

## Artículo de investigación

**EFFECTO DEL CONTROL DE MALEZAS Y FERTILIZACIÓN SOBRE EL CRECIMIENTO INICIAL DE *Gmelina arborea* Roxb. EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA, COLOMBIA****Effect of weed control and fertilization on early growth of *Gmelina arborea* Roxb. in department of Tolima, Colombia**

**Palabras clave:** control de malezas, fertilización, crecimiento y rendimiento, productividad potencial

**Key words:** weed control, fertilization, growth and yield, potential productivity

Alonso Barrios<sup>1</sup> / Ana M. López<sup>2</sup>

Víctor Nieto<sup>3</sup> / Natalia Burgos<sup>4</sup>

Manuel Yaya<sup>5</sup> / Iván González<sup>6</sup>

**RESUMEN**

Este estudio se desarrolló para generar conocimiento sobre el manejo silvícola en el establecimiento de plantaciones de *Gmelina arborea* localizadas en el departamento del Tolima, Colombia. El objetivo fue cuantificar el efecto individual y combinado del control de malezas y fertilización con N-P-K-Mg sobre el crecimiento de los árboles individuales de *G. arborea*. Para la evaluación, se utilizó análisis de varianza (ANOVA) considerando un diseño en bloques con arreglo en parcelas divididas (split-plot), siendo las variables respuesta: el incremento periódico anual (IPA) en diámetro, altura total, área basal y volumen total sin corteza. El ANOVA permitió inferir que no existen diferencias significativas entre la aplicación de uno a tres controles de malezas químicos al año. Sin embargo, la ausencia de controles de malezas disminuyó el IPA en diámetro en el 22% y en volumen en el 3%. La fertilización fue el principal factor que presentó la mayor influencia en los IPA

en diámetro, altura total, área basal y volumen total sin corteza. Se puede concluir que el mejor tratamiento considera una combinación de dos controles de malezas al año y el uso de una dosis alta de fertilización (N=60 g, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=30 g, K<sub>2</sub>O=120 g, Mg=68 g). Esta combinación permitió aumentar los incrementos periódicos anuales en un 29% en diámetro, 15% en altura total, 30% en área basal y 15% en volumen total sin corteza comparado con las parcelas testigo.

**ABSTRACT**

This study was conducted to generate knowledge about silvicultural management in the establishment of *Gmelina arborea* plantations located at department of Tolima, Colombia. The objective was to quantify the individual and combined effects of weed control and fertilization with N-P-K-Mg on the growth of individual trees of *G. arborea*. The evaluation used analysis of variance (ANOVA) considering a block design with split

<sup>1</sup> Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF). Bogotá, Colombia. [alonsobarrios@conif.org.co](mailto:alonsobarrios@conif.org.co). Autor para correspondencia.

<sup>2</sup> Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF). Bogotá, Colombia. [anamilenalopez@conif.org.co](mailto:anamilenalopez@conif.org.co)

<sup>3</sup> Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF). Bogotá, Colombia. [victornieto@conif.org.co](mailto:victornieto@conif.org.co)

<sup>4</sup> Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF). Bogotá, Colombia. [nataliabmco@gmail.com](mailto:nataliabmco@gmail.com)

<sup>5</sup> Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF). Bogotá, Colombia. [manuelyaya@conif.org.co](mailto:manuelyaya@conif.org.co)

<sup>6</sup> Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF). Bogotá, Colombia. [ivangonzalez@conif.org.co](mailto:ivangonzalez@conif.org.co)

plots arrangement, being the response variables: periodic annual increment (PAI) in diameter, total height, basal area and total volume inside the bark. ANOVA allowed to infer that there are no significant response differences among the application of one to three chemical weed control per year. However, the absence of weed control reduced the PAI in diameter by 22% and 3% in total volume inside bark. Fertilization was the main factor influencing the PAI in diameter, total height, basal area and total volume inside bark. To conclude, the best treatment consisted of a combination of two weed controls per year and the use of a high dose of fertilizer (N = 60 g = 30 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O = 120 g, Mg = 68 g). This combination increased the PAI in diameter by 29%, total height by 15% , area basal by 30% and total volume inside bark by 15% when compared with control plots.

## INTRODUCCIÓN

*Gmelina arborea* es una de las especies de mayor interés en la reforestación comercial en Colombia. Se estima que existen aproximadamente 14.000 hectáreas de plantaciones localizadas principalmente en la Costa Atlántica (Obregón 2006). En el departamento del Tolima se han sembrado aproximadamente 450 hectáreas, en especial, en los suelos de los valles interandinos del río Magdalena. La especie es plantada para satisfacer la demanda de materia prima de la industria de los tableros aglomerados y algunos productos sólidos (Obregón, 2006).

