

Crecimiento inicial de *Gmelina arborea*
Roxb. aplicando diferentes tratamientos de
fertilización en el Pacífico Sur de Costa Rica

Mariela González-Rojas¹
Rafael Murillo-Cruz¹
Carlos Ávila-Arias¹

Resumen

Gmelina arborea (melina) es una especie de crecimiento rápido, sin embargo, al aplicar una fertilización adecuada se puede aumentar su productividad. En este estudio se probaron diferentes tratamientos de fertilización en dos ensayos diferentes en la Finca Puntarenas, cantón de Osa. En el primer ensayo se aplicó doce tratamientos de fertilización en el establecimiento de la plantación y se midieron los árboles a los 11 meses de edad, donde se obtuvo el mayor crecimiento en altura (4,87 m) al aplicar 64 g árb^{-1} de la fórmula 19(N)-4(P_2O_5)-19(K_2O)-3(MgO)-0,1(B)-1,8(S)-0,1(Zn) al momento de la siembra, en conjunto con 50 g árb^{-1} de urea (a los seis meses de haberse establecido), siendo el más efectivo en crecimiento y costo (0,76 $\text{C} \text{ cm}^{-1}$) por unidad de altura. En el segundo ensayo se aplicó la fórmula seleccionada

Abstract

Initial growth of *Gmelina arborea* Roxb. applying different fertilization treatments in South Pacific of Costa Rica

Gmelina arborea (melina) is a fast growing species, however, applying proper fertilization can increase their productivity. In this study different fertilization treatments were tested in two different essays in Finca Puntarenas, Osa. In the first essay twelve fertilization treatments was applied in the establishment of the plantation and trees were measured at 11 months of age, where the largest growth in height (4,87 m) was obtained by applying 64 g tre^{-1} of fertilizer formula 19 (N) -4 (P_2O_5) -19 (K_2O) -3 (MgO) -0,1 (B) -1,8 (S) -0.1 (Zn) at the planting time, together 50 g of urea tre^{-1} (at six months of being established), being

1. Universidad Nacional de Costa Rica, Instituto de Investigación y Servicios Forestales (INISEFOR); Heredia, Costa Rica; marielagonzalez1091@gmail.com *Autor para correspondencia, murillorafael5454@yahoo.com, carlosenrique79@gmail.com

Recibido: 03/05/2016
Aceptado: 18/05/2016

en el primer ensayo, en dosis de 0 g, 100 g, 200 g y 300 g árb^{-1} ; la mitad de cada dosis se aplicó al momento de la siembra y la segunda mitad a los seis meses después. Se evaluaron los árboles a los 15 meses de edad y no se encontró diferencias estadísticamente significativas en diámetro, altura y volumen total, sin embargo, se obtuvieron valores ligeramente mayores en el crecimiento del diámetro (12,8 cm), la altura (7 m) y el volumen total (0,0630 m^3), aplicando 100 g árb^{-1} de fertilizante, lo cual permite al productor ahorrar hasta un 50 % del costo del fertilizante en comparación con dosis más altas (200 ó 300 g árb^{-1}).

Palabras clave: *Gmelina arborea*, fertilización, crecimiento, tratamientos, dosis.

Introducción

Gmelina arborea es la segunda especie de mayor interés en la reforestación comercial en Costa Rica. Se estima que del área total sembrada en el país (88891,5 ha) correspondiente a plantaciones, árboles dispersos y sistemas agroforestales, la melina ocupa un 20,61 % del área (INEC, 2015). De las especies maderables producidas en Costa Rica, la melina es la que más se comercializa, por su versatilidad para la fabricación de material de embalaje, para la industria de construcción y para la ebanistería en la fabricación de muebles (Barrantes y Ugalde, 2015).

