

ANÁLISIS BIOLÓGICO Y FINANCIERO DE UN ENSAYO DE FERTILIZACIÓN EN PLANTACIONES DE *Eucalyptus urophylla* ESTABLECIDAS EN SUELOS ARENOSOS DEL ORIENTE DE VENEZUELA

Biological and financial analysis of a fertilization trial in Eucalyptus urophylla plantations established on sandy soils in eastern Venezuela

R. González¹, J. Stock¹, M. Jerez², O. Carrero G², M. Plonczak² y F. Shutte¹

¹Smurfit Kappa Cartón de Venezuela, División Forestal. Portuguesa-Venezuela.

E-mail: ronalds.gonzalez@smurfitkappa.com.ve, jurgen.stock@smurfitkappa.com.ve

²Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Grupo de Investigación Genética y Silvicultura. Mérida-Venezuela. E-mail: jerez@ula.ve, neto@ula.ve, plonczak@ula.ve

RESUMEN

Se llevó a cabo la evaluación biológica y financiera de un ensayo de fertilización en plantaciones de *Eucalyptus urophylla* establecidas en las sabanas orientales de Venezuela. El ensayo se estableció de acuerdo a un diseño experimental en bloques completos al azar, donde cada tratamiento consistió en la aplicación de una combinación de fertilizantes durante los primeros años de la plantación. Los tratamientos fueron: T1 (testigo sin fertilización), T2 (fertilización al momento de la implantación –año 0), T3 (fertilización solo en el año 1), T4 (fertilización años 0 y 1), T5 (fertilización años 0 y 2) y T6 (fertilización años 0,1 y 2). El rendimiento en peso, volumen e incremento del Valor Actual Neto Adicional (VAN_{adic}) de los tratamientos con al menos dos fertilizaciones fue significativamente superior ($p = 0,01$) al de los tratamientos con una sola o ninguna fertilización. Asimismo, los peores resultados se obtuvieron cuando no se fertilizó el primer año. Desde el punto de vista financiero, los mejores tratamientos fueron aquellos con solo dos fertilizaciones. El incremento volumétrico de los tratamientos fertilizados una sola vez, o fertilizados tres veces, no justifican los costos adicionales ocasionados por la fertilización.

Palabras clave: Fertilización, establecimiento de plantaciones, análisis financiero, eucaliptos.

ABSTRACT

A biological and financial analysis was carried out on a fertilization trial of *Eucalyptus urophylla*. The trial was established on the Venezuela's Eastern Savannas and consisted of six treatments arranged in a random blocks design. Each treatment, except treatment 1 (T1-check-) that was not fertilized, received the same mix of fertilizers, but on a different sequence during the first two years since planting: T2 (fertilizing at planting time –year 0-), T3 (fertilizing only in year 1), (fertilizing years 0 y 1), T5 (fertilizing 0 y 2) y T6 (fertilizing 0, 1 y 2). Volume yields for treatments with at least two fertilizations were significantly higher than those of treatments with one or no fertilization. Yields of treatments with at least two fertilizations were significantly higher than those with only one. The lowest yields occurred on those treatments with no fertilization at the moment of planting. The financial analysis showed that treatments with two fertilizations were the most promising, producing positive monetary benefits (in terms of VAN) with respect to the check treatment. On the other hand, treatments consisting in one application of fertilizer at any time or three applications had negative benefits respect to not fertilizing at all.

Key words: Fertilizing, plantation establishment, financial analysis, eucalyptus.

INTRODUCCIÓN

Las sabanas orientales de Venezuela constituyen una de las zonas de mayor potencial para el desarrollo de plantaciones forestales industriales destinadas al abastecimiento de materias primas para las industrias de pulpa y papel, aserrío y combustible del país y en particular a los complejos industriales que se están estableciendo en la zona de influencia de la Faja Petrolífera del Orinoco y los existentes en la región Guayana. En esta zona se han llevado a cabo proyectos de gran envergadura como lo son las plantaciones de pino caribe (*Pinus caribaea*)

de la Corporación Venezolana de Guayana, con más de 400.000 ha. Asimismo, existen proyectos de menor escala con otras especies entre las que destaca el eucalipto (*Eucalyptus* sp.) destinados a la producción de pulpa y combustible. Durante los años 90, la empresa Forestal Orinoco, C. A. inició un programa de plantación de eucaliptos y otras especies en la "Mesa de Mapire" al sur del estado Anzoátegui, para lo cual realizó un serie de ensayos de diversa índole, entre los que destacan ensayos de fertilización y re-fertilización (Benítez y Vielma, 2000).

