



***Eucalyptus grandis* EN EL SUDESTE DE CORRIENTES: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO RELACIONADAS CON LA PRODUCCIÓN VOLUMÉTRICA**

Augusto Javier LOPEZ ¹

RESUMEN

El Sudeste de Corrientes concentra unas 68.000 hectáreas forestadas, de las cuales el 63,7% corresponden a eucalipto y el 36,3% a pino. En dicha región la mayoría de la información existente respecto de la capacidad productiva de los suelos predominantes fue evaluada en base a forestaciones comerciales con distinto manejo silvicultural y diversos materiales genéticos. El objetivo de este trabajo fue analizar la relación entre propiedades físicas y químicas del suelo con la producción volumétrica de *Eucalyptus grandis* en base a forestaciones manejadas con esquemas similares y material genético homogéneo.

En plantaciones comerciales de la procedencia SAFCOL (South African Forestry Company) se identificaron 12 sitios que *a priori* presentaban productividades diferentes. En cada sitio se seleccionó una parcela temporaria de 960 m² de superficie donde se midieron DAP, altura y se extrajeron muestras de suelo (0-20, 20-40 y 40-60 centímetros de profundidad) que fueron sometidas a análisis químicos y de textura. Para el caso de la densidad aparente se tomaron muestras con cilindros de 100 cm³ a intervalos constantes de 10 centímetros (0-10, 10-20, 20-30, 30-40 y 40-50 centímetros de profundidad). El muestreo fue repetido en tres posiciones en cada parcela temporaria y distribuidos de acuerdo a la pendiente.

Se constató una importante variación en volumen entre los sitios analizados siendo la diferencia entre extremos de 213,5 m³/ha significando una superioridad del 150,6% del sitio de mayor productividad en relación al de menor productividad.

El 92% del total de la variación del volumen, utilizando un modelo de regresión múltiple pudo ser explicada por el pH, la densidad aparente en la profundidad de 20 a 30 centímetros y el porcentaje de arena. No obstante, las características edáficas que de manera independiente más se relacionaron con el crecimiento de *E. grandis* fueron el porcentaje de arena y limo, contenido de Calcio y pH.

En suelos de baja fertilidad natural como los analizados, la productividad de *E. grandis* es mayormente influenciada por propiedades físicas del suelo, siendo los sitios de mayor aptitud aquellos ubicados en lomas sin problemas de anegamiento. Por el contrario, las lomas aplanadas (malezales) y los sitios ubicados en posición de bajos, ambos con drenaje imperfecto y escurrimiento restringido, son los de menor aptitud.

Palabras clave: *Eucalyptus grandis*, características físicas, características químicas, volumen.

¹ Consultor PROMEF (Proyecto Manejo Sustentable de Recursos Naturales BIRF 7520 AR)
Contacto: jal176@hotmail.com



1. INTRODUCCIÓN

El Sudeste de Corrientes concentra unas 68.000 hectáreas forestadas de las cuales el 63,7% corresponden a eucalipto y el 36,3% a pino. Esta superficie representa el 18,3% del patrimonio total existente en la Provincia de Corrientes. Particularmente entre los Departamentos de Monte Caseros y Paso de los Libres existen unas 42.000 hectáreas forestadas con *Eucalyptus grandis* (ELIZONDO, 2009).

En dicha región la mayoría de la información existente respecto de la capacidad productiva de los suelos predominantes fue evaluada en base a forestaciones comerciales con distinto manejo silvicultural (preparación del terreno, control de malezas, densidades de plantación) y diversos materiales genéticos (en algunos casos de procedencia desconocida) tal como se muestra en la **Tabla 1**.

En general cuando los factores climáticos y fisiográficos de una determinada zona se mantienen relativamente constantes, el potencial productivo se corresponde directamente con las propiedades edáficas.

El objetivo de este trabajo fue analizar la relación entre propiedades físicas y químicas del suelo con la producción volumétrica de *Eucalyptus grandis* en base a forestaciones manejadas con esquemas similares y material genético homogéneo.