Dada la presión por elevar los rendimientos y disminuir los turnos de corta, la relevancia de diagnosticar la condición nutricional de las plantaciones forestales ha aumentado (Alvarado, 2012), con lo cual es posible establecer un plan adecuado de fertilización según los requerimientos nutricionales de cada especie. En plantaciones de melina es común aplicar fertilizantes ricos en fósforo y nitrógeno al momento de plantar los árboles (Rojas et al. 2004). Cadena y Guauque (2009) al evaluar el incremento del área basal (IAB) en árboles de *Gmelina arborea* de dos años, recomiendan la aplicación de 300 g árb^{-1} de N + 50 g árb^{-1} de P_2O_5 + 160 g árb^{-1} de K_2O . Paillacho (2010) en un estudio realizado en Santo Domingo, Ecuador, al comparar diferentes dosis de fertilización sobre el crecimiento inicial de melina, encontró que al aplicar 90 g árb^{-1} de fertilizante 18-46-0 + 40 g árb^{-1} de urea y 108 g árb^{-1} de muriato de potasio, se obtiene mayor crecimiento en altura y diámetro basal (dap) (5,79 m y 11,40 cm a los diez meses y 8,12 m y 14,08 cm a los 14 meses). Barrios et al. (2011) en un estudio realizado en Colombia, al utilizar 60 g árb^{-1} de N + 30 g árb^{-1} de P_2O_5 + 120 g árb^{-1} de K_2O y 68 g árb^{-1} de Mg, el incremento periódico anual fue de 6,2 cm año^{-1} en diámetro y 5,2 m año^{-1} en altura.

too the most effective treatment in cost (0,76 € cm^{-1}) per unit height. In the second essay was applied the fertilizer formula selected in the first one, at doses of 0 g, 100 g, 200 g and 300 g tree^{-1} ; half of each dose was applied at planting time and the second half six months later. Trees at 15 months of age were evaluated and there was not stadistically significant differences in diameter, height an total volumen, however, slightly higher values for diameter grownth (12.8 cm), height (7 m) and total volumen (0.0630 m^3) were obtained applying 100 g tre^{-1} , which allows producers to save up to 50 % of the cost of fertilizer compared with higher doses (200 or 300 g tre^{-1}).

Keywords: *Gmelina arborea*, fertilization, growing, treatments, doses.

Contar con información sobre la fertilización óptima de la melina, además de favorecer el crecimiento de la especie, permite al productor contar con información valiosa para hacer más efectivo el uso del dinero en el manejo de la plantación. Este estudio tiene como objetivo determinar los costos de fertilización, el efecto de doce tratamientos y dosis más efectiva de fertilizante sobre el crecimiento inicial en diámetro y altura de *Gmelina arborea* en dos plantaciones del Pacífico Sur de Costa Rica.

Material y métodos

Descripción del sitio

Los ensayos se establecieron en La Finca Puntarenas, ubicada en la Provincia de Puntarenas, cantón de Osa, distrito Palmar, coordenadas 8°49'50" N y 83°18'27" W. A partir del año 1930 en adelante, la finca fue usada para el cultivo de banano y luego de plátano. La topografía es casi plana con una pendiente máxima de 2 %. Los suelos son inceptisoles, de origen aluvial debido a la influencia del Río Sesenta, no presentan problemas de fertilidad ni de encharcamiento producto de inundaciones por eventos excesivos de lluvia y presentan más de un metro de profundidad efectiva de raíces. El sitio cumple con los requerimientos para un óptimo desarrollo de la especie (Murillo y Valerio, 1991; Murillo, 1996; Rojas et al., 2004; Espinoza, 2004; Murillo y Ávila, 2011), es catalogado como sitio clase I para la producción de melina (Cuadro 1.), donde la especie puede presentar un incremento medio anual (IMA) en dap de 8,0 cm año^{-1} , 4,96 m año^{-1} en altura y 0,0680 m^3 árbol año^{-1} (Ávila et al., 2015).

Descripción de los ensayos

Se establecieron dos ensayos de fertilización utilizando clones de *Gmelina arborea*. El primero consistió en la prueba de 4 tratamientos que incluyeron un testigo absoluto y tres fórmulas de fertilizante (la fórmula 10-30-10, la 19-4-19 y la

Cuadro 1. Análisis de suelo de una calicata en la Finca Puntarenas.

Table 1. Soil analysis of a soil pit in Finca Puntarenas.