El efecto de la fertilización en plantaciones de eucaliptos ha sido ampliamente estudiado a través

de ensayos (Cromer, 1971; Cromer *et al.*, 1981; Zhou, 1995). Existe abundante información sobre los requerimientos nutricionales de *E. urophylla* (Dell y Daping, 1995; Dell, 1996) y su comportamiento en suelos pobres en respuesta a fertilizaciones aplicadas al momento de establecer la plantación (Rocha-Filho *et al.*, 1978; Zhou, 1995; Houran y Wenglong, 1996; Valeri *et al.*, 2001).

En Suramérica, las plantaciones de eucaliptus se han establecido usualmente en suelos arenosos y pobres, encontrándose deficiencias principalmente de K, P y B (Arruda y Malavolta; 2001; Dell, 1996). Estos estudios dejan claro el efecto beneficioso de la fertilización al producir un incremento considerable en los rendimientos en términos de volumen para diversos fines. Sin embargo, la fertilización, y particularmente la refertilización, conllevan costos considerables y para el caso particular de *E. urophylla* plantado en el Oriente de Venezuela no se ha cuantificado cuál es el efecto que tienen estas prácticas sobre la rentabilidad de las plantaciones. Es posible que para ciertos regímenes de fertilización el ingreso adicional obtenido en la cosecha debido al incremento en los rendimientos pueda ser menor que el incremento en los costos, lo que no se justificaría desde el punto de vista financiero.

En 1995, Forestal Orinoco, estableció varios ensayos de fertilización con *E. urophylla* en el oriente de Venezuela. El objetivo primario de dichos ensayos fue evaluar la respuesta del rendimiento de la especie a varios regímenes de fertilización en suelos arenosos. Los resultados de estos ensayos mostraron beneficios en términos de mayor rendimiento volumétrico y crecimiento en diámetro y altura para los tratamientos fertilizados durante los primeros años de la plantación, respecto a tratamientos donde no se fertilizó, o donde no se hizo fertilización inicial (Vielma y Benítez, 2000).

En Venezuela, usualmente, las recomendaciones para adoptar tratamientos silviculturales (tales como espaciamientos iniciales, regímenes de aclareo, tipo de plantón a usar, recomendaciones de fertilización, etc.) se han basado en los resultados biológicos (rendimiento volumétrico, por ejemplo) obtenidos a partir de ensayos basados en diseños experimentales, y por otro lado, se ha tomado poco en cuenta el impacto que podrían tener las variables financieras en ayudar a determinar la bondad de dichos tratamientos. La decisión sobre la aplicación de un determinado tratamiento silvicultural debe basarse,

también, en el incremento en el beneficio que éste produzca. Por ejemplo, tratamientos que generen grandes incrementos en rendimiento o calidad del producto, pero cuyos ingresos adicionales sean menores a los costos adicionales no serían aceptables en plantaciones con propósitos comerciales. El objetivo del presente trabajo fue demostrar, a través de la evaluación de un ensayo de frecuencia de fertilización en *E. urophylla*, el peso que las variables de tipo financiero pueden tener a la hora de juzgar si los incrementos obtenidos en los rendimientos a partir de los tratamientos de fertilización que tuvieron mejor respuesta son a su vez los mejores desde un punto de vista financiero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El *Eucalyptus urophylla* es una especie oriunda del sureste de Asia. En su área de distribución natural puede alcanzar hasta 45 m de altura y un metro de diámetro a la altura de pecho. Esta especie crece en climas tropicales húmedos y secos que presentan una estación seca con duración de entre dos y ocho meses y precipitaciones de entre 600 y 2500 mm con temperaturas promedio 17 a 30° (Nglube, 1989). Las mayores plantaciones se ubican en Brasil con cerca de 500.000 ha. En Venezuela, empresas públicas y privadas han llevado a cabo proyectos de plantación donde se ha incluido esta especie, primariamente con propósitos de producción de pulpa y combustible (carbón).

