

## FERTILIZACIÓN INICIAL EN *Eucalyptus globulus* LAB.

### RESULTADOS A LOS 8 MESES DE LA PLANTACION.

Lupi A.M<sup>1</sup>.; Ferrere P.<sup>2</sup>; Fernández N.<sup>2</sup>, Pathaver P.<sup>2</sup>

#### RESUMEN

Se evaluó la respuesta a la aplicación de N y P sobre el crecimiento, biomasa y estado nutricional del *Eucalyptus globulus* en un Argiudol típico del sudeste Buenos Aires (58° 16' L. O y 37° 43' L. Sur). Se probaron 3 dosis de N (0; 54 y 109 g. pl<sup>-1</sup> urea) con 3 dosis de P (0; 76 y 152 g. pl<sup>-1</sup> superfosfato triple) aplicadas al mes de la plantación bajo un diseño factorial de 3<sup>3</sup>. Se midió el diámetro a nivel del cuello (DAC) y la altura total y se realizó un muestreo para determinar biomasa y la concentración de nutrientes en hojas a los 7 meses de la fertilización. Se evidenció una importante respuesta a la fertilización en altura, DAC y biomasa cuando el N y P se aplicaron en conjunto. El tratamiento que recibió 54 U-152 SFT creció un 50% y 36% más que el testigo en DAC y altura respectivamente. La biomasa total, en tallo, ramas y hojas en promedio fue 6 veces mayor al testigo. Se ajustaron modelos de biomasa en función de los parámetros de crecimiento. Se encontraron asociaciones entre algunas concentraciones de nutrientes en hojas y las dosis de fertilizante.

**Palabras claves:** *Eucalyptus globulus*, nitrógeno, fósforo, crecimiento, biomasa.

#### INTRODUCCIÓN

El *Eucalyptus globulus* Lab. es la especie más adecuada y preferida para producir pasta de fibra corta y papel (Eldridge et al, 1993). Sin embargo existen pocas zonas en el mundo capaces de producir esta especie en forma

---

<sup>1</sup> Ing. Forestal M. Sc. Instituto de Suelos CIRN-INTA Castelar. Los Reseros y Las Cabaña. Villa Udaondo. 1712. Castelar, Provincia de Buenos Aires Argentina. Tel: 00 54 11 4621 0433. E-Mail: amlupi@cirn.inta.gov.ar.

<sup>2</sup> Ing. Ftales Instituto de Recursos Biológicos CIRN-INTA Castelar. Provincia de Buenos Aires.

eficiente (Maradei, 1997); entre ellas se encuentra el sudeste de la provincia de Buenos Aires, entre las localidades de Mar del Plata, Necochea y Balcarce, donde las características ambientales la hacen particularmente apta para el cultivo (Culot, 2000; Nakama et al., 2000).

Cuando se tiene como objetivo maximizar los niveles de producción, una de las estrategias de manejo de un sitio es el abastecimiento de nutrientes en cantidad necesaria y en el momento oportuno (Fox 2000). Sin embargo, la respuesta diferencial a la aplicación de determinados nutrientes indica que no se puede adoptar una única estrategia de fertilización (Graciano et al 2004) sino que requiere de estudios sitio-específicos.

El objetivo de este trabajo fue evaluar crecimiento, la biomasa y el estado nutricional del *E. globulus* con el agregado de diferentes dosis de N y P en un suelo del SE de Buenos Aires.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se instaló en el Campo Cinco Cerros, a 25 km de la ciudad de Balcarce (37° 43' Lat. S, 58° 16' Long. O) en un suelo clasificado taxonómicamente como Argiudol típico de la Serie Balcarce (INTA 1980). El clima es subhúmedo-húmedo, con nula o pequeña deficiencia hídrica. La precipitación media anual es de 766 mm, con temperaturas medias de enero y julio de 20,7 °C y 7,7 °C.