Profundidad (cm)	pH H ₂ O	cmol(+)*L ⁻¹					CICE	%	mg*L ⁻¹				
		ACIDEZ	Ca	Mg	K	SA			P	Zn	Cu	Fe	Mn
00 - 05	6,4	0,19	22,63	5,38	1,01	29,21	1	16	5,0	20	63	54	
05 - 17	5,9	0,75	29,80	4,41	0,54	35,50	2	9	2,7	102	22	7	
17 - 37	6,3	0,52	34,76	3,36	0,11	38,75	1	12	1,8	9	10	4	
37 - 58	6,3	0,44	37,56	3,38	0,11	41,49	1	9	1,7	5	7	5	
58 - 70	6,4	0,49	37,49	3,17	0,11	41,26	1	11	1,7	5	5	3	
70 - 117	6,4	0,57	33,71	2,72	0,12	37,12	2	16	1,7	6	5	3	

SA = saturación de acidez (%)

Cuadro 2. Tratamientos de fertilización utilizados en el ensayo 1 de *Gmelina arborea*.

Table 2. Fertilization treatments used in number one trial of *Gmelina arborea*.

Fertilizante a la siembra	Urea a los 6 meses		
	Sin aplicación	50 g de urea	100 g de urea
Sin aplicación	1	2	3
60 gr de 10-30-10	4	5	6
64 gr de 19-4-19	7	8	9
20 gr. de KCl	10	11	12

de KCL), adicionalmente y a los 6 meses se aplicó 3 niveles de urea sobre las tres fórmulas de fertilizante y el testigo absoluto (Cuadro 2), para un total de 12 tratamientos. En el momento de la siembra se instalaron 3 parcelas al azar de cada uno de los 4 tratamientos, para un total de 12. Seis meses después, se aplicó los 3 niveles de urea en cada uno de los 4 tratamientos iniciales. El ensayo incluyó seis bloques, 6 árboles por tratamiento, 6 clones diferentes en cada tratamiento y los mismos clones en las repeticiones, un distanciamiento de 3,5 x 3,5 m entre árboles e hileras. La plantación fue establecida haciendo una chapea general y una aplicación de herbicida sistémico y un preemergente en rodaja, no se hicieron camellones y el sitio tenía drenajes primarios de 1 metro de profundidad y secundarios de 50 cm. El mantenimiento fue realizado por medio de chapeas en carril de 1,2 m de ancho en la líneas de los árboles, más una chapea general al final del período lluvioso y aplicaciones de herbicidas en rodajas. En este ensayo se midió la altura total a los 11 meses de edad.

El segundo ensayo incluyó la prueba de cuatro dosis (un testigo sin aplicación, 100 g árb⁻¹, 200 g árb⁻¹ y 300 g árb⁻¹) de fertilizante de la fórmula química 19-4-19-3-0,1-1,8-0,1. Las dosis de fertilizante se fraccionaron, la mitad en el momento de plantar y la otra mitad a 6 meses de edad. Se instalaron seis bloques, cuatro tratamientos, con 18 árboles por tratamiento (parcela), 9 árboles de un clon y 9 árboles de otro clon a un distanciamiento de 4 x 4 m. En cada una de las parcelas se mantuvo

uniformidad genética, es decir, el mismo conjunto de clones. La primera dosis se aplicó en el fondo del hoyo de siembra al momento de plantar y la segunda se incorporó utilizando el método de espequiado, el cual consistió en hacer dos agujeros opuestos a 15 cm del árbol y en la superficie del suelo. Se midió el diámetro a la altura del pecho (dap) con cinta diamétrica y la altura total con clinómetro a los 15 meses de edad y se estimó el volumen total mediante la función:

$$Vt = \left(\frac{Dap}{100} \right)^2 * 0,7854 * Ht * 0,6$$

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para datos balanceados en cada una de las variables según el ensayo. Posteriormente, se aplicó la prueba de medias de Tuckey ($\alpha = 0,05$), como comparador múltiple que permitió identificar diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Previamente se realizó la verificación del cumplimiento de los tres enunciados de la estadística paramétrica de los datos. Para todo lo anterior se utilizó el software InfoStat.

Costos de fertilización

Para cada ensayo se estimaron los costos de fertilización según el tratamiento, sin incluir el costo de mano de obra. El valor utilizado para cada producto (saco de urea,

Cuadro 3. Precio de los insumos utilizados.