La selección de material genético tanto como la aplicación de prácticas adecuadas de establecimiento y manejo constituyen factores determinantes para el éxito de una plantación forestal. Dentro de estas prácticas, el control de malezas y la fertilización ocupan un lugar estratégico, dada su incidencia en el crecimiento de las plantaciones. El control de malezas tiene un efecto importante en la disminución de los dos parámetros de mayor significancia en la reforestación: la supervivencia y el crecimiento inicial de los árboles (Achinelli *et al.* 2003). Conjuntamente, la fertilización tiene como objetivo lograr mayor desarrollo y homogeneidad de

las plantas para que estas ocupen más rápidamente el sitio y mejorar la capacidad nutricional del suelo. Esto se traduce, para una misma edad de rotación, en un aumento de la producción de madera o en una disminución del tiempo de la rotación (Gaitán *et al.* 2004).

La combinación de prácticas adecuadas de fertilización y control de malezas permiten lograr la productividad potencial, la cual es el máximo rendimiento en volumen de madera que puede tener una especie bajo las condiciones edafoclimáticas del sitio donde fue plantada (Binkley 1993). La cuantificación de los efectos de los tratamientos silvícolas es esencial para desarrollar sistemas silviculturales que sean efectivos en costo y ambientalmente sustentables para plantaciones manejadas intensivamente. Las respuestas de la plantación a los tratamientos silvícolas dependerán de cómo estos afectan la disponibilidad de recursos de un sitio. Según Toro (2004), se pueden identificar dos tipos de respuestas: *tipo I*, cuando la respuesta inicial a un tratamiento es significativamente superior al control, pero al cabo de un tiempo los incrementos corrientes anuales son similares y las curvas son paralelas, manteniéndose la ganancia obtenida a lo largo de la rotación. *tipo II*, cuando los tratamientos aplicados promueven incrementos corrientes anuales que son significativamente mayores al testigo, lo que genera curvas divergentes que pueden duplicar o triplicar la productividad.

Los efectos del control de malezas y la fertilización han sido poco documentados en especies tropicales; no obstante, existe bastante información de sus efectos sobre otras especies (Barrera 2006, Soto 2006, Rubilar *et al.* 2008). Rojas *et al.* (2004) afirman que *G. arborea* mejora su desarrollo cuando los niveles de N foliar están por encima del 2,25%. Por su parte, Agus *et al.* (2004) realizaron una evaluación de plantaciones de *G. arborea* localizadas en diferentes clases de sitios en Indonesia y encontraron que el N y el P fueron los nutrientes limitantes. Ogbonnaya & Kinako (1993) determinaron qué plántulas de vivero de *G. arborea* igualmente responden a la fertilización nitrogenada. Recientemente, Cadena & Guauque

(2009) evaluaron la respuesta de *G. arborea* en la Costa Atlántica colombiana a la fertilización con N-P-K; y concluyeron que la especie responde positivamente a la aplicación de dosis altas de N y K, siendo no significativo el uso de fertilizantes fosforados.

La evaluación del efecto de las prácticas silviculturales en diferentes condiciones edafoclimáticas proporcionaría información valiosa para ampliar el conocimiento sobre el manejo silvícola de la especie que permita alcanzar la productividad potencial. El propósito de esta investigación fue comparar el efecto individual y combinado de tres intensidades de control de malezas y tres dosis de fertilización con N-P-K-Mg sobre los incrementos periódicos anuales de árboles individuales, en diámetro, altura total, área basal y volumen total sin corteza de una plantación de *G. arborea* creciendo en el departamento del Tolima, Colombia. Los objetivos específicos fueron: evaluar y comparar el efecto de la aplicación individual de tratamientos

de control de malezas y fertilización; y evaluar y comparar el efecto de la aplicación combinada de tratamientos de control de malezas y fertilización. La información generada permitirá mejorar las prácticas silvícolas de establecimiento aplicadas a plantaciones de *G. arborea* establecidas en el departamento del Tolima.

## METODOLOGÍA

### ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en una plantación de *G. arborea* localizada en el municipio de Coello, en el departamento del Tolima, Colombia (Figura 1). El área de estudio se localiza en las coordenadas geográficas N 4°17'3.80" a 4°16'54.31" y W 74°54'23.31" a 74°54'8.55" y a una altitud de 317 msnm. La zona presenta un promedio de precipitación anual de 1149 mm, distribuidos de manera bimodal con precipitaciones concentradas