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos del muestreo del suelo realizado en el espesor 0-20 cm en el sitio del experimento. El sitio presenta una pendiente del 1-3% siendo la pastura la vegetación natural.

**Tabla 1: Características del sitio del ensayo**

	CO	pH	Nt	P	Ca	Mg	K	Na	CIC
	%		%	ppm			mequ. 100g		
0-20 cm	3	6,12	0,26	6,45	17,28	2,45	1,165	0,38	23,2

CO: Carbono orgánico (Walkley-Black), pH: Relación suelo agua 1:2.5. P disponible: Bray-Kurtz. Textura: Franco Arcillosos- 29.12 % arcilla, 46.2 % limo y 24.62 % de arena.

En el lugar de ensayo la tarea de preparación del sitio fue un control de malezas (aplicación de herbicida glifosato) un mes antes de la plantación. En noviembre del 2003 se procedió a la plantación con pala a una distancia de 3 m x 4 m (833 pl.ha<sup>-1</sup>). El control de malezas post-plantación se realizó en forma manual en un radio de 1 m alrededor de la planta y se aplicó un herbicida pre emergente.

Los tratamientos aplicados fueron combinaciones de 3 dosis de N (0; 54 y 109 g. planta<sup>-1</sup> de urea-U-) y 3 dosis de P (0; 76 y 152 g planta<sup>-1</sup> de superfosfato triple-SFT-) bajo un diseño estadístico del tipo factorial de 3<sup>3</sup> y dispuesto en bloques completos al azar con 4 repeticiones. El tamaño de la parcela experimental es de 6 líneas por 10 m de longitud en cada una y contó con un número variable de plantas (entre 20 y 34). Entre cada parcela se dejó una fila de bordura sin fertilizar.

En diciembre de 2003 se aplicó el fertilizante alrededor de la planta, en forma de corona circular a unos 20 cm del cuello, previa eliminación de las malezas con azadones. El producto fue parcialmente incorporado.

En julio del 2004 se realizó la primera medición de diámetro a nivel del cuello (DAC) y la altura de todos los individuos. Luego del procesamiento de los datos de crecimiento se seleccionaron los 3 tratamientos de mayor crecimiento y el testigo y se realizó un muestreo para estimar la biomasa. A inicios de agosto de 2004 se extrajeron 2 individuos de tamaño medio de cada parcela (8 plantas por tratamiento). Simultáneamente, en todas las parcelas se realizó un muestreo foliar tomado las hojas del tercio superior de la planta, de 10-12 individuos por parcela. Las plantas fueron llevadas al laboratorio y separadas en los componentes tallo, ramas y hojas que conjuntamente con las hojas de todos los tratamientos fueron puestos en estufa hasta peso constante (65-70 °C; 72hs). Las muestras foliares fueron enviadas al laboratorio para determinar las concentraciones de N, P, Ca, Mg, K, Fe, Mn, Zn y S.

Los datos de crecimiento fueron analizado mediante ANOVA para un diseño factorial de 3<sup>3</sup> mientras que los valores de materia seca de los 4 tratamientos muestreados fueron analizado para un diseño en bloques completos al azar. Las medias fueron comparadas mediante el test de la diferencia mínima significativa (LSD) a un nivel de significancia del 0,05. Se realizaron análisis de regresión entre parámetros de crecimiento y concentración de nutrientes. Se ajustaron modelos de biomasa de la forma  $y = a x^b$  en su forma normal y logarítmica.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En la Tabla 2 se presentan los crecimientos medios en altura y diámetro de cuello (DAC) a los 7 meses de la fertilización. Se observaron cambios altamente significativos en el crecimiento en DAC y en altura ( $p: 0,001$ ).

