entre la densidad de la madera y las características de crecimiento (altura, diámetro y volumen de los árboles) usando los 150 árboles en donde se estimó la densidad de la madera.

Selección de árboles superiores

Para determinar los árboles candidatos a la selección, primero se realizó una evaluación visual, considerando los

caracteres más importantes desde el punto de vista económico (volumen, altura, rectitud del fuste, diámetro de copa, grosor de ramas, ángulo de inserción de ramas y densidad de la madera). Para ello se recorrió caminando toda la plantación, marcando con círculos de color naranja el fuste de los 400 árboles preseleccionados (una intensidad de selección de un árbol por hectárea). Posteriormente se realizó una depuración de estos árboles, para seleccionar 35 de ellos como candidatos. En la siguiente etapa se utilizó el método de selección por comparación con cinco testigos (Ipinza, 1998). Este método consiste en la comparación del árbol candidato con los mejores árboles vecinos (árboles testigo) con respecto a las características de interés (fenotipo). En este caso, la comparación se efectuó con respecto a los cinco mejores árboles que existen en su vecindad, delimitada por un cuadrado de 33 metros por lado, utilizando al árbol candidato como centro. Posteriormente, se efectuaron los cálculos para obtener el puntaje final asignado al árbol candidato, el cual depende de su superioridad con respecto al valor promedio de cada característica de los árboles testigo (Ipinza, 1998). Si el árbol candidato resultaba ser superior a los árboles testigo se consideró un árbol selecto, es decir, recomendado para un huerto semillero y jardín clonal, donde se conserva o se elimina con base en los resultados de las pruebas de progenie y pruebas clonales, respectivamente.

Las características que se evaluaron en los árboles candidato y en sus respectivos testigos fueron las mismas utilizadas para caracterizar la variación fenotípica en la plantación. Sin embargo, en este caso la densidad de la madera se determinó únicamente en los árboles candidato. La asignación de puntaje se efectuó para cada una de las características de interés, dándole mayor peso a las características de mayor importancia económica (volumen, rectitud del fuste y densidad de la madera). Se tomó en cuenta la superioridad en porcentaje del árbol candidato con respecto a los árboles testigo, de acuerdo al procedimiento descrito por Ipinza (1998). Una vez obtenida la calificación para los 35 árboles candidatos, se seleccionaron los 20 árboles que tuvieron más puntos, incluyendo la densidad de la madera. Con base en los valores promedio de la población seleccionada y de la población base se determinó el diferencial de selección obtenido para cada una de las características económicas consideradas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización fenotípica de la plantación

La altura promedio en la plantación fue de 7.4 m, con una desviación estándar de 1.9 m, y un coeficiente de variación de 26 %, lo que muestra que existen árboles con tamaños muy diferentes. Por ejemplo, se encontraron especímenes con alturas extremas de 1.7 y 13.5 m. En

cuanto al diámetro del tronco se encontró algo similar, ya que el valor promedio fue de 10.6 cm, con una desviación estándar de 2.9 cm y un coeficiente de variación de 27 %. Los valores extremos en este caso fueron 2.0 y 19.5 cm. El volumen promedio por árbol en la población muestreada fue de 0.035 m³, con una desviación estándar de 0.021 m³ y un coeficiente de variación de 60 %. El mayor coeficiente de variación en esta característica se debe a que el volumen combina las dos variables anteriores en una sola; de hecho, los valores extremos fueron 0.001 y 0.120 m³. Estos datos representan una amplia variación fenotípica en la capacidad de crecimiento de los árboles en la plantación. Por lo tanto, existe un potencial elevado para aumentar la productividad en esta población si el control genético de estas características es similar al que se ha encontrado en otras poblaciones de la misma especie (Hodge y Dvorak, 2003). En un estudio patrocinado por la Academia Nacional de Ciencias de los EE.UU. se menciona que esta especie tiene incrementos anuales superiores a los 30 m³·ha⁻¹ en suelos fértiles y que haciendo rotaciones de 5 a 8 años puede producir entre 20 y 35 m³·ha⁻¹·año⁻¹ (Anónimo, 1988). CAMCORE ha encontrado resultados similares en la red internacional de ensayos que ha establecido con esta especie en diversos países, con valores máximos de hasta 50 m³·ha⁻¹·año⁻¹ (Dvorak, 2003).