Table 3. Price of the products used.

Producto	Saco (Kg)	Precio por saco (\$)	Precio por gramo (\$)
Urea	45	21,53	0,00047
10-30-10	45	31,24	0,00069
19-4-19	45	27,77	0,00062
KCL	50	30,41	0,00061

Tasa cambio ₡ \$-1 542,49, Febrero 2016

fórmula 10-30-10 y 19-4-19 y KCL) corresponde al precio de venta en tres centros comerciales a enero del 2016 (Cuadro 3. Precio de los insumos utilizados.). Para el primer ensayo se calculó el incremento en la altura (m) de cada tratamiento con respecto al testigo y el costo por ha con base en una abundancia de 816 árb ha⁻¹. En el segundo ensayo se estimó el incremento en el volumen total con respecto al testigo y el costo por ha a una abundancia de 625 árb ha⁻¹.

Resultados y discusión

Al aplicar el tratamiento 8 (T8) la melina presentó una mayor altura (4,87 m) a los 11 meses de edad, con una diferencia estadísticamente significativa ($p=0,04$) con respecto a los demás tratamientos (Figura1). El T8 consistió en aplicar 64 g árb⁻¹ de la fórmula 19-4-19-3-0,1-1,8-0,1 al momento de la siembra y 50 g árb⁻¹ de urea a los seis meses de haberse establecido la plantación. La ganancia en altura con respecto al testigo al utilizar este tratamiento fue de 10,2 %. Barrios et al. (2011) obtuvieron una ganancia de 15 % con respecto al testigo en el incremento periódico anual (IPA) de la altura total (5,48 m año⁻¹), es decir una altura de 5,02 m a los 11 meses de edad, aplicando una dosis alta de fertilización que consistió en 60 g árb⁻¹ de N+30 g árb⁻¹ de P₂O₅+120 g árb⁻¹ de K₂O y 68 g árb⁻¹ de Mg, en suelos con deficiencia de N, K y Mg en los primeros 30 cm de profundidad y aplicando dos limpiezas químicas al año.

En este sitio, la fórmula más efectiva para la especie fue la 19-4-19 (más elementos menores) con la que la especie alcanzó una altura de 4,87 m. Paillacho (2010) en un estudio realizado en Santo Domingo, Ecuador, obtuvo una altura mayor a la encontrada en este ensayo al aplicar 90 g árb⁻¹ de fertilizante de la fórmula 18-46-0 más 40 g árb⁻¹ de urea y 108 g árb⁻¹ de muriato de potasio, con la cual la especie creció 5,79 m a los 10 meses de edad.

La fertilización con la fórmula 19-4-19 y urea responde a las necesidades nutricionales de la especie, la cual es demandante en nitrógeno y potasio. Avellán (2012) determinó que la concentración foliar de estos macronutrientes en la especie en la zona Sur de Costa Rica en plantaciones de 1 a 12 años de edad, se encuentra en un rango de 2,9 %-3,08

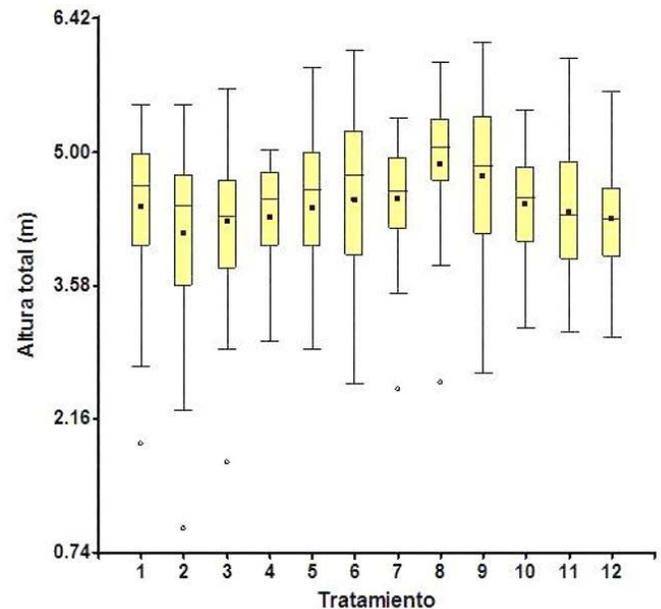


Figura 1. Efecto de utilizar 12 tratamientos de fertilización sobre el crecimiento en altura de *Gmelina arborea* a los 11 meses de edad.