Tabla 1. Propiedades del suelo más relacionadas positiva o negativamente con el crecimiento de *Eucalyptus grandis*

+	-	Zona	Material	Referencia
P disponible	pH limo horizonte B	SE de Corrientes	Comercial Local	APARICIO y LOPEZ (1995)
P disponible Prof. horizonte arcilloso		NE de Entre Ríos	Comercial Sudáfrica	DALLA TEA (1995)
Prof. Efectiva M.O.	Clase de drenaje	NE de Corrientes	Zomerkomst Sudáfrica	FERNANDEZ <i>et al.</i> (1996)
M.O.	Clase de drenaje	SE, NE y N de Corrientes	Variadas Proced.	LIGIER <i>et al.</i> (2000)

2. MATERIALES Y METODOS

El material genético evaluado correspondió a *Eucalyptus grandis* de la procedencia SAFCOL (South African Forestry Company). El muestreo se realizó en plantaciones comerciales conducidas con esquemas similares de preparación del terreno, control inicial de malezas, podas y raleos. En dichas plantaciones se identificaron 12 sitios que *a priori* presentaban productividades diferentes.

La distancia de plantación original fue de 4 m x 2,5 m (1.000 árboles/ha) y al momento de las evaluaciones dichos rodales tenían 9, 10, 11 y 12 años de edad, dos raleos y aproximadamente 500 árboles/hectárea.

En cada sitio se seleccionó una parcela temporaria de 960 m² de superficie conteniendo 45 ± 3 árboles, lo cual representó una densidad de 437 a 500 árboles por hectárea. Estas estuvieron ubicadas entre 20 km al Norte de la ciudad de Paso de los Libres (Ctes.) y 43 km al Sur de dicha localidad y distanciadas de 1,3 Km a 11 Km del Río Uruguay (**Tabla 2**).

En cada parcela se midieron DAP, altura y se calculó el volumen total individual utilizando la ecuación propuesta por GLADE (1984):

$$\text{Vol} = \exp [-9,9616718 + (1,82344264 * \text{Ln Diámetro a } 1,30) + (1,0697836 * \text{Ln Altura})]$$

Dada la pequeña diferencia en la edad de las plantaciones evaluadas y considerando que la velocidad de crecimiento no presentaría cambios considerables entre los 9-12 años a efectos de facilitar los análisis comparativos se procedió a estandarizar el volumen total a 10 años.



Tabla 2. Sitios de instalación de las parcelas temporarias, ubicación geográfica, suelos y edad

Sitios	Latitud (Sur)	Longitud (Oeste)	Altitud (msnm)	Suelo	Suborden de Suelo	Edad
S1	29° 32,53	57° 02,92	80			
S2	29° 32,87	57° 02,66	77	Arenoso amarillo hidromórfico	ACUEPTES	9
S3	29° 33,69	57° 03,80	81			
S4	29° 45,39	57° 20,26	75	Arenoso pardo medianamente profundo	ACUALFES	10
S5	29° 44,40	57° 22,39	100			
S6	29° 45,52	57° 22,36	83	Malezal	ACUERTES	
S7	29° 46,64	57° 15,86	87	Arenoso pardo medianamente profundo	UDALFES	11
S8	29° 44,63	57° 14,13	110		ACUALFES	
S9	30° 00,15	57° 22,98	59	Arenoso rojizo profundo	UDALFES	
S10	29° 58,46	57° 26,07	93	Arenoso pardo medianamente profundo		12
S11	29° 57,69	57° 25,79	83	Transición arenoso pardo-Malezal playo	ACUALFES	
S12	29° 58,69	57°25,92	59	Arenoso rojizo profundo con canto rodado	UDALFES	

El muestreo de suelo se realizó a intervalos constantes de 20 centímetros (0-20, 20-40 y 40-60 centímetros de profundidad) para aquellas muestras que fueron sometidas a análisis químicos y texturales. En cada unidad experimental se extrajo una muestra compuesta de las tres profundidades anteriormente mencionadas. Cada muestra compuesta estuvo constituida por 3 submuestras, las cuales fueron distribuidas en la parcela de acuerdo a la pendiente.