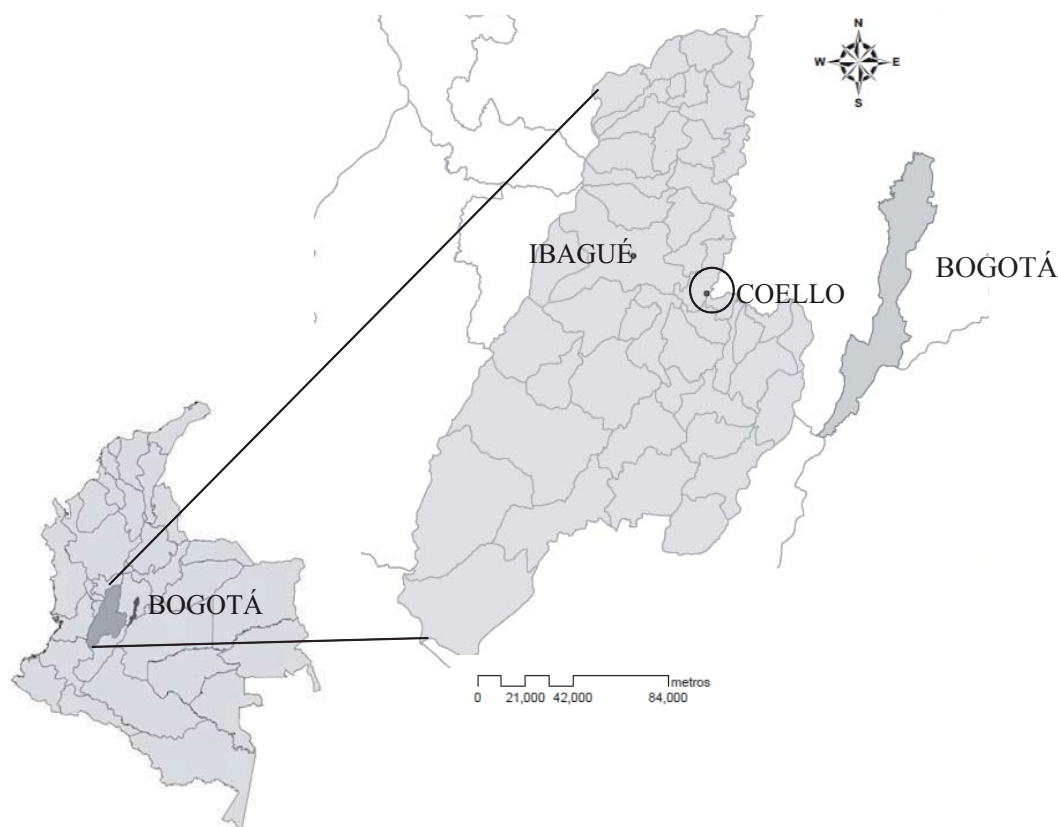


Figura 1. Localización del área de estudio

**Tabla 1.** Caracterización química del suelo entre 0-30 cm de profundidad

pH	MO (%)	P (mg/kg)	Ca	Mg	K	B	Cu	Mn	Fe	Zn
			(meq/100 g)			(ppm)				
6.90	2.90	134	11	0.80	0.11	1.00	0.20	14.00	5.20	0.80

en los meses de abril mayo y octubre y una temperatura media anual de 28,5°C (Ideam 2005). Los suelos de la región son de origen aluvial, profundos, franco arenosos, el relieve es ondulado, con pendientes menores al 12%. Un análisis realizado a una muestra de suelo tomada en los primeros 30 cm de profundidad permitió detectar deficiencias de nitrógeno (N), potasio (K) y magnesio (Mg), esta última determinada mediante la relación Ca/Mg (Tabla 1). Esta información permitió establecer posteriormente las dosis de fertilizantes por ser aplicadas en el ensayo.

El establecimiento de la plantación de *G. arborea* se realizó en diciembre del 2007 y se utilizó material vegetal proveniente de la Costa Atlántica colombiana. La preparación de sitio consistió en un subsolado a 40-50 cm de profundidad y una densidad de siembra de 833 árb/ha con un espaciamiento de 4 x 3 m. Un mes después de la siembra se aplicó a cada individuo 50 gr de N-P-K (triple 15). Durante el primer año se hicieron limpiezas manuales y plateos como práctica de control de malezas.

### DISEÑO EXPERIMENTAL

El ensayo silvícola fue instalado 15 meses después de realizada la plantación (febrero del 2009) y se consideró un diseño experimental en bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas. El arreglo de los tratamientos fue factorial con dos factores (control de malezas y fertilización), tres niveles por factor (3 x 3) y tres repeticiones (bloques). Los tratamientos de control de malezas y fertilización se detallan en la tabla 2. Las parcelas primarias correspondieron a los tratamientos de control de malezas, mientras que las subparcelas a los tratamientos de fertilización tuvieron forma rectangular de 500 m<sup>2</sup>; en su interior, se establecieron parcelas circulares de medición de 154 m<sup>2</sup> (trece árboles aproximadamente).