Para cada nutriente individual, la altura no fue afectada por el aumento en la dosis de N, efecto que sí fue observado en el DAC. La dosis más alta de N aumentó significativamente el crecimiento siendo el DAC 28% mas grande que tratamiento testigo. McKimm y Flinn (1979) también obtienen una fuerte respuesta positiva a la aplicación de N en *Eucalyptus* cuando agregan una dosis cercana a la empleada en nuestro experimento (44 g de urea por planta).

A pesar de los bajos niveles de P disponible de estos suelos, el agregado de P no mostró cambios significativos en ningún parámetro de crecimiento. Esto no concuerda con lo reportado por Gerding *et al*, (2001) y Xu *et al*, (2002) al trabajar con *E. nitens* y un clon *Eucalyptus grandis x E. urophilla*, respectivamente, en suelos más deficitarios de P que los de nuestro experimento.

La mayor sensibilidad del DAC también mostró que el tratamiento que recibió la mayor dosis de N creció mas ( $p < 0,05$ ) que aquellos que solo recibieron P.

Los tratamientos que recibieron N y P en forma conjunta (Tabla 2) crecieron mas ( $p < 0,05$ ) que el testigo (Carlson *et al*, 2001; Puentes y Suarez, 2001); esto es, el efecto del P fue evidente cuando las necesidades de N fueron cubiertas. El DAC nuevamente detectó diferencias entre tratamientos que no fueron divisadas por la altura debido a la mayor variabilidad de este ultimo parámetro.

**Tabla 2: Crecimiento en altura y en diámetro en la base del cuello (DAC) del *E. globulus* a los 7 meses de la fertilización.**

	U-SFT (g. planta <sup>-1</sup> )								
	0-0	54-0	109-0	0-76	0-152	54-76	54-152	109-76	109-152
DAC	1,40 ab	1,77 bc	1,94 c	1,49 a	1,36 a	2,34 d	2,90 e	2,62 de	2,77 e

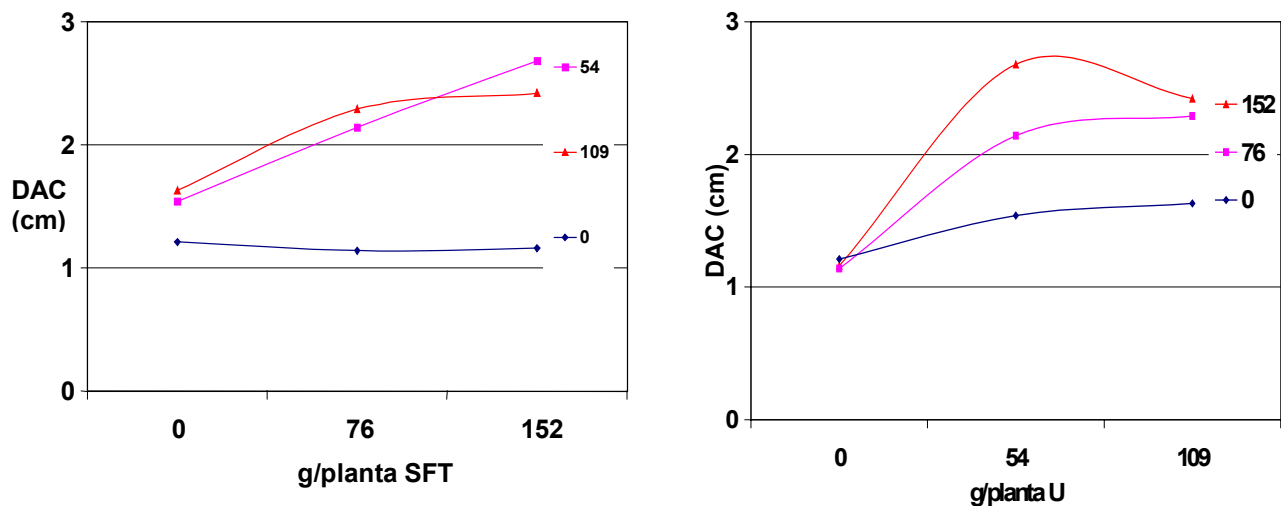
(cm)	(0,054)	(0,057)	(0,061)	(0,055)	(0,057)	(0,056)	(0,058)	(0,063)	(0,062)
Altura	78,2 a	87,04 a	92,1 a	74,6 a	75,8 a	106,9 b	121,6 b	106,9 b	108,7 b
(cm)	(2,04)	(2,12)	(2,28)	(2,07)	(2,14)	(2,1)	(2,17)	(2,35)	(2,26)