Para el caso de la densidad aparente de suelo se tomaron muestras con cilindros de 100 cm³ a intervalos de 10 centímetros (0-10, 10-20, 20-30, 30-40 y 40-50 centímetros de profundidad) en tres posiciones distintas distribuidos en cada unidad experimental de acuerdo a la pendiente.

En el Laboratorio las muestras fueron llevadas a estufa a 105 °C y luego de 48 horas fueron pesadas para la obtención de las densidades aparentes. Con las densidades obtenidas se realizó el promedio de cada profundidad para cada unidad experimental, obteniéndose de esta manera la densidad aparente promedio por sitio y profundidad.

Las variables resultantes de los análisis se consigan en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Características físicas, químicas y fisicoquímicas evaluadas

Característica	Unidad	Intervalo de muestreo (cm)
Textura	%	0-20
Densidad aparente	g/cm ³	0-10, 10-20, 20-30, 30-40 y 40-50
Humedad equivalente (HE)	%	0-20, 20-40 y 40-60
pH *	---	0-20, 20-40 y 40-60
MO **	%	0-20, 20-40 y 40-60
P disponible ***	ppm	0-20, 20-40 y 40-60
Contenido de N	%	0-20, 20-40 y 40-60
K intercambiable ****	meq/100 g	0-20, 20-40 y 40-60
Ca intercambiable ****	meq/100 g	0-20, 20-40 y 40-60
Mg intercambiable ****	meq/100 g	0-20, 20-40 y 40-60

* pH en agua: relación Suelo:Agua = 1:2,5

** Materia orgánica: Método Walkey - Black [M.O.]

*** Fósforo: Método Bray I [P]

**** Ca, Mg, K: Método Acetato de Amonio



Para el análisis de regresión múltiple se utilizó el procedimiento *stepwise*. Para este procedimiento se fijó en 0,15 la probabilidad de significancia de los coeficientes de regresión. Para evaluar la relación existente entre las diferentes propiedades del suelo y la productividad volumétrica se procesaron correlaciones simples (momento producto de Pearson). Ambos procedimientos se realizaron utilizando el paquete estadístico SAS (2009).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entre los 12 sitios analizados se pudo constatar una importante variación en volumen. El sitio de menor productividad volumétrica (S6) tuvo 141,8 m³/ha y el de mayor 355,3 m³/hectárea (S9). La diferencia entre sitios extremos fue de 213,5 m³/ha, lo cual equivale a 150,6% de superioridad del S9 sobre el S6 (**Figura 1**).

Los sitios de menor productividad volumétrica (S2, S6 y S11) estuvieron ubicados en planicies de escurrimiento lento y drenaje imperfecto (**Figura 2**). En estos sitios los volúmenes al 10^o año y con una base de 500 árboles/ha no superaron los 175 m³/ha. Por su parte, las lomas arenosas coloradas sin problemas de anegamiento (**Figura 3**) como las de los sitios S9 y S12, fueron las que presentaron mayor productividad. Las mismas superaron los 300 m³/ha a 10 años con un remanente de 500 árboles/hectárea.