Considerando que la plantación tenía una edad de tres años al momento de hacer el muestreo, los valores promedio representan un crecimiento anual de 2.4 m en altura, 3.5 cm en diámetro y 0.0116 m³ en volumen. Si se considera un promedio de 1,000 árboles por ha, el crecimiento promedio anual en volumen es de 11.6 m³·ha⁻¹·año⁻¹; sin embargo, esta tasa de crecimiento en volumen aumentará a medida que desarrollen los árboles hasta el momento de la cosecha. El crecimiento promedio anual en volumen de la especie varía de 16.6 a 17.5 m³·ha⁻¹·año⁻¹ en una plantación de 15 a 20 años para la producción de madera, de acuerdo con los datos del Departamento Forestal de las Islas Salomón (Chaplin, 1993). En una plantación de ocho años de edad con fines comerciales para la producción de fibra, se estimó un incremento promedio anual en volumen de 35 m³·ha⁻¹·año⁻¹ (Lamb, 1968). Comparando estos datos con lo obtenido en la plantación evaluada se tiene menor rendimiento, pero cabe señalar que esta plantación cuenta con tres años de edad al momento de la toma de datos y es lógico esperar que la

tasa de crecimiento aumente a mayores edades. Los coeficientes de variación mayores del 25 % muestran que existe una amplia variación fenotípica en los árboles de esta plantación, específicamente en volumen. Al mismo tiempo muestra el potencial existente para la selección de los árboles con mayores dimensiones volumétricas.

En lo que respecta a la rectitud del fuste, el valor promedio en la población fue de 1.6, con una desviación estándar de 0.1 y un coeficiente de variación de 5 %, con valores extremos de 1 y 4. Estos datos muestran que la variación en esta característica es muy baja, a diferencia de lo ocurrido con los datos de crecimiento. El valor promedio tan bajo también indica que en general la población base tiene fustes con torceduras y desbalanceados. De cualquier manera, al menos un 18 % de los árboles en la muestra presentaron valores de rectitud entre 3 y 4, que corresponden a fustes relativamente rectos y sin torceduras, por lo que podrían ser seleccionados si además presentan otras características de importancia económica.

El diámetro de copa promedio en la población fue de 3.9 m, con una desviación estándar de 1.2 m y un coeficiente de variación de 30 %. El diámetro promedio de ramas fue de 2.4 cm, con una desviación estándar de 1.6 cm y un coeficiente de variación del 65 %. En cuanto al ángulo de inserción de ramas, el valor promedio fue de 43.1°, con una desviación estándar de 9.5° y un coeficiente de variación de 21 %. La densidad de la madera promedio fue de 0.37 g·cm⁻³, con una desviación estándar de 0.032 g·cm⁻³ y un coeficiente de variación de 8.5 %. Woesner (1983) encontró que la densidad de la madera en una plantación de 17 meses de edad de *Gmelina arborea* varió entre 0.29 y 0.38 g·cm⁻³. En una plantación de cuatro años de edad en Costa Rica, propiedad de Ston Forestal S.A., esta característica varió entre 0.35 y 0.44 g·cm⁻³, mientras que en otra plantación de tres años de edad establecida en suelos fértiles y con alta precipitación se encontró un valor de 0.37 ± 0.006 g·cm⁻³ (Zeaser, 1998). Estos datos confirman que la densidad de la madera obtenida en la población es similar a los valores que se han encontrado en otros estudios. En cuanto a la variación, es común que la densidad de la madera presente un menor coeficiente de variación que las variables de crecimiento. La densidad de la madera varía entre árboles y dentro del mismo árbol

CUADRO 1. Valores promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de las características de los árboles de *Gmelina arborea* evaluadas para la población base (n = 1578).