Figure 1. Effect of using 12 treatments of fertilization on height growth of *Gmelina arborea* at 11 months of age.

% en N y 1,06 %-1,21 % en K, siendo el primer y el tercer nutriente después del Ca con mayor concentración en la especie. De igual forma, Sturhmann et al. (1994) indican que un buen crecimiento de la especie depende altamente de estos nutrientes (N, P, K).

Con respecto al tratamiento testigo, el crecimiento de la melina es inferior al aplicar los tratamientos T2 (-6,8 %), T3 (-3,8 %), T4 (-2,6 %), T12 (-3 %) y T11 (-1,4 %). Esto sugiere que utilizar 60 g de fertilizante 10-30-10 sin urea o únicamente urea (50 g ó 100 g árb⁻¹) no tiene efecto positivo sobre el crecimiento de la melina. Además, en el caso de utilizar KCL es preferible utilizar los 20 g árb⁻¹ sin urea. Zeaser (1997) en la Zona Sur de Costa Rica demostró que la respuesta positiva a la aplicación de urea está relacionada con la condición química del suelo y la dosificación inicial de NPK o KCL. En este ensayo, la adición de urea respondió favorablemente al aplicar 64

g árb^{-1} de la fórmula 19-4-19 o 60 g árb^{-1} de la fórmula 10-30-10. Cadena y Gauque (2009) en suelos Entisoles de Colombia, establecieron como dosis óptima la combinación de 300 g árb^{-1} de urea, 50 g árb^{-1} de P_2O_5 y 160 g árb^{-1} de K_2O la cual permitía obtener mayor área basal a los 2 años de edad.

El tratamiento (T8) de mayor incremento en altura (45 cm mes^{-1}), también es el que presentó un menor costo por ese incremento (0,76 $\text{C} \text{ cm}^{-1}$) (Cuadro 4). El uso de la fórmula 19-4-19 aumenta la productividad de la especie y el insumo es un 11 % menos costoso que la fórmula 10-30-10. En el estudio realizado por Paillacho (2010), el incremento mensual de la especie fue levemente mayor (46 cm), sin embargo el costo del tratamiento de fertilización aplicado es de 77,02 $\text{C} \text{ árb}^{-1}$, es decir, un 42 % más costoso (1,32 $\text{C} \text{ cm}^{-1}$) que el T8.

Por otro lado, en el ensayo 2 se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0,0001$) en el diámetro, la altura y el volumen con respecto al testigo a los 15 meses de edad de la plantación. Sin embargo, no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos 100 g árb^{-1} , 200 g árb^{-1} o 300 g árb^{-1} de fertilizante 19-4-19-3-0,1-1,8-0,1 (Cuadro 5). A diferencia, un estudio de fertilización realizado por CATIE (1986), utilizando cuatro dosis (0, 50, 100 y 150 g árb^{-1}) de fertilizante de la fórmula 15-15-15, la prueba de tukey al 5 % detectó la existencia de diferencias significativas entre los incrementos producidos por la fertilización a los cinco meses, resultando ser más ventajoso utilizar dosis de 50 y 150 g árb^{-1} de esta fórmula. Pérez (2009) menciona que las dosis más recomendadas para la especie varían de 100 a 150 g árb^{-1} de NPK. En México, Batis et al. (1999) recomiendan la aplicación de 100 a 150 g árb^{-1} de las fórmulas completas 17-17-17, 10-34-6, 10-28-6, 5-30-10 y 5-30-6, en suelos con alta acidez (Acrisoles), bajos en bases y propensos a deficiencias de micronutrientes.