El valor entre paréntesis indica el error estandar

El efecto del P sobre el DAC (Figura 1 a, b) y la altura es lineal y creciente con las dosis media de N indicando que podrían esperarse mayores respuestas con el aumento en la cantidad de SFT. Independientemente de la dosis de P existe una disminución en el crecimiento a partir de la dosis media de N (54 g urea).

El tratamiento de mayor crecimiento (54 g de urea - 152 g de SFT); creció un 50% (DAC) y 36% (altura) mas que el testigo. No se hallaron mayores cambios al aumentar la dosis de N con las dosis de P. El agregado de 109 g de urea y 76 g de SFT se tradujo en un crecimiento del 46% (DAC) y 27% (altura) mayor que el testigo. La adición de las mayores dosis de ambos nutrientes mostraron que el efecto fue del 49% (DAC) y 28% (altura).

**Figura 1: Efecto del P con el agregado de dosis de N (Izq.). Efecto del N con el agregado de dosis de P (Der.), sobre el crecimiento en altura y diámetro a nivel del cuello.**



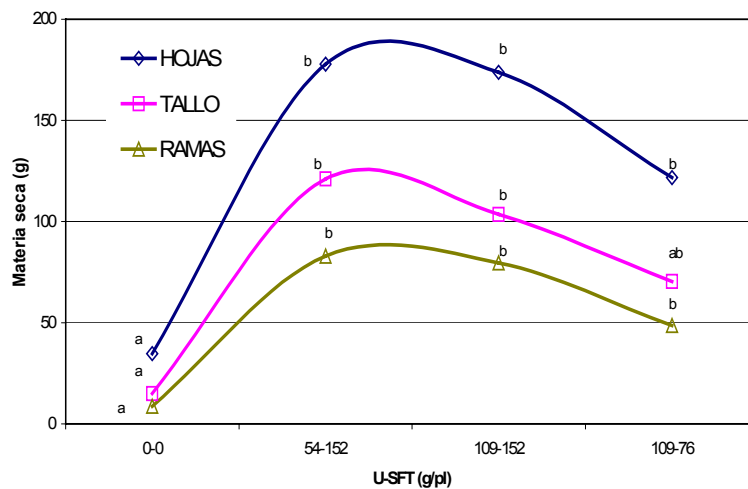
Trabajando con *E. grandis* sobre suelos arenosos, Dalla Tea y Marcó (1991) hallaron importantes respuestas en crecimiento con el agregado de N y P en dosis inferiores a las de nuestro estudios. Por el contrario, en suelos de

mayor fertilidad (mestizos) las respuestas solo fueron al P. Sobre suelos de texturas arcillosas y con la misma especie Fernández et al, (2000) también reportan las mayores respuestas en crecimiento con el agregado de N y P en dosis inferiores a las nuestro experimento.

Los tratamientos de mayor crecimiento fueron: (54-152), (109-76) y (109-152) que conjuntamente con el testigo se seleccionaron para la evaluación de la biomasa. En promedio, del total de la biomasa aérea entre el 68% y el 74% se localiza en la copa, entre el 31% y el 26% se ubica en el tallo, valores esperables a edades tempranas.

En la Figura 2 se muestra el importante efecto logrado por la fertilización sobre la biomasa total, en hojas, ramas y tallos (Evans y Edwards 2001; Xu et al, 2002). En promedio, la cantidad de materia seca del tratamiento de mayor crecimiento fue 6 veces superior al testigo. No se encontraron diferencias significativas entre la biomasa de los tratamientos fertilizados aunque evidencian una tendencia decreciente con el aumento la dosis de N.