El control de malezas consistió en la aplicación manual de tres litros de glifosato por hectárea. De acuerdo con el análisis de suelo, en los tratamientos de fertilización se consideró

**Tabla 2.** Tratamientos de control de malezas (3 niveles) y fertilización aplicados (3 niveles).

Código	Control de malezas	Fertilización				
		Dosis (g/árbol)	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg
C1+Fb	Aplicación de herbicida (glifosato) una vez al año (aplicado en marzo).	Baja	4	2	8	4
C1+Fm		Media	15	8	30	17
C1+Fa		Alta	60	30	120	68
C2+Fb	Aplicación de herbicida (glifosato) dos veces al año (aplicados en marzo y septiembre).	Baja	4	2	8	4
C2+Fm		Media	15	8	30	17
C2+Fa		Alta	60	30	120	68
C3+Fb	Aplicación de herbicida (glifosato) tres veces al año (aplicados en marzo, septiembre y diciembre).	Baja	4	2	8	4
C3+Fm		Media	15	8	30	17
C3+Fa		Alta	60	30	120	68

indispensable la adición de nitrógeno (N), potasio (K), magnesio (Mg) y fósforo (P). Como fuente de N, se utilizó Urea, como fuente de K<sub>2</sub>O se usó KCl (cloruro de potasio), como fuente de Mg se utilizó micro-Magnesio y de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> se usó DAP (fosfato de diamónico). Todos los fertilizantes fueron incorporados superficialmente al suelo y aplicados en corona alrededor de la base del árbol. Adicionalmente, se instalaron dos parcelas permanentes que no recibieron control de malezas ni fertilización y sirvieron como testigo absoluto para comparaciones.

### MEDICIÓN DEL ENSAYO

La información dasométrica utilizada en el análisis corresponde a la medición inicial realizada tras la instalación del ensayo en febrero del 2009 y una cuarta medición realizada en septiembre del 2010 (19 meses después de la instalación del ensayo). En cada medición se registraron las siguientes variables para cada uno de los árboles contenidos dentro de las parcelas de medición: diámetro ( $d$ ) medido a 1.3 m sobre el suelo con cinta diamétrica a todos los individuos, altura total ( $h$ ) y altura de inicio de copa verde medidas con hipsómetro láser a una submuestra de cuatro individuos dentro de cada subparcela, posición sociológica (dominante, codominante, intermedio o suprimido), condición del individuo (vivo, muerto) y calidad fustal a nivel de árbol completo (bueno, regular y malo).

Las alturas ( $h$ ) faltantes fueron estimadas en cada tratamiento para cada medición por medio del ajuste de una función local no-lineal de altura-diámetro (ecuación 1), donde  $h$  es la altura total (m),  $d$  es el diámetro a 1.3 m sobre el suelo (cm),  $\beta_i$  son los parámetros por ser estimados,  $e$  es la base de los logaritmos neperianos y  $\varepsilon$  es el error aleatorio.

Para el cálculo del volumen total sin corteza de árboles individuales se utilizó el modelo general de volumen propuesto por Burkhart (1977, ecuación 2); donde  $v$  es el volumen total sin corteza (m<sup>3</sup>sc/árbol),  $d$  es el diámetro a 1,3 sobre el suelo (cm),  $h$  es la altura total (m),  $\beta_i$  son los parámetros a ser estimados y  $\varepsilon$  es el error aleatorio.

$$h = 1.3 + \beta_0 . e^{\frac{\beta_1}{d}} + \varepsilon \quad \text{Ec. 1}$$

$$v = \beta_0 + \beta_1 . d^{\beta_2} . h^{\beta_3} + \varepsilon \quad \text{Ec. 2}$$

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La comparación y evaluación del efecto del control de malezas y fertilización sobre el crecimiento inicial de *G. arborea* se realizó aplicando técnicas de análisis de varianza (ANOVA), pruebas de hipótesis y comparaciones de medias. Las variables respuestas utilizadas en el análisis correspondieron a incrementos periódicos anuales (IPA) en diámetro ( $\Delta d$ ), altura total ( $\Delta h$ ), área basal ( $\Delta g$ ) y volumen total sin corteza ( $\Delta v$ ) de árboles individuales. A estas variables se les practicó una prueba de normalidad, empleando el test de Shapiro-Wilk (Shapiro & Will 1965). La homogeneidad de las unidades experimentales se confirmó mediante un ANOVA y se utilizaron los datos de la primera medición.