Descripción del área

El ensayo fue establecido en 1995 en las Sabanas Orientales en la zona conocida como Mesa de Mapire, concretamente en la Finca La Piedra, Municipio Monagas, al Sur del Estado Anzoátegui, en la zona de influencia de la faja petrolífera del Orinoco. La precipitación anual en el área varía entre 900 y 1300 mm, con una estación seca de cinco a seis meses y una temperatura promedio anual de 26,2 °C. El terreno es predominantemente plano, con suelos muy pobres, de excesivo drenaje, y textura predominantemente arenosa o franco arenosa-arcillosa entre 40 y 100 cm. Se trata de suelos del orden Ultisol, específicamente del grupo kandistults. Estos suelos, poseen acumulaciones de arcillas caoliníticas en el subsuelo, son profundos, friables y muy lavados, con

baja capacidad de intercambio catiónico, baja saturación de bases y pH fuertemente ácido. En la mayoría de los casos predominan texturas gruesas en la parte superior de los perfiles con diferentes niveles de espesor. En algunos sectores, los suelos presentan características especiales como arenas profundas, plintitas o un nivel freático de origen sedimentario. El bajo contenido de materia orgánica en los suelos determina la presencia de una capa superficial tipo ócrico, muy pálida y un horizonte kándico a profundidades menores de dos metros (Quintero *et al.*, 1996)

Diseño experimental

El ensayo se estableció según un diseño en bloques completos al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones. Cada réplica consistió de una parcela efectiva (excluyendo el aislamiento) de 320 m² con 36 árboles plantados a un espaciamiento de 3,0 m x 3,0 m (1111 árboles ha⁻¹). La semilla provino de las plantaciones de la compañía Aracruz Forestal (Brasil). La preparación del sitio se hizo de manera mecanizada, con un solo pase de rastra. Se realizó control manual de malezas únicamente durante el primer año. Cada aplicación de fertilizantes consistió de 285 kg ha⁻¹ de un fertilizante mixto granulado (12-24-12-3-8) y 555 kg ha⁻¹ de Sulfato de Diamonio aplicado al voleo. Se asumió que estos eran los fertilizantes más adecuados dados la especie y el tipo de suelo (c.f. Vielma y Benítez, 2000). Los tratamientos 2 a 6 difieren en la frecuencia y edad en la cual se fertilizó (Cuadro 1). El tratamiento 7, el cual recibió una dosis de micronutrientes, fue excluido para el presente trabajo. Se observaron y controlaron algunos ataques de hormigas cortadoras.

El ensayo fue evaluado desde el punto de vista del rendimiento en madera a los 5,6 años de edad

Cuadro 1. Secuencias de fertilización aplicada a cada tratamiento. Ensayo de refertilización en *E. urophylla*, Forestal Orinoco C.A., Estado Anzoátegui.

Edad (años)	Tratamientos					
	1	2	3	4	5	6
0	No	Si	No	Si	Si	Si
1	No	No	Si	Si	No	Si
2	No	No	No	No	Si	Si

(rotación esperada). Cada tratamiento fue evaluado en términos de diámetro a la altura de pecho (cm), altura total (m), altura mayor (m). Asimismo, se calculó el volumen total bajo corteza (m³ ha⁻¹) usando las ecuaciones obtenidas por Reynolds (1998) para plantaciones de eucaliptos en Venezuela. El volumen fue convertido a toneladas ha⁻¹ usando un factor de conversión de 0,8 Ton m⁻³ (peso verde). El rendimiento de los tratamientos del ensayo fue analizado mediante un análisis de varianza para bloques al azar. Se hicieron comparaciones de medias "a priori" mediante contrastes ortogonales a fin de detectar diferencias entre las medias de regímenes de fertilización que variaron en frecuencia y momento de aplicación. Las comparaciones realizadas fueron las siguientes:

- No fertilizado al momento de plantar vs. fertilizado al momento de plantar.
- No fertilizado vs. fertilizado.
- Fertilizado una sola vez vs. fertilizado dos veces.
- Fertilizado una sola vez vs. fertilizado tres veces.