**Figura 2: Biomasa del *E. globulus* a los 8 meses de fertilización con diferentes dosis de N y P.**



Tomando el tratamiento de mayor crecimiento (54-152) los mayores aumentos en biomasa se dieron en ramas> tallos> hojas quienes fueron 9,5; 8 y 5 veces mayor al testigo. Las mayores acumulaciones de biomasa en ramas y en hojas podrían significar un aumento en la intercepción de la radiación, con mayores tasas fotosintéticas que se traduciría en un mayor crecimiento potencial.

Se encontraron asociaciones altamente significativas entre los parámetros de crecimiento y la biomasa. La altura presentó un grado de asociación elevado con la biomasa foliar ( $r: 0,87$ ;  $p: 0,001$ ;  $n:32$ ) y la biomasa en el tallo ( $r: 0,88$ ;  $p: 0,001$ ;  $n:32$ ). Los mayores ajustes se dieron con DAC (Schonau y Boden 1981) y fue del  $r: 0,92$  con la biomasa foliar y  $r: 0,90$  con la biomasa en tallo.

Con los parámetros de crecimiento (DAC y altura) y los valores de biomasa de las plantas extraídas se obtuvo un modelo de regresión lineal múltiple para estimar la biomasa total [equ. 1] y la biomasa foliar a partir del DAP y la altura [equ. 2] y modelos de regresión simple en función de la altura [equ. 3 y 4] y del DAC [equ. 5 y 6] para ambos componentes de la biomasa. Particularmente para esta última variable, los parámetros de ajuste del modelo mejoran notablemente.

**[equ.1]** Biomasa total:  $-276.575 + (161.938 * DAC) + (2.0077 * alt)$ .

$R^2_{aj}: 87.16$ ; Error est.: 59.54

**[equ.2]** Biomasa Foliar:  $-115.199 + (71.5155 * DAC) + (0.937708 * alt)$

$R^2_{aj}: 85.27$  Error est.: 22.68

**[equ.3]** Biomasa Foliar:  $6E-05 * h^{3.0952}$

$R^2_{aj} = 0,78$ ; Error Est.: 0,3564

**[equ.4]** Biomasa total:  $2E-05 * h^{3.486}$

$R^2_{aj} = 0,81$ ; Error Est.: 0,374

**[equ.5]** Biomasa Foliar:  $36,317 * DAC^{1,661}$

$R^2_{aj} = 0,90$ ; Error Est.: 0,240

**[equ.6]** Biomasa total:  $62,131 * DAC^{1,877}$

$R^2_{aj} = 0,93$ ; Error Est.: 0,217

En la Tabla 3 se presentan las concentraciones de macro y micronutrientes en hojas para todos los tratamientos, A excepción del N y el K, el coeficiente de variación tomó valores medios a bajos (entre el 14% al 20%). Los más altos se presentaron para el Ca que varió desde 15% al 54%. Si se toma como referencia los datos publicados en Silveira et al, (2004) y Toral y Rojas (1988), las concentraciones de P y K se encuentran dentro del rango óptimo. El Mg podría resultar en concentraciones inferiores a las óptimas en los tratamientos (0-0), (109-0), (0-152); (54-76, (109-76) y (109-152). El S y el N se encuentran por debajo del nivel óptimo en la mayoría de los tratamientos y el Mg en los tratamientos (0-0), (54-0) y (109-152).