No obstante, al analizar las medias en diámetro, altura y volumen de la especie en este ensayo, al aplicar el tratamiento de 100 g árb^{-1} de fertilizante (50 g al momento de la siembra y el resto seis meses después en época lluviosa), los valores de estas variables son ligeramente mayores (12,8 cm en diámetro, 7,31 m en altura y 0,0630 $\text{m}^3 \text{ árb}^{-1}$) con respecto a las dosis de 200 g árb^{-1} y 300 g árb^{-1} , con diferencias en diámetro de -0,19 cm y -0,25 cm; -0,09 m y -0,12 m en altura y de -0,004 y -0,006 m^3 en el volumen total.

Al comparar los incrementos de las variables evaluadas con el tratamiento testigo, al aplicar 100 g árb^{-1} de fertilizante se obtienen ganancias del 20,5 % en diámetro, 13,3 % en altura y de 58 % en el volumen total (Cuadro 6). La efectividad de utilizar solo 100 g árb^{-1} puede deberse a los expuesto por Binkley (1993), quien afirma que la aplicación de grandes dosis de fertilizantes afecta la capacidad que tienen los árboles para absorber los nutrientes, como resultado el fertilizante se utiliza en forma ineficaz.

El tratamiento de 100 g árb^{-1} también tiene el menor costo por incremento, es decir, es el tratamiento más barato por unidad de volumen producido (Cuadro 7). El costo por hectárea del este tratamiento a una abundancia de 625 árb ha^{-1} es de $\text{C} 20 931$. En plantaciones forestales con densidades entre 625 y 1111 árb ha^{-1} , el productor puede ahorrar entre dos a cinco sacos por hectárea de fertilizante si utiliza esta dosis, lo que representa una inversión menor de hasta un 50 % o 66 % en comparación con dosis más altas (200 o 300 g árb^{-1}).

Por otro lado, el costo total aproximado de aplicar el mejor tratamiento (fertilizante + mano de obra) es de $\text{C} 35000$, es decir, la mitad del costo de una chapea manual con cuchillo. La melina es muy sensible a la competencia por nutrientes, por lo que la maleza debe eliminarse hasta que la plantación alcance un crecimiento en el cual la sombra de los árboles evitan la entrada de luz al piso forestal y la maleza se elimina (Cruz y De la Garza, 2003). La aplicación de chapeas totales es un tratamiento común en el manejo de plantaciones, sin embargo, su costo es muy elevado debido a su baja efectividad temporal (entre 15 días y 2 meses aproximadamente) según las condiciones particulares de cada sitio. Al realizar chapeas, se fortalece el sistema radicular de las malezas y los tallos expuestos rebrotan abundantemente, aumentando la competencia radicular. Por tanto, lo recomendable es combinar fertilizaciones sucesivas con el control químico de malezas en la etapa de mayor crecimiento de la plantación, para sí aumentar la biomasa de los árboles y reducir costos de mantenimiento (menos control de malezas por cierre del dosel).

Conclusiones

El tratamiento más efectivo para la especie en este sitio consistió en la aplicación de 64 g árb^{-1} de la fórmula 19-4-19 al momento de la siembra y 50 g árb^{-1} de urea a los seis meses de haberse establecido la plantación, con la que se obtuvo un efecto estadísticamente significativo en la altura de la especie de 4,86 m en altura a los 11 meses de edad de la plantación. Además, de acuerdo a un incremento de 45 cm con respecto al tratamiento testigo, este tratamiento presentó un costo de 0,76 $\text{C} \text{ cm}^{-1}$, siendo el más efectivo en crecimiento y costo.

No existen diferencias estadísticamente significativas al aplicar en forma fraccionada (2 aplicaciones) 100 g, 200 g o 300 g árb^{-1} de fertilizante de la fórmula química completa utilizada en este estudio, sobre el crecimiento en diámetro y altura de la melina a los 15 meses de edad de la plantación. Sin embargo, las variables evaluadas respondieron mejor cuando se aplica una dosis de 100 g árb^{-1} en dos aplicaciones: 50 g a la siembra y 50 g a los 6 meses después de plantado.

Cuadro 4. Costo por hectárea y costo del incremento en altura (cm) con respecto al testigo en el ensayo 1.

Table 4. Cost per hectare and cost of increase height (cm) respect to the witness in trial one.