Valores	Altura (m)	Diámetro (cm)	Volumen (m ³)	Rectitud del fuste	Diámetro de copa (m)	Diámetro de ramas (cm)	Ángulo de Inserción (°)	Densidad de la madera (g cm ⁻³)
Media	7.4	10.6	0.035	1.6	3.9	2.4	43.1	0.370
Desv. estándar	1.9	2.9	0.021	0.1	1.2	1.6	9.5	0.032
C. V. (%)	26	27	60	5	30	65	21	8.5

de una misma especie, misma edad y condiciones de crecimiento similares (Zobel y Van Buijtenen, 1989).

Diferencial de selección

En el Cuadro 2 se presentan los valores promedio de la población seleccionada ($n = 20$), en relación con los valores promedio de la población, así como el diferencial de selección que se genera en cada una de las características de interés económico con respecto a la población base ($n = 1578$). Como se esperaba, debido a la amplia variación fenotípica en las características de crecimiento, en la mayoría de los casos se generó un diferencial de selección mayor al 40 % con respecto a la media de la población base. Destaca el volumen, en donde el diferencial de selección fue de 0.056 m^3 , mayor al 150 % de la media en la población base. Esto implica que aún con un valor relativamente bajo de heredabilidad, se obtendría una respuesta aceptable a la selección en esta característica. Por ejemplo, si se considera el valor promedio de heredabilidad de 0.20 en el crecimiento en volumen encontrado en los ensayos establecidos por CAMCORE (Hodge y Dvorak, 2003), la respuesta esperada a la selección en esta población sería mayor del 30 % con respecto a la población base.

Algo similar ocurriría con la rectitud del fuste, en donde el diferencial de selección fue mayor que el valor promedio en la población original. Aunque no existen datos para melina, esta característica generalmente tiene un control genético elevado en otras especies forestales, además de su alto valor económico. Por ejemplo, Zobel y Haugh (1962) observaron que en árboles torcidos de *Pinus taeda* L. más del 50 % del volumen comercial consistía en madera de compresión, mientras que en árboles con troncos rectos sólo el 5 % era madera de este tipo. Por lo tanto, es lógico esperar que la calidad del fuste mejore de manera significativa en la progenie de los árboles seleccionados; suponiendo una heredabilidad de 0.40 en la rectitud del fuste, se tendría un aumento en esta característica superior al 60 % con respecto a la población base.

A pesar de que no se obtuvo un diferencial de selección elevado en el ángulo de inserción de las ramas, un ligero cambio en la orientación de las ramas podría tener un efecto importante sobre la calidad de la madera y la estructura de la copa en términos de intercepción de luz. En el caso de la densidad de la madera, también se observó un pequeño diferencial de selección con respecto a la población base ya fue únicamente de $0.003 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (Figura 2). Sin embargo, lo importante en este caso es que no se presentó un descenso (diferencial negativo) en la densidad de la madera a pesar del aumento en volumen que se alcanzó al seleccionar los árboles de mayor tamaño. Tomando en cuenta que la correlación fenotípica entre ambas características fue relativamente baja ($|r| < 0.45$) estos resultados no son sorprendidos. Aunque la respuesta correlacionada a la selección depende de las correlaciones genéticas entre las características involucradas, la baja correlación fenotípica entre el volumen y la densidad de la madera encontrada en esta población sugiere que es posible obtener ganancias importantes en la tasa de crecimiento y productividad sin que existan riesgos importantes de afectar negativamente la calidad de la madera.

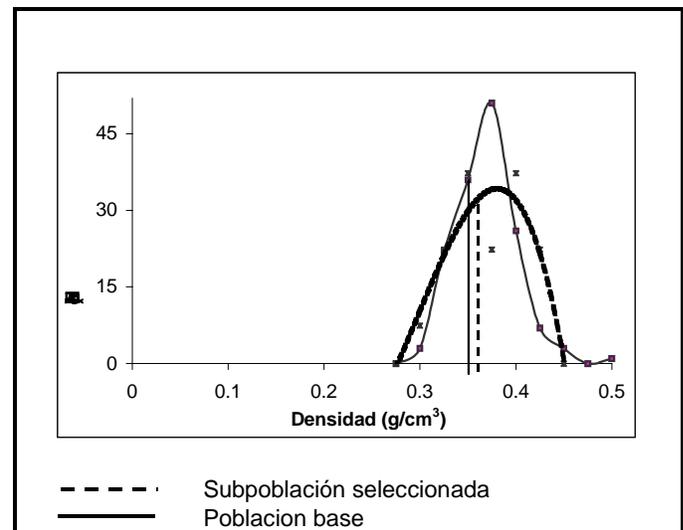


FIGURA 2. Diferencial de selección en la densidad de la madera de los árboles de *Gmelina arborea* de tres años de edad.