Se seleccionó un nivel $\alpha = 0,05$ para considerar significativas las diferencias observadas.

Comparación financiera

El análisis financiero se realizó utilizando un programa elaborado en hoja de cálculo. Los costos de producción de material vegetal, establecimiento y mantenimiento de la plantación fueron similares para todos los tratamientos, razón por la cual no se incluyeron en el análisis. Por tanto, se asumió que los costos para los distintos tratamientos sólo difirieron en cuanto a la aplicación de fertilizantes. Cada aplicación de Sulfato de Diamonio tuvo un costo de US\$ 104 por hectárea, la de fertilizante mixto un costo de 44,5 US\$ ha⁻¹ y la mano de obra 0,6 US\$ ha⁻¹ (costos de 1995). Dichos costos se mantuvieron iguales durante los años 0 a 2, en los cuales se aplicó el fertilizante.

Los ingresos adicionales producto de la fertilización fueron calculados por hectárea, restando al volumen promedio de cada tratamiento el volumen promedio obtenido con el tratamiento testigo (no fertilizado). Este volumen adicional fue multiplicando por el factor de paso entre el volumen y el peso (0,8 ton/m³), y así se obtuvieron las toneladas adicionales.

les, las que a su vez se multiplicaron por el precio de cada tonelada. El precio de la madera en pie fue de 25 US \$ ton⁻¹. Los costos de la fertilización así como el precio de la madera eran los vigentes para el año 1995, y para el análisis se suponen precios constantes de insumos y productos.

Para cada uno de los tratamientos se estimó el Valor Actual Neto Adicional (VAN_{adic}). Es necesario resaltar que este VAN_{adic} no considera todos los costos, como fue mencionado anteriormente, por lo que no representa la rentabilidad real de manejo del rodal. La tasa de interés utilizada fue de 8% anual. El VAN_{adic} se expresa como:

$$VAN_{adic} = \frac{R_n - \left(\sum_0^t C_n * (1+i)^{t-n} \right)}{(1+i)^t}$$

donde: VAN_{adic} = Valor Actual Neto Adicional (US\$ ha⁻¹), t = edad de evaluación (5,6 años),

n = edad en la cual se percibe un ingreso o se incurre en un costo (años),

Rn = Ingresos adicionales en el año de la evaluación (US\$ ha⁻¹),

Cn = Costos adicionales en el año de la evaluación (US\$ ha⁻¹),

e i = tasa de interés.

Para comprar financieramente los contrastes establecidos a priori, se promediaron los VAN_{adic} de cada tratamiento según la alternativa a contrastar, por ejemplo para la alternativa de fertilizar dos veces, se promediaron los VAN_{adic} de los tratamientos 4 y 5. De esa manera se pudo constatar si financieramente es conveniente incurrir en el costo adicional que implican las fertilizaciones; tomando en cuenta previamente si existían diferencias significativas en el volumen.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de las principales variables de crecimiento y rendimiento para los diferentes tratamientos a la edad de 5,6 años. Todos los tratamientos presentaron densidades entre 730 y 956 ARb ha⁻¹. Los índices de densidad del rodal (IDR) indican las mayores espesuras para los tratamientos con al menos dos fertilizaciones. El nivel de espesura permite tomar en cuenta el efecto que una menor densidad tiene sobre el

diámetro a la altura de pecho. En el presente caso, la mayor dap observado en el tratamiento 5 puede no ser debida a un efecto de la fertilización, sino a una respuesta a la menor densidad observada en el tratamiento, producto de una mayor mortalidad inicial. Por otro lado, las espesuras de tratamientos con una sola o sin fertilización son similares entre ellas, pero considerablemente menores que cuando se tienen al menos dos fertilizaciones. Los incrementos medios anuales del volumen, variaron entre 20 y 26 m³ha⁻¹año para los tratamientos con al menos dos fertilizaciones, lo cual fue considerado excelente de acuerdo a las expectativas de la Empresa.