El efecto de los tratamientos de control de malezas y fertilización y su interacción fue evaluado con el modelo para diseños en parcelas divididas considerando submuestreo (Melo *et al.* 2007, ecuación 3); donde  $y_{ijk}$  es la variable respuesta ( $\Delta d$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta g$  y  $\Delta v$ ),  $\mu$  es la media general,  $\alpha_i$  es el efecto del  $i$ -ésimo nivel del control de malezas ( $i=1, 2, 3$ ),  $\delta_k$  es el efecto del  $k$ -ésimo bloque ( $k=1, 2, 3$ ),  $\eta_{ik}$  es el error aleatorio de las parcelas principales,  $\beta_j$  se asocia al efecto del  $j$ -ésimo nivel de la fertilización ( $j=1, 2, 3$ ),  $\alpha\beta_{ij}$  es el efecto de la interacción entre el control de malezas y fertilización,  $e_{ijk}$  es el error aleatorio de las subparcelas y  $\varphi_{ijkl}$  es el error aleatorio observacional ( $l=1, 2, 3 \dots, n_k$ ) donde  $n_k$  es el número de observaciones en cada subparcela.

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \delta_k + \eta_{ik} + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + e_{ijk} + \varphi_{ijkl} \quad \text{Ec. 3}$$

$i = 1, 2, 3 \quad j = 1, 2, 3 \quad k = 1, 2, 3 \quad l = 1, 2, 3 \quad n_k$

Para determinar las diferencias entre tratamientos, se realizaron comparaciones múltiples utilizando el test LSD de Fisher (Kuehl 2001, Montgomery 2010). Los análisis estadísticos fueron realizados

utilizando el procedimiento PROC GLM contenido en Statistical Analysis System (SAS) (SAS Institute Inc. 1999). Para los test estadísticos se consideró un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ .

## RESULTADOS

### EFECTO DEL CONTROL DE MALEZAS Y FERTILIZACIÓN

El ANOVA realizado indica que no existe un efecto significativo del control de malezas sobre el incremento periódico anual de todas las variables consideradas en el análisis (Tabla 3). Contrariamente, la fertilización presenta un efecto significativo sobre el incremento periódico anual de las variables evaluadas. El análisis también aporta evidencia para descartar la interacción entre los tratamientos de control de malezas y fertilización (C\*F).

Las comparaciones entre niveles de control de malezas indican que no existen diferencias significativas entre ellos para todas las variables respuesta evaluadas, sin embargo, al realizar una

comparación de incrementos periódicos anuales con la parcela testigo se observa que se producen ganancias del 22% en  $\Delta d$  y del 3% en  $\Delta v$  al aplicar, por lo menos, un control de malezas al año (Figura 3). La aplicación de dosis medias (Fm) y altas (Fa) de fertilización favorecieron los incrementos periódicos anuales de todas las variables.

Al analizar las medias de los tratamientos aplicados usando como variable respuesta  $\Delta d$  y  $\Delta v$  (Figura 2), se determinó que la mejor dosis de fertilización es la alta (Fa). Si se evalúan las medias de estas variables para los tratamientos de control de malezas, si bien no se encuentran diferencias significativas, se obtuvo que la aplicación de dos controles de malezas al año contribuye a aumentar el  $\Delta d$  y el  $\Delta v$ .

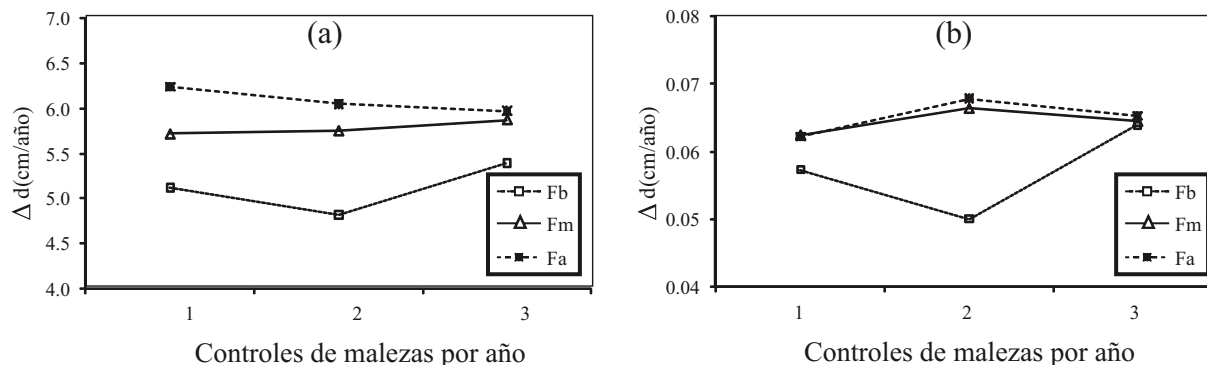
### Efecto de los tratamientos combinados

El ANOVA no identificó diferencias significativas entre los tratamientos combinados de control de malezas y fertilización en todas las variables respuestas evaluadas (Tabla 4). Sin embargo, los tratamientos con dosis de fertilización alta (Fa)

**Tabla 3.** Nivel de significancia para los efectos individuales y combinados de control de malezas (C) y fertilización (F)

Fuente	GL	Incrementos periódicos			
		$\Delta d$ (cm/año)	$\Delta h$ (m/año)	$\Delta g$ (m <sup>2</sup> /árbol/año)	$\Delta v$ (m <sup>3</sup> /árbol/año)
C	2	0.805ns	0.697ns	0.863ns	0.881ns
F	2	<0.0001	<0.0001	0.0098	0.048
C*F	4	0.412ns	0.466ns	0.331ns	0.322ns

ns no significativo para un  $\alpha=0.05$ .