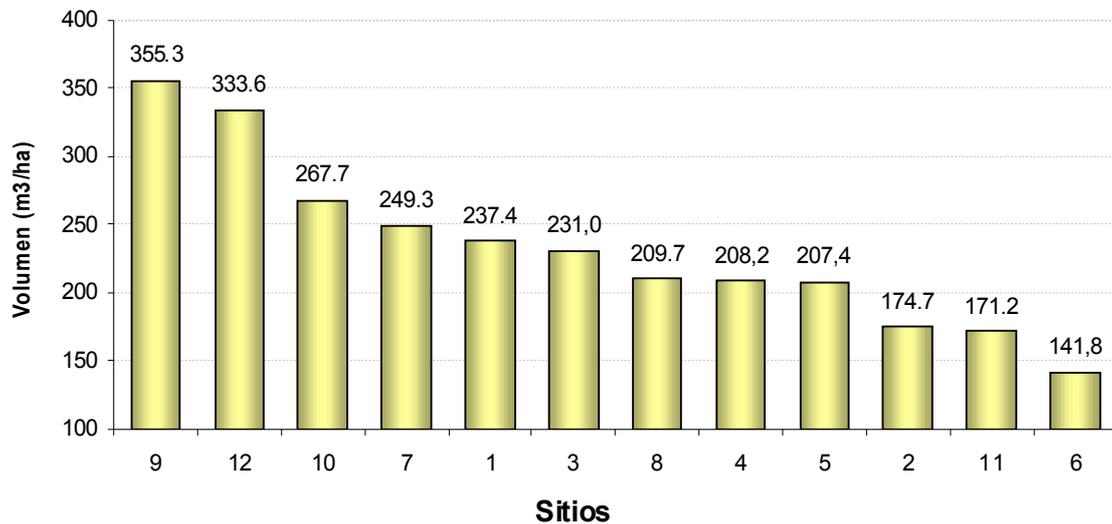


Figura 1. Volumen al 10^o año de los 12 sitios analizados con una base de 500 árboles/hectárea



Figura 2. A la izquierda "malezal" (S6). A la derecha síntomas de oxido-reducción (S6)



Figura 3. A la izquierda "Terrazas del Río Uruguay" (S9). A la derecha calicata (S9)

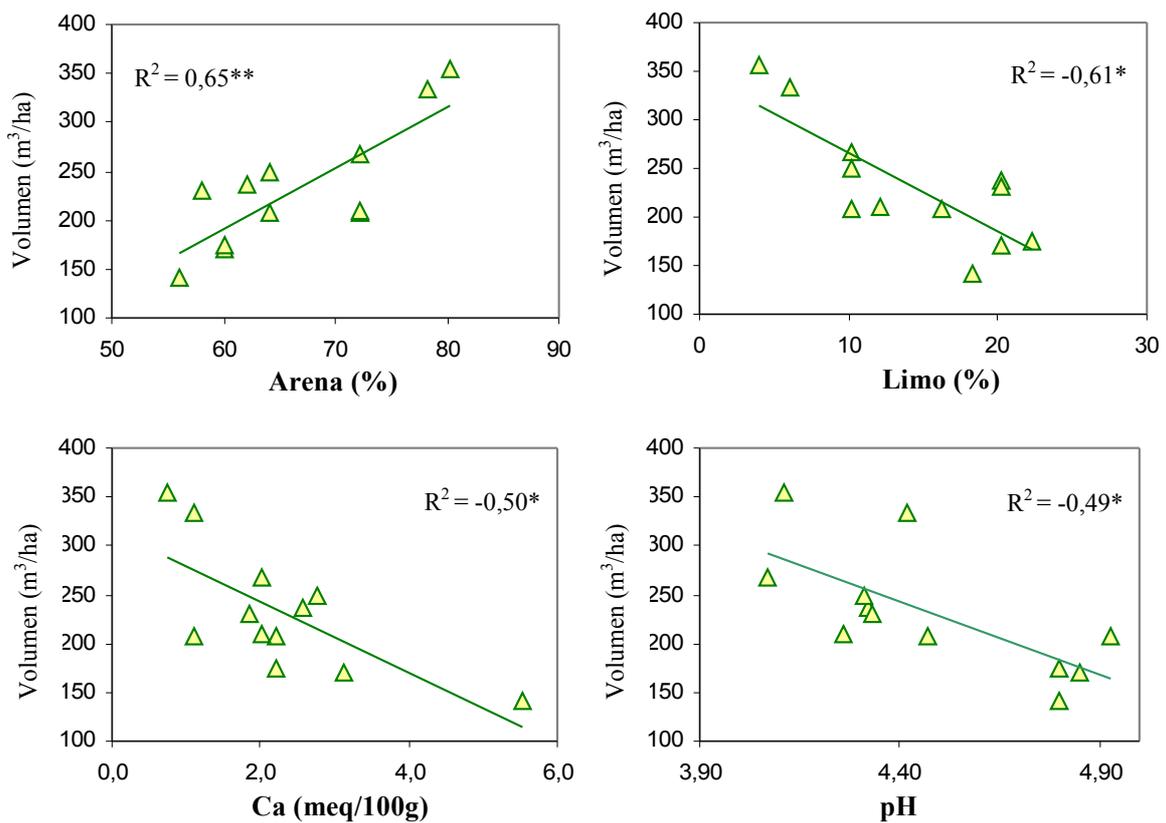


Figura 4. Propiedades del suelo más relacionadas con el crecimiento volumétrico

Dado que la mayoría de las variables edáficas evaluadas se correlacionaron en profundidad y considerando que los primeros centímetros del suelo son los que presentan características físicas y químicas más relacionadas con la calidad de sitio (GONÇALVES *et al.*, 1990) para el análisis de asociación entre volumen y propiedades del suelo se consideró solo el intervalo de profundidad de 0-20 centímetros.