Los contrastes ortogonales (comparaciones planificadas a priori) muestran que en términos de rendimiento volumétrico, fertilizar en el año 0 fue significativamente mejor que no fertilizar en ese momento ($p = 0,0107$). Fertilizar al menos dos veces fue mejor que fertilizar una sola vez ($p = 0,0165$). No hubo diferencias significativas entre fertilizar y no fertilizar ($p = 0,2702$), debido a que el tratamiento que no fue fertilizado inicialmente (año 0) presentó una respuesta muy pobre en rendimiento y esto difriza los resultados positivos de la fertilización en los otros tratamientos (Cuadro 3).

Los tratamientos 1 y 3 (sin fertilizar en el primer año) presentaron rendimientos significativamente menores al compararlos con tratamientos que recibieron fertilización durante el primer año (tratamientos 2-4-5 y 6). Asimismo, se observó que en términos de volumen (m³ ha⁻¹) los tratamientos 4, 5 y 6 con al menos dos fertilizaciones, fueron superiores a los tratamientos con una o ninguna fertilización, como se puede apreciar en el Cuadro 4, donde además se muestra en VAN_{adic} para cada tratamiento.

Asumiendo que los promedios de rendimiento volumétrico observados a partir de los ensayos reflejan los rendimientos esperados a nivel operativo se realizó la comparación financiera entre tratamientos.

Los resultados de los contrastes ortogonales no mostraron diferencias significativas ($p \geq 0,05$) para el volumen total y la altura cuando se compararon los tratamientos con fertilización vs. los tratamientos con fertilización (Cuadro 3). Ello se debe al bajo promedio presentado por el tratamiento 3, que no se fertilizó sino hasta después de un año del establecimiento. Por otro lado, el contraste que compara entre fertilizar y no fertilizar al momento de plantar muestra resultados altamente significativos para

Cuadro 2. Cuadro descriptivo de las variables indicadoras del rendimiento a la edad de 5,6 años por tratamiento para el ensayo de refertilización en *E. urophylla*, Forestal Orinoco C.A. Estado Anzoátegui.

Tratamiento	Secuencia de fertilización	dap (cm)	Densidad (ARb/ha ⁻¹)	Altura Total (m)	Espesura** (ARb ha ⁻¹)	Volumen (m ³ ha ⁻¹)	IMA (m ³ ha ⁻¹ año ⁻¹)	Peso verde (Ton ha ⁻¹)
5	(si ,no, si)	16,97	956,7	19,19	514	137,1 (± 20,6)*	24,5	109,7
4	(si, si, no)	15,16	925,5	17,62	415	129,1 (± 25,8)	23,1	103,3
6	(si, si, si)	17,54	730,0	17,88	413	125,2 (± 9,9)	22,4	100,2
2	(si, no, no)	14,43	972,1	16,32	402	97,7 (± 41,8)	17,5	78,1
1	(no, no, no)	13,67	874,4	15,67	332	89,0 (± 2,9)	15,9	71,2
3	(no, si, no)	12,31	910,0	13,50	292	63,1 (±6,7)	11,3	50,5

*Entre paréntesis error estándar de la media (m³ha⁻¹)

** Índice de densidad de Reineke (IDR = densidad*(dap/25)^{1,605})

Cuadro 3. Resultados para el rendimiento volumétrico (V, m³/ha) y altura total (Ht, m) de los contrastes ortogonales para las comparaciones planificadas a la edad de 5,6 años para el ensayo de refertilización en *E. urophylla*, Forestal Orinoco C.A. Estado Anzoátegui.

Comparación	Variable	Estimado del contraste	Error	Valor-p
No fertilizado vs. fertilizado	V	24,11	22,33	0,2986
	Ht	1,19	1,28	0,3685
No fertilizado al momento de plantar vs. fertilizado al momento de plantar.	V	95,02	32,56	0,0112
	Ht	6,29	1,87	0,0047
Fertilizado una sola vez vs. fertilizado dos veces.	V	105,15	35,31	0,0100
	Ht	6,99	2,03	0,0040
Fertilizado una sola vez vs. Fertilizado tres veces	V	89,70	43,24	0,0570
	Ht	5,95	2,03	0,0316

volumen y altura. De la misma manera se encontraron diferencias significativas entre fertilizar solo una vez y fertilizar al menos dos veces (contrastos 3 y 4). Estos resultados sugieren que para el caso de la especie y condiciones presentes, fertilizar durante el primer año es necesario. Esto concuerda con resultados de otros estudios en *E. urophylla* (c.f. Valery *et al.*, 2001). Asimismo, fertilizar más de una vez también parece ser ventajoso en términos de rendimiento.