T	Altura media (m)	Incremento altura (cm)	Costo de tratamiento árbol ⁻¹ (₡)	Costo del incremento árbol (₡ cm ⁻¹)	Costo ha ⁻¹ (₡)	Costo ha ⁻¹ (\$)
8	4,87	45	34,4	0,76	28 079	51,8
9	4,74	32	47,4	1,48	38 669	71,3
7	4,50	8	21,4	2,68	17 489	32,2
6	4,49	7	48,6	6,94	39 621	73,0
10	4,45	3	6,60	2,20	5 386	9,9
1	4,42	0	0,00	0,00	0,0	0,0
5	4,41	-1	35,6	-35,58	29 031	53,5
11	4,36	-6	19,6	-3,26	15 975	29,4
4	4,31	-11	22,6	-2,05	18 442	34,0
12	4,29	-13	32,6	-2,50	26 565	49,0
3	4,26	-16	26,0	-1,62	21 180	39,0
2	4,14	-28	13,0	-0,46	10 590	19,5

Tasa cambio \$1 = ₡542,49. Febrero 2016

Cuadro 5. Análisis de Tukey del diámetro, altura y volumen de *Gmelina arborea* a los 15 meses de edad, al aplicar diferentes dosis de fertilizante.

Table 5. Tukey analysis of diameter, height and volume of *Gmelina arborea* at 15 months of age, when applying different doses of fertilizer.

Dosis (g)	n	Medias dap (cm)	Medias altura (m)	Medias volumen (m ³)	
100	100	12,80	7,31	0,0630	A
200	93	12,61	7,22	0,0590	A
300	101	12,55	7,19	0,0570	A
0	97	10,62	6,45	0,0400	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p < 0,05)

Cuadro 6. Porcentaje de ganancia de los tratamientos con respecto al testigo en el ensayo 2.

Table 6. Percentage gain of the treatments respect to the witness in essay 2.

Tratamiento	% Ganancia en Vt vrs T0		
	Diámetro	Altura	Volumen total
100	20,5	13,0	58
200	18,7	12,0	48
300	18,0	11,5	43

Cuadro 7. Costo por hectárea de los tratamientos de fertilizantes y costo del incremento en volumen según cada tratamiento (m³).

Table 7. Cost per hectare of fertilizer treatments and cost of increase volume as each treatment (m³).

T	Volumen árbol (m ³)	Incremento (m ³)	Costo del fertilizante árbol ⁻¹ (₡)	Costo del incremento (₡ m ³ ⁻¹)	Costo ha ⁻¹ (₡)	Costo ha ⁻¹ (\$)
100	0,0630	0,0230	33,5	1 456	20 931	38,6
200	0,0590	0,0190	67,0	3 525	41 861	77,2
300	0,0570	0,0170	100,5	5 910	62 792	115,7
0	0,0400	0,0000	0	0	0	0,0

Notas: Tasa cambio \$1 = ₡542,49. El costo se refiere a los fertilizantes

Recomendaciones

En plantaciones de melina se recomienda fertilizar con una fórmula química alta en N y K y elementos menores, la cual mostró ser efectiva en el crecimiento de la especie aún sin la aplicación de urea, no obstante, se recomienda agregar 50 g árb^{-1} de urea seis meses después de la siembra.

En sitios de clase I para la producción de melina, no se recomienda aplicar más de 100 g árb^{-1} de fertilizante de una fórmula química completa, en forma fraccionada (50 g a la siembra y 50 g a 6 meses), porque no incrementará el desarrollo del árbol y evita gastos innecesarios.