De todas las propiedades analizadas la textura del suelo fue la más importante. Las fracciones de limo y arena fueron las que más se relacionaron con la productividad volumétrica de *E. grandis*.

Dado que ambas fracciones se encuentran altamente correlacionadas ($r = -0,91^{**}$) el porcentaje de arena explicó el 65% de la variación del volumen y el porcentaje de limo (relacionado negativamente con el volumen) el 61% (**Figura 4**).

Esta influencia negativa del limo es coincidente con lo obtenido por APARICIO y LOPEZ (1995) para sitios ubicados en la misma zona de estudio que el presente trabajo. El efecto positivo de las fracciones texturales más gruesas fue también obtenido por DELGADO-CABALLERO *et al* (2009) y podría ser explicado por un mejor régimen de aireación a consecuencia de mayores volúmenes de macroporosidad y mejores condiciones de drenaje (GONÇALVES *et al.*, 1990).

Por su parte el contenido de Calcio y el pH también estuvieron relacionados. Si bien la relación no fue tan estrecha entre ambas variables, en general, los sitios con pH más altos fueron más ricos en Calcio. Ambas variables mostraron un efecto negativo sobre el desarrollo en volumen ($r = -0,70$) probablemente asociado a sitios con drenaje deficiente (**Figura 4**).

En cuanto a las restantes variables químicas (N, P, K y Mg) no se observaron influencias importantes de las mismas. No obstante, a pesar de la baja variación en el contenido de fósforo de los sitios analizados (< 1 ppm entre extremos) se observó mayor crecimiento en la mayoría de los sitios donde el contenido de fósforo fue más alto, coincidiendo con lo detectado por APARICIO y LOPEZ (1995) y DALLA TEA (1995).

La densidad aparente evidenció una tendencia de asociación negativa con el volumen en los intervalos de profundidad de 20 a 30 y 30 a 40 centímetros, aunque solo esta última se correlacionó en forma significativa.

Para el análisis conjunto de las propiedades físicas y químicas del suelo y la productividad volumétrica de *E. grandis* se procesó la información mediante el procedimiento *Stepwise*. El modelo de regresión múltiple, fue altamente significativo (99,99%) y logró explicar el 92% del total de la variación del volumen.

Las variables ingresadas por el procedimiento fueron pH, densidad aparente de la profundidad de 20-30 cm y el porcentaje de arena. Estas son coincidentes con los resultados presentados por GONÇALVES *et al* (1990), APARICIO y LÓPEZ (1995) y DELGADO-CABALLERO *et al.* (2009) donde también fueron consideradas en los modelos predictivos elaborados por dichos autores.

4. CONCLUSIONES

Se constató una importante variación en volumen entre los sitios analizados siendo la diferencia entre extremos de 213,5 m³/ha significando una superioridad del 150,6% del sitio de mayor productividad en relación al de menor productividad.

El 92% del total de la variación del volumen, utilizando un modelo de regresión múltiple pudo ser explicada por el pH, la densidad aparente en la profundidad de 20 a 30 centímetros y el porcentaje de arena. No obstante, las características edáficas que de manera independiente más se relacionaron con el crecimiento de *E. grandis* fueron el porcentaje de arena y limo, contenido de Calcio y pH.

En suelos de baja fertilidad natural como los analizados, la productividad de *E. grandis* es mayormente influenciada por propiedades físicas del suelo, siendo los sitios de mayor aptitud aquellos ubicados en lomas sin problemas de anegamiento. Por el contrario, las lomas aplanadas (malezales) y los sitios ubicados en posición de bajos, ambos con drenaje imperfecto y escurrimiento restringido, son los de menor aptitud.