**Figura 2.** Efecto del control de malezas y dosis de fertilizantes en el incremento periódico en (a) diámetro y (b) volumen.

**Tabla 4.** Comparaciones múltiples entre las medias de los incrementos periódicos en diámetro, altura total, área basal y volumen total sin corteza. En negrilla se indican para cada variable los tratamientos con los mayores incrementos periódicos

Tratamiento	Incrementos periódicos			
	$\Delta d$ (cm/año)	$\Delta h$ (m/año)	$\Delta g$ (m <sup>2</sup> /árbol/año)	$\Delta v$ (m <sup>3</sup> /árbol/año)
C1+Fb	5.120 <sup>cd</sup>	4.484 <sup>d</sup>	0.011 <sup>bcd</sup>	<b>0.057<sup>ab</sup></b>
C1+Fm	<b>5.719<sup>abc</sup></b>	4.647 <sup>d</sup>	<b>0.012<sup>ab</sup></b>	<b>0.062<sup>a</sup></b>
C1+Fa	<b>6.243<sup>a</sup></b>	<b>5.219<sup>ab</sup></b>	<b>0.013<sup>ab</sup></b>	<b>0.062<sup>a</sup></b>
C2+Fb	4.816 <sup>de</sup>	4.707 <sup>d</sup>	0.010 <sup>d</sup>	0.050 <sup>b</sup>
C2+Fm	<b>5.753<sup>ab</sup></b>	4.715 <sup>d</sup>	<b>0.012<sup>ab</sup></b>	<b>0.066<sup>a</sup></b>
C2+Fa	<b>6.051<sup>a</sup></b>	<b>5.484<sup>a</sup></b>	<b>0.013<sup>a</sup></b>	<b>0.068<sup>a</sup></b>
C3+Fb	5.390 <sup>bcd</sup>	4.746 <sup>d</sup>	<b>0.012<sup>abc</sup></b>	<b>0.064<sup>a</sup></b>
C3+Fm	<b>5.873<sup>ab</sup></b>	4.879 <sup>bcd</sup>	<b>0.013<sup>ab</sup></b>	<b>0.065<sup>a</sup></b>
C3+Fa	<b>5.971<sup>ab</sup></b>	<b>5.165<sup>abc</sup></b>	<b>0.012<sup>ab</sup></b>	<b>0.065<sup>a</sup></b>
Testigo	4.685	4.777	0.010	0.059

exhibieron los mejores resultados en incrementos periódicos anuales en las variables evaluadas (Figura 2). Las ganancias en crecimiento después de 19 meses desde la instalación del ensayo para los mejores tratamientos comparados con las parcelas testigo fueron 33% en  $\Delta d$  (C1+Fa), 15% en  $\Delta h$  (C2+Fa), 30% en  $\Delta g$  (C1+Fa) y 15% en  $\Delta v$  (C2+Fa).

## DISCUSIÓN

En el análisis, se evaluaron los efectos del control de malezas y fertilización mediante un modelo estadístico para parcelas divididas, que permite separar cada uno de los factores, determinando que el control de malezas no incide significativamente en ninguna de las variables respuestas. Resultados semejantes fueron encontrados por Rubilar *et al.* (2008) para *Pinus radiata* durante la segunda temporada de crecimiento. Una posible causa del escaso efecto del control de malezas sobre los IPA de las variables estudiadas se puede atribuir al estado de desarrollo de la plantación cercano al cierre de copas, el cual inhibió la competencia de malezas e indicó que posiblemente el control de malezas tendría un efecto directo en el crecimiento de *G. arborea* durante el primer año de desarrollo.