Referencias

- Alvarado, A. (2012). Nutrición y fertilización de *Cedrela odorata*. Capítulo 11. En Alvarado, A. y Raigosa, J (eds.). *Nutrición y fertilización forestal en regiones tropicales* (pp. 209-215). Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica.
- Avellán, M. (2012). *Determinación y variación de la concentración foliar de nutrimentos de Gmelina arborea Roxb. En Osa, Golfito y Corredores, Costa Rica.* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional, Costa Rica.
- Ávila, C., Murillo, R., Murillo, O. y Sandoval, C. (2015). *Desarrollo juvenil de clones de Gmelina arborea Roxb. de dos procedencias, en sitios planos del Pacífico Sur de Costa Rica.* *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 12(28), 23-35.
- Barrantes, A. y Ugalde, S. (2015). Usos y aportes de la madera. Estadísticas 2014. ONF (Oficina Nacional Forestal). San José, Costa Rica. 40 p.
- Barrios, A., López, A., Nieto, V., Burgos, N., Yaya, M. y González, I. (2011). Efecto del control de malezas y fertilización sobre el crecimiento inicial de *Gmelina arborea* Roxb. en el departamento del Tolima, Colombia. *Colombia Forestal*, 14(1), 31-40.
- Batis, A., Alcocer, M., Gua, M., Sánchez, C y Vázquez., C. (1999). *Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. México, D.F: CONABIO-Instituto de ecología, UNAM.*
- Binkley, D. (1993). *Nutrición Forestal, Prácticas de Manejo. México, DF: Uteha-Limusa.*
- Cadena, M. y Gauque, G. (2009). Respuesta a la fertilización N:P:K en plantación de *Gmelina arborea*. Bosque Seco Tropical (Bajo Magdalena –Colombia). En XIII World Forestry Congress. Buenos Aires, Argentina.
- Centro de Investigación Tropical y Enseñanza (CATIE). (1986). *Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central*, CATIE, Departamento de Recursos Naturales Renovables, Turrialba, Costa Rica. Recuperado de http://books.google.com.ec/books?id=c4m4OQAAlAAJ&pg=PA159&lpg=PA159&dq=gmelina+arborea+taxonomia&source=bl&ots=7T5UWjFskt&sig=wO_hq0OWOjLYfGhyvEmWY4XhLTol&hl=es&e=Woz6S6OmBIHG1QeWsvD2Cg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=10&ved=0CDUQ6wCQ#v=onepage&q&f=false.
- Cruz, M. y De la Garza, J. (2003). *La melina, establecimiento y aprovechamiento en la Huasteca Potosina*. INIFAB-CIRNE. Campo experimental Huichihuayán. Folleto para productores N°5. San Luis, Potosí, México.
- Espinoza, J. (2004). Site selection, site preparation, and weed control for *Gmelina arborea* in western Venezuela. *New Forest*, (28), 217-226.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2015). VI Censo Nacional Agropecuario. San José, Costa Rica: INEC.
- Murillo, O. y Valerio, J. (1991). *Melina (Gmelina arborea) especie de árbol de uso múltiple en América Central*. Colección de Guías Silviculturales. CATIE.
- Murillo, R. (1996). *Evaluación de algunos factores ambientales que afectan la calidad de sitio a nivel de micrositio para melina (Gmelina arborea Roxb) plantada en suelos planos en la zona Sur de Costa Rica.* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Murillo, R. y Ávila, C. (2011). Informe final del proyecto Mejoramiento de la capacidad productiva de pequeños y medianos reforestadores de la Zona Sur. Heredia, Costa Rica: INISEFOR-UNA-CONARE.
- Paillacho, D. (2010). *Evaluación del crecimiento inicial de Eucalyptus urograndis, Gmelina arborea roxb y Ochroma pyramidale Cav bajo la aplicación de cuatro dosis de potasio en la hacienda Zoila Luz del cantón Santo Domingo.* (Tesis de licenciatura). Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.
- Pérez, P. (2009). *Fertilización NPK y demanda nutrimental de cuatro especies forestales en fases tempranas de crecimiento.* (Tesis de maestría). Cárdenas, Tabasco, México.
- Rojas, F., Arias, D., Moya, R., Meza, A., Murillo, O. y Arguedas, M. (2004). *Manual para productores de melina (Gmelina arborea) en Costa Rica: Botánica y ecología.*
- Stuhmann, M., Bergmann, C., Zech, W. (1994). Mineral nutrition, soil factors and growth rates of *Gmelina arborea* plantations in the humid lowlands of northern Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, 70, 135-145.
- Zeaser, D. (1997). El impacto del uso de herbicidas y abonos sobre el crecimiento de melina (*Gmelina arborea* Roxb.), durante los primeros dos años de edad, en el Pacífico Sur de Costa Rica. En Congreso Forestal Centroamericano. San José, Costa Rica.