CUADRO 2. Valores promedio y diferencial de selección que se genera en cada una de las características de interés en una plantación de *Gmelina arborea* de tres años de edad.

Población	Altura (m)	Diámetro (cm)	Volumen (m^3)	Rectitud del fuste	Ángulo de inserción ($^\circ$)	Densidad de la madera (g cm^{-3})	Diámetro de copa (m)	Diámetro de ramas (cm)
Población base($n=1578$)	7.4	10.6	0.035	1.6	43.1	0.370 *	3.9	2.4
Subpoblación Seleccionada($n=20$)	11.2	15.1	0.091	4	47.5	0.373	4.2	5.3
Dif. Selección.	3.8	4.5	0.056	2.4	4.4	0.003	0.3	2.9

*La población base es una muestra de 150 árboles.

En el caso de diámetro de copa y diámetro de ramas también se encontraron diferenciales de selección positivos. Esto implica que la progenie de los árboles seleccionados tendría una copa de mayor tamaño y ramas más gruesas que en la población original, lo cual es contraproducente en términos de competencia por espacio y calidad de la madera. Sin embargo, dado que estas características están asociadas al tamaño y dimensiones de los árboles seleccionados, es lógico que sean mayores que el promedio de la población base. Por lo mismo, si se considera el valor relativo de estas características con respecto al tamaño de los árboles, en realidad se tiene una ligera reducción en ambas.

Es importante que la asignación de puntos se defina de acuerdo a las características objeto de la selección. Es decir, es importante asignar mayor peso a las de mayor valor económico, como se hizo en este caso con las variables de crecimiento en volumen, rectitud y calidad de la madera. Por lo tanto, el método utilizado fue eficiente y sencillo al momento de obtener los datos de campo. En este tipo de especies es recomendable que el proceso de selección en campo se efectúe durante la temporada del año en que hay menor cantidad de follaje y maleza, para que se observen mejor las características de interés y los traslados dentro de la plantación sean más eficientes.

En síntesis, de acuerdo a los diferenciales de selección generados se puede argumentar que la multiplicación de los 20 árboles seleccionados producirá una nueva población de árboles con buenas características de crecimiento y de mejor calidad del fuste en las siguientes generaciones. Esto permitirá aumentar la productividad y la calidad de la materia prima para beneficiar directamente a la industria, al producir árboles más homogéneos y con menores desperdicios al momento de la cosecha.

CONCLUSIONES

En las características fenotípicas utilizadas como criterios de selección en esta investigación se tuvieron diferenciales de selección positivos en volumen, altura, diámetro, densidad de la madera, rectitud y ángulo de inserción de ramas.

En el diámetro de copa y diámetro de ramas aparentemente no se presentaron diferenciales de selección favorables ya que nos interesan árboles con copas pequeñas y ramas delgadas. Sin embargo, considerando el aumento en tamaño de los árboles, sí existe una reducción relativa en el tamaño de la copa y de las ramas de los árboles seleccionados. Algo similar ocurrió en el caso de la densidad de la madera, donde no se observó una reducción a pesar del aumento en la tasa de crecimiento de los árboles seleccionados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la empresa Smurfit Cartón y Papel de México, S. A. de C. V. y en especial al M. C. Luis Abelardo Sánchez Rejón por todas las facilidades y el apoyo proporcionado para la realización de este estudio en las plantaciones establecidas en la zona de Escárcega, Campeche.