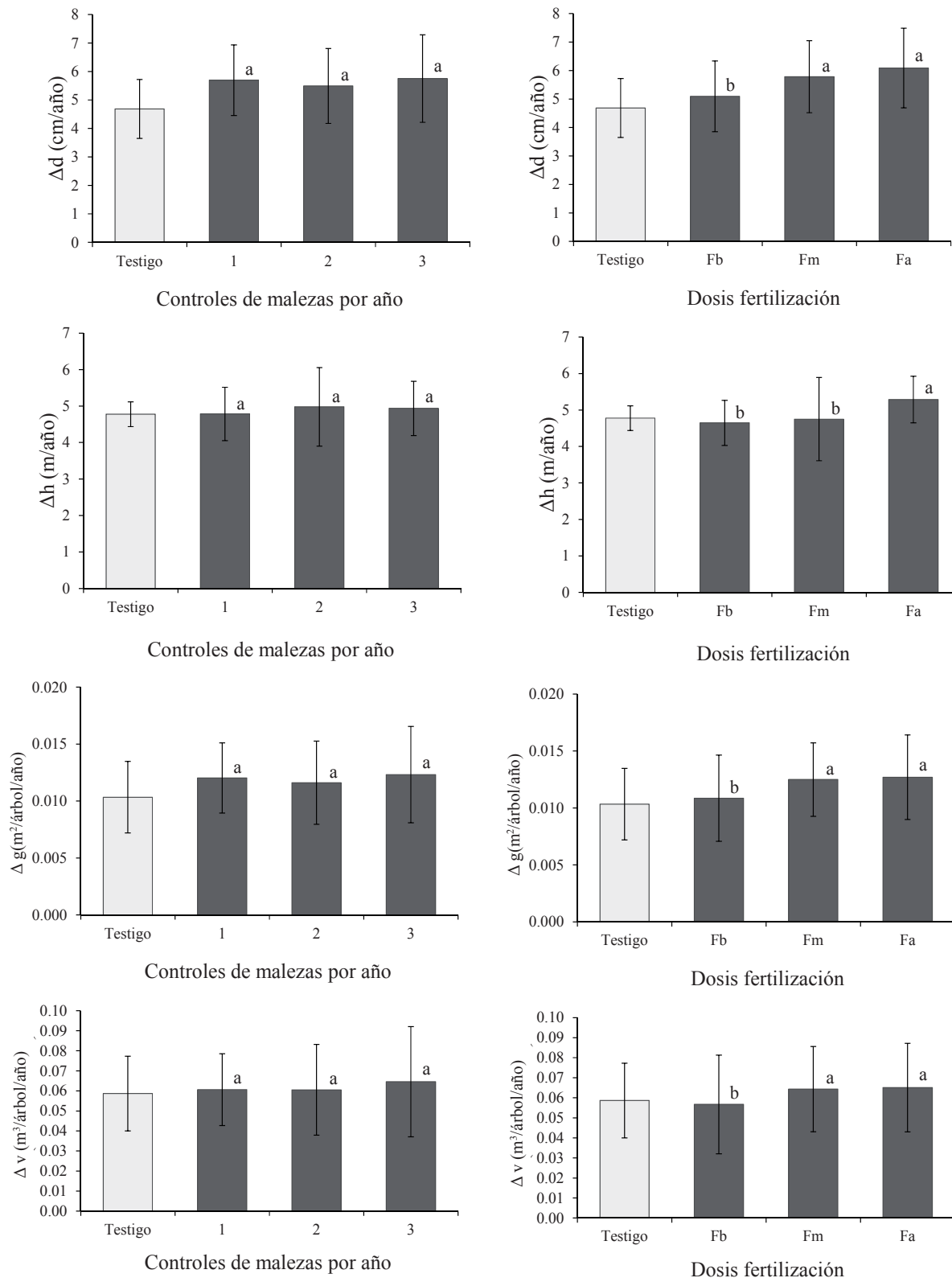
La fertilización influye significativamente en el incremento periódico anual de todas las variables

respuesta. Las dosis altas de fertilización se relacionaron con los mayores IPA de las variables evaluadas. Cadena & Guauque (2009) encontraron que *G. arborea* responde a dosis de fertilizante más altas que las evaluadas en el presente estudio y sugieren la posibilidad de incrementar aún más las respuestas obtenidas en próximos estudios. La fertilización tuvo un efecto inmediato sobre el crecimiento de los árboles y este se mantuvo durante el periodo evaluado, lo cual evidenció que esta práctica afecta positivamente el crecimiento durante un tiempo prolongado y que coincide con la respuesta tipo II propuesta por Toro (2004).

## CONCLUSIONES

Los tratamientos de control de malezas no se diferenciaron significativamente entre sí, sin embargo, la ausencia de controles de malezas, observado en las parcelas testigo, disminuyó el  $\Delta d$  en 22% y el  $\Delta v$  en 3%, demostrándose la importancia de esta práctica silvícola en el desarrollo inicial de plantaciones forestales de *G. arborea*.