Al considerar los promedios de peso, volumen y VAN_{adic} para cada una de las alternativas a contrastar, se evidenció que los mayores promedios para estas variables, se obtuvieron al fertilizar dos veces (Cuadro 4). Esto sugiere que el gasto de fertilizar una tercera vez podría no ser compensado por un

incremento adicional en volumen y en consecuencia tampoco por un incremento en los ingresos.

Igualmente, cuando se observa la diferencia en volumen, peso y VAN_{adic} obtenida de cada contraste, el cual es la resultante de restarle a la segunda alternativa los valores de la primera, se ve que la mayor diferencia en volumen se da en el caso en el que se fertiliza dos veces en lugar de una. Eso a su vez trae como consecuencia un mayor incremento en el VAN_{adic} (Cuadro 5). En el primer contraste se presenta la segunda mayor diferencia volumétrica y en consecuencia tiene el segundo mayor incremento en el VAN_{adic} y ello justifica la necesidad de fertilizar al momento de la plantación. Para los otros dos contrastes, las diferencias en volumen no resultaron ser estadísticamente significativas, por lo que tam-

Cuadro 4. Peso, Volumen y Valor Actual Neto Adicional (VAN_{adic}) para los promedios combinados de los tratamientos usados para las comparaciones realizadas para el ensayo de refertilización en *E. urophylla*, evaluado a la edad de 5,6 años. Forestal Orinoco C.A. Estado Anzoátegui.

Promedios	Peso (Tn ha ⁻¹)	Volumen (m ³ ha ⁻¹)	VAN Adicional (US\$ ha ⁻¹)
No Fertilizado al momento de plantar (1 y 3)	60,8	76,0	-313,9
Fertilizado una sola vez (2 y 3)	64,3	80,4	-307,8
No fertilizado (1)	71,2	89,0	0,0
Fertilizado al menos una vez (2,3,4,5 y 6)	88,4	110,4	96,9
Fertilizado tres veces (6)	100,2	125,2	161,0
Fertilizado al momento de plantar (2,4,5, 6)	97,8	122,3	278,1
Fertilizado dos veces (4 y 5)	106,5	133,1	469,6

Cuadro 5. Diferencia de Peso, Volumen y VAN_{adic} por contraste para los promedios combinados de los tratamientos usados en un ensayo de refertilización en *E. urophylla*, evaluado a la edad de 5,6 años. Forestal Orinoco C.A. Estado Anzoátegui.

Comparaciones	Diferencia de Peso (Tn ha ⁻¹)	Diferencia de Volumen (m ³ ha ⁻¹)	Diferencia de VAN_{adic} (US\$ ha ⁻¹)
No fertilizado vs. fertilizado	36,99	46,24	96,92
No fertilizado al momento de plantar vs. fertilizado al momento de plantar.	17,19	21,48	591,99
Fertilizado una sola vez vs. fertilizado dos veces.	42,16	52,70	777,38
Fertilizado una sola vez vs. Fertilizado tres veces	35,88	44,85	468,78

poco sería conveniente sacar conclusiones basadas en el VAN adicional.

Fertilizar sucesivamente es muy positivo para maximizar los rendimientos de madera, pero desde el punto de vista financiero, el momento y frecuencia de las aplicaciones pueden ser críticos. Fertilizar en el año inicial y posteriormente en el primero después de la plantación sería la mejor alternativa para incrementar los beneficios. Fertilizar por tres años seguidos parece conllevar un aumento de los costos sin obtener una ganancia apreciable en rendimiento. Igualmente, éste y otros resultados (Dell, 1996) sugieren la inconveniencia de no fertilizar al momento del establecimiento de la plantación.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Fertilizar sucesivamente parece ser muy positivo para maximizar los rendimientos de madera en *E. urophylla* plantado en las condiciones de sitio observadas, pero desde el punto de vista financiero, el momento y frecuencia de las aplicaciones pueden ser críticos.
2. Para la especie utilizada y condiciones de sitio presentes en este ensayo, se tuvo evidencia de que no fertilizar al momento de la plantación podría traer como consecuencia un menor rendimiento y rentabilidad de la plantación.
3. Fertilizar en el año inicial y posteriormente en el primero después de la plantación sería la mejor alternativa para incrementar los beneficios. Ello genera el mayor VAN_{adic} de todos los tratamien-

tos aplicados (538,3 US\$ ha⁻¹), y genera un beneficio adicional de 777,38 US\$/ha, si se compara con la alternativa de fertilizar una sola vez.