LITERATURA CITADA

- ANÓNIMO. 1988. Firewood crops. Shrub and tree species for energy production. National Academy of Sciences, Washington, DC. sp.
- BALCORTA M., H. 2003. Variación fenotípica y selección de árboles en una plantación de *Gmelina arborea* Linn. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Méx. 78 p.
- CRESPELL, P. J. 1998. Plus tree selection. International short course in forest genetics and tree improvement. North Carolina State University. Raleigh, NC, USA. sp.
- CHAPLIN, G. E. 1993. Silvicultural manual for the Solomon Islands. Solomon Islands Forest Record No. 6. ODA Forestry Series No.1: 127-145.
- DVORAK, W. S. 2003. World View of *Gmelina arborea*: Opportunities and Challenges. In: Recent Advances with *Gmelina arborea* (eds. W. S. DVORAK, G. R. HODGE, W. C. WOODBRIDGE; J. L. ROMERO). CD-ROM. CAMCORE, North Carolina State University. Raleigh, NC. USA. 18 p.
- HODGE, G. R.; DVORAK, W. S. 2003. The CAMCORE international provenance/progeny trials of *Gmelina arborea*: genetic parameters and potential gain. In: Recent Advances with *Gmelina arborea* (eds. W. S. DVORAK, G. R. HODGE, W. C. WOODBRIDGE; J. L. ROMERO). CD-ROM. CAMCORE, North Carolina State University. Raleigh, NC. USA. 20 p.
- IPINZA, R. H. 1998. Mejoramiento genético forestal. In: Programa CONIF- Ministerio de agricultura sobre Investigaciones en semillas de especies forestales nativas. INSEFOR. Santa Fe de Bogotá, Colombia. pp: 47-84.
- MIRANDA, F.; HERNÁNDEZ X., E. 1963. Los tipos de vegetación en México y su clasificación. Bol. Soc. Bot. México. 28:29-179.
- LAMB A., F. A. 1968. Especies maderables de crecimiento rápido en la tierra baja tropical *Gmelina arborea*. Trad. Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación. Boletín No. 33-34. Mérida, Venezuela. pp: 21-51.
- LEDIG, F. T.; WHITMORE, J. L. 1981. The calculation of selection differential and selection intensity to predict gain in a tree improvement program for plantation-grown Honduras Pine in Puerto Rico. USDA. For. Serv. Southern Forest Experiment Station, Research Paper SO-170. New Orleans, Louisiana. 7 p.
- QUIJADA, M. 1980. Selección de árboles forestales. In: Mejora de árboles forestales. Informe sobre el curso de capacitación FAO/DANIDA sobre mejora genética de árboles forestales en Mérida, Venezuela. Estudio FAO:MONTES No. 20. pp: 169-176.
- SCPM. 1996. Programa de manejo forestal para el establecimiento de plantaciones forestales en el predio "Entre Hermanos". Smurfit Cartón y Papel de México S. A. de C. V. Escárcega, Campeche. sp.
- SEMARNAP. 1998. Las plantaciones forestales comerciales en México. Documento Informativo. Dirección General Forestal.

- Dirección de Plantaciones Forestales Comerciales. México, Distrito Federal. 6 p.
- VALENCIA M., S.; Vargas H., J. 1996. Método empírico para estimar la densidad básica en muestras pequeñas de madera. *Madera y Bosques*. 3 (1): 81-87.
- WOESNER, R. A. 1983. *Gmelina arborea* Roxb. Variation in wood density, height and diameter of the international provenance trial at Jari. In: *Fast Growing Trees. Anais. Simposio IUFRO em Melhoramento genético e productividade de Especies Florestais de rápido Crescimento*. Silvicultura. Año VIII, no. 30. Sao Paulo, Brasil. pp: 183-185.
- ZEASER, D. 1998. Specific gravity of melina trees from selected and unselected populations in the Ston Forestal tree farms, Southwest Pacific Costa Rica. San José, Costa Rica. 9 p.
- ZOBEL, B. J.; HAUGHT, A. 1962. Effect of bole straightness on compression wood of loblolly pine. Technical Report No. 15, North Carolina State University, Raleigh, NC, USA. 4 p.
- ZOBEL, B. J.; TALBERT, J. P. 1988. Técnicas de Mejoramiento Genético de Árboles Forestales. Ed. Limusa. México D. F. 545 p.
- ZOBEL, B. J.; VAN BUIJTENEN, J. P. 1989. *Wood Variation: Its Causes and Control*. Springer-Verlag. Berlin, Germany. 363 p.