4. AGRADECIMIENTOS

El autor agradece especialmente a los Auxiliares del Grupo de Calidad de Madera del INTA Bella Vista: José Ruiz Díaz, Juan Sánchez y Cristian Almirón por su valioso apoyo en el trabajo de campo.



5. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- APARICIO, J. L. y J.A. LOPEZ. 1995. Potencial de *Eucalyptus grandis* en los suelos del sudeste de la provincia de Corrientes y algunos factores edáficos relacionados con la producción de madera. *Bosque* 16(2): 81-98. Disponible en <http://mingaonline.uach.cl/pdf/bosque/v16n2/art07.pdf>
- DALLA TEA F. 1995. Factores del suelo que afectan la productividad del *Eucalyptus grandis*. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/concordia/info/indices/tematica/cd-informacionforestal/C9.pdf>
- DELGADO-CABALLERO, C. E.; GÓMES-GUERRERO, A.; VALDEZ-LAZALDE, J. R.; DE LOS SANTOS-POSADAS, H.; FIERROS-GONZÁLES, A. M. Y HORWATH, W. M. 2009. Índice de sitio y propiedades del suelo en plantaciones jóvenes de *Eucalyptus grandis* y *E. urophylla* en el sudeste de México. *Agrociencia*, 1 de Enero al 15 de Febrero, 2009 pag 61-72. Disponible en <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2009/ene-feb/art-7.pdf>
- ELIZONDO, M. H. 2009. Primer Inventario Forestal de la Provincia de Corrientes: Metodología, trabajo de campo y resultados. Informe Final. CFI. Provincia de Corrientes. 66 p. Disponible en <http://www.corrientes.gov.ar/portal/files/informe%20final%201%CD2%BA%20inventario%20forestal.pdf>
- ESCOBAR, E. H.; LIGIER, D. L.; MELGAR, R.; METTEIO, H. y VALLEJOS, O. 1996. Mapa de Suelos de la Provincia de Corrientes 1:500.000. Área de Producción Vegetal y Recursos Naturales E.E.A. INTA-Corrientes. 432 p.
- FERNÁNDEZ, R. A.; PAHR, N. M.; LUPI, A. M. Y FASSOLA, H. E. 1996. Evaluación del crecimiento de *Eucalyptus grandis* Hill. Ex Maiden en diferentes condiciones de sitio en el nordeste argentino. ProFoMe (Proyecto Integrado Forestal Mesopotámico). EEA Montecarlo. Centro Regional Misiones. ISSN-0327-926X. 6p. Disponible en http://www.inta.gov.ar/montecarlo/INFO/documentos/forestales/3_Evaluacion_crecimiento_Eucalyptus_grandis.pdf
- GLADE, J. E. 1984. Elaboración de una tabla de volúmenes para *Eucalyptus grandis*. Carpeta de información forestal. EEA INTA Concordia. Cap. H. 5 p
- GLADE, J. E. 1999. Curvas de Índice de sitios para *Eucalyptus grandis* en Entre Ríos. 8 p. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/concordia/info/indices/tematica/cd-informacionforestal/H1.pdf>
- GONÇALVES J. L.M.; DEMATTÉ J. L. I.; COUTO H. T. Z. 1990. Relações entre a produtividade de sítios florestais de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* com as propriedades de alguns solos de textura arenosa e media no estado de Sao Paulo. IPEF, n.43/44, pp.24-39, jan./dez.1990. Disponible en <http://www.ipef.br/publicacoesscientianr43-44cap04.pdf>
- LIGIER, H. D.; L. GIMENEZ; D. KURTZ ; J. LOPEZ y R. PERUCCA. 2000. Relaciones entre Índice de Crecimiento Medio Anual y propiedades de los suelos en montes forestales de *Eucalyptus grandis* y *Pinus elliotii* en la cuenca del Río Uruguay. Corrientes. Argentina. UNNE. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas: 4 p. Disponible en http://www1.unne.edu.ar/cyt/2000/5_agrarias/a_pdf/a_069.pdf
- SAS. 2009. SAS System for Windows V8. Sitio INTA 14759001.