4. Fertilizar por tres años seguidos parece no ser una buena alternativa, ya que no se observó un rendimiento superior significativo para este tratamiento, y probablemente de obtenerse, los ingresos adicionales ocasionados podrían no compensar el costo adicional de la misma.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENÍTEZ, J. y P. VIELMA. 2000. *Evaluación de ensayos de fertilización y selección de árboles superiores en fincas de la Empresa Forestal Orinoco C. A. Mapire, Anzoátegui, Venezuela*. Informe de Pasantía. Escuela de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. pp. 42.
- ARRUDA, S. R., y E. MALAVOLTA. 2001. Nutrição e adubação potássica em *Eucalyptus*. Informações Agronômicas, POTAFOS. *Encarte Técnico*. 91:1-10.
- CROMER, R.N. 1971. Fertilizer trials in young plantations of eucalypts. *Australian Forest Research* 5(2): 1-10.
- CROMER, R.N., D. CAMERON, J.N. CAMERON, D.W. FLINN, W.A. NIELSEN, M. RAUPACH, P. SNOWDON y H.D. WARING. 1981. Response of eucalypt species to fertilizer applied soon after planting to several sites. *Australian Forestry*. 44: 3-13.
- DELL, B. 1996. Diagnosis of nutrient deficiencies in Eucalyptus. En: Attiwill, P. M. y W. A. Nielsen (eds.). *Nutrition of Eucalyptus*. Collinood: CSIRO Publishing. p. 417-440.
- DELL, B. y X. DAPING. 1995. Diagnosis of zinc deficiency in seedlings of a tropical eucalypt (*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake). *Plant and Soil*. 176, 329-332.
- DELL, B., N. MALAJACZUK y T.S. GROVE. 1995. *Nutrient disorders in plantation eucalypts*. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research. 104p.
- DU TOIT, B., A. ARBUTHNOT, D. OSCROFT y A. JOB. 2001. The effects of remedial fertilizer treatments on growth and pulp properties of Eucalyptus grandis stands established on infertile soils of the Zululand coastal plain: scientific paper. *Southern African Forestry Journal* No.192, 2001: 9-18.
- HOURAN, D. M., y Z. WENLONG. 1996. Fertilizers and Eucalyptus plantations in China. En: Attiwill, P. M. y W. A. Nielsen (eds.). *Nutrition of Eucalyptus*. Collinood: CSIRO Publishing.
- NGLUBE, M. 1989 Provenance variation in *Eucalyptus urophylla* in Malawi. *Forest Ecology and Management*. 26: 265-273
- QUINTERO, C., P. ESTRADA, y R. MALDONADO. 1996. *Documento de Intención. Forestal Orinoco C.A.*, Mérida, Venezuela, pp. 13.
- REYNOLDS, J. P. 1998. *Prediction equations for Gmelina arborea, Eucalyptus urophylla, and Eucalyptus urograndis in Western Venezuela*. Master of Science Thesis, University of Georgia, USA. pp 88.
- ROCHA FILHO, J.V.C., H.P HAAG y G.D. OLIVEIRA. 1978. Deficiência de macronutrientes, boro e ferro em *Eucalyptus urophylla*. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, v.35, n.35, p.19-34
- VALERI, S.V., M. E. FERREIRA, M. I. G. MARTINS, D. A. BANZATTO, S. FERNANDES ; L. CORRADINI y C. FERRAZ DO VALLE. 2001. Recuperação de povoamento de *Eucalyptus urophylla* com aplicações de nitrogênio, potássio e calcário dolomítico. *Scientia Forestalis*. 60 p 53-71.
- ZHOU W.L. 1995. A study of fertilization effect on young trees of *Eucalyptus urophylla*. *For. Res.* 8(2):159-163