El máximo IPA en volumen total sin corteza se logró mediante la aplicación de dos controles de malezas al año, combinados con la adición de una dosis alta (Fa) de fertilizante (N=60 g, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=30 g, K<sub>2</sub>O=120 g, Mg=68 g), alcanzándose un aumento



**Figura 3.** Comparación de incremento periódico para los distintos niveles de control de maleza y dosis de fertilización



del 15% en relación con las parcelas testigo (Figura 2). Este tratamiento también contribuyó a lograr aumentos en los incrementos periódicos anuales en diámetro de 29%, 15% en altura total y 30% en área basal.

A partir de los resultados obtenidos se concluye que el manejo silvícola de plantaciones de *G. arborea* después del primer año de crecimiento debiera ser enfocado al desarrollo de programas de fertilización que permitan acercarse a la productividad potencial de la especie.

#### AGRADECIMIENTOS

El financiamiento necesario para el desarrollo de este estudio se obtuvo de los proyectos de investigación 2008K7852-3463 y 2008K7852-3485 ejecutados por la Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal-CONIF en alianza con la Gobernación del Tolima, la Universidad del Tolima, Corcuencas y con la cofinanciación del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR).

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achinelli, F., M. Francisco, A. Aparicio, A. Gennari, E. Prada, J. Giunchi & R. Marlats.** 2003. Análisis comparado de las respuestas de clones de álamo al control de malezas químico-mecánico, químico total y a la fertilización de arranque con urea en plantaciones de la Provincia de Buenos Aires. INTA (Documento interno). Buenos Aires. 8 p.
- Agus, C., O. Karyanto, S. Kita, K. Haibara, H. Toda, S. Hardiwinoto, H. Supriyo, M. Na'iem W. Wardana, M. Sipayung, Khomsatun & S. Wijoyo.** 2004. Sustainable site productivity and nutrient management in a short rotation plantation of *Gmelina arborea* in east Kalimantan, Indonesia. *New Forest* 28: 277-285.
- Barrera, V.** 2006. Evaluación del crecimiento de *Eucalyptus nitens* de 5-7 años de edad, con diferentes manejos nutritivos, en la Región de Los Lagos. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 49 p.
- Binkley, D.** 1993. Nutrición Forestal: Prácticas de manejo. Editorial Limusa S.A. 1<sup>er</sup> edición. México. 340 p.
- Burkhart, H.** 1977. Cubic-foot volume of loblolly pine to any merchantable top limit. *Southern Journal of Applied Forestry* 1: 7-9.
- Cadena, M. & G. Guauque.** 2009. Respuesta a la fertilización N: P: K en plantación de *Gmelina arborea*. Bosque Seco Tropical (Bajo Magdalena –Colombia). XIII World Forestry Congress. Buenos Aires. 18-23 p.
- Gaitán, J., F. Larocca & F. Dalla Tea.** 2004. Fertilización de *Eucalyptus grandis*: Dinámica de la respuesta durante la rotación comercial. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires. 10 p.
- IDEAM.** 2005. Atlas climatológico de Colombia. IDEAM. Bogotá. 219 p.
- Kuehl, R.** 2001. Diseño de experimentos. International Thomson Editores. México. 666 p.
- Melo, O., L. López & S. Melo.** 2007. Diseño de experimentos: métodos y aplicaciones. 1<sup>a</sup> edición. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 668 p.
- Montgomery, D.** 2010. Diseño y análisis de experimentos. 2<sup>a</sup> edición. Limusa Wiley. México. 700 p.
- Ogbonnaya, C. & P. Kinako.** 1993. Growth and mineral nutrition of *Gmelina arborea* Roxb. Seedlings fertilized with four sources of nitrogen on a latosolic soil. *Tree Physiology* 12: 291-299.
- Obregón, C.** 2006. *Gmelina arborea*: Versatilidad, renovación y productividad sostenible para el futuro. *Revista el mueble y la madera (M & M)* 50: 14-20.
- Rojas, F., D. Arias, R. Moya, A. Meza, O. Murillo & M. Arguedas.** 2004. Manual para productores de melina *Gmelina arborea* en Costa Rica. Instituto Técnico de Costa Rica. Cartago. 314 p.

- Rubilar, R., L. Blevins, J. Toro, A. Vita & F. Muñoz.** 2008. Early response of *Pinus radiata* plantations to weed control and fertilization on metamorphic soils of the Coastal Range, Maule Region, Chile. *Bosque* 29:74-84.
- SAS Institute Inc.** 1999. SAS User's Guide: SAS STAT. Version 8. SAS Institute Inc. Cary. NC.
- Soto, Y.** 2006. Evaluación de un ensayo de silvicultura intensiva en plantación de pino insigne (*Pinus radiata* D. Don) en un suelo arenoso de la VIII región. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. Santiago de Chile. 77 p.
- Shapiro, S. S. & M. B. Wilk.** 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52: 591-611.
- Toro, J.** 2004. Alternativas silvícolas para aumentar la rentabilidad de las plantaciones forestales. *Bosque* 25: 101-113.