**Tabla 3: Concentración foliar de macro nutrientes y micro nutrientes en *E. globulus* de 7 meses de la fertilización,**

U-SFT	% P	% Nt	% Ca	% Mg	% K	% Fe	% Zn	% Mn	% S
0-0	0,165	1,245	0,423	0,066	0,713	0,031	0,004	0,016	0,014
54-0	0,175	1,355	0,44	0,11	0,843	0,036	0,004	0,018	0,028
109-0	0,138	1,233	0,498	0,089	0,725	0,026	0,004	0,041	0,021
0-76	0,215	1,188	0,42	0,103	0,758	0,034	0,004	0,034	0,02
0-152	0,143	1,34	0,423	0,083	0,877	0,027	0,003	0,029	0,017
54-76	0,163	1,155	0,468	0,073	0,765	0,071	0,003	0,023	0,025
54-152	0,183	1,087	0,373	0,113	0,897	0,031	0,002	0,024	0,032
109-76	0,14	1,213	0,39	0,099	0,858	0,037	0,002	0,02	0,015
109-152	0,183	1,273	0,43	0,077	0,878	0,037	0,004	0,014	0,029

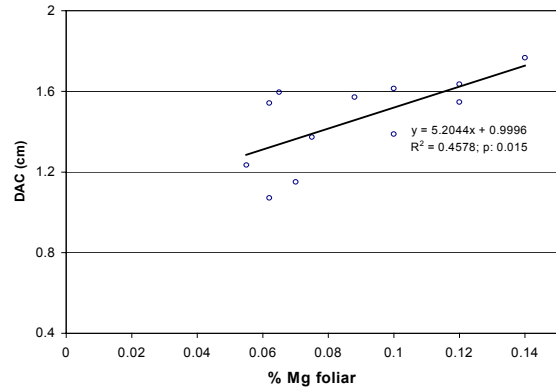
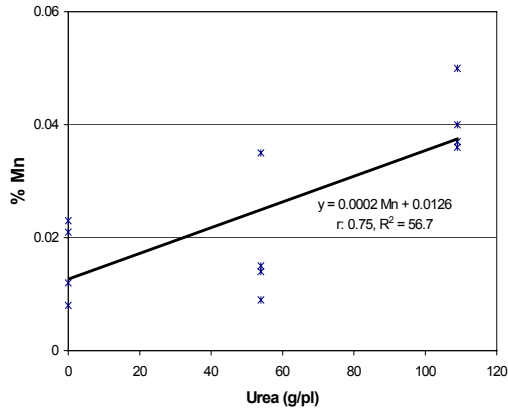
Cada valor es un promedio de 4 repeticiones

Los análisis de correlación mostraron que la concentración de Mn en hojas (Figura 3) aumentó con las dosis de N ( $r: 0,75$ ;  $p < 0,005$ ), mientras algo similar sucedió con la concentración foliar de P y la dosis de SFT aplicado ( $0,52$ ;  $p < 0,001$ ) similar a los reportado por Valeri et al, (1993) y Xu et al, (2002).

Las correlaciones realizadas entre los parámetros de crecimiento y las concentraciones foliares, para los tratamientos que recibieron solo N, mostraron una respuesta lineal significativa para el Mg y el DAC ( $r: 0,67$ ;  $p: 0,015$ ) –Figura 4-, o el Mg y la altura ( $r: 0,65$ ;  $p: 0,022$ ). El Mg es un Ion central en la molécula de clorofila, la cual es fundamental en la fotosíntesis. También es un activador metabólico de los carbohidratos y las proteínas y participa del transporte de los fosfatos.

En los tratamientos donde se aplicó solo SFT se encontró asociación entre el DAC y la concentración de Ca ( $r: 0,54$ ;  $p: 0,84$ ).





**Figura 3: Relación entre la dosis de urea y concentración de Manganese en hojas.** **Figura 4: Relación entre la concentración foliar de Mg y el DAC en plantas que solo recibieron SFT**

## CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del ensayo, y hasta los 8 meses de la plantación se ha observado una importante respuesta a la fertilización inicial tanto en crecimiento en altura como en DAC. La biomasa total, en tallo, ramas y hojas aumentó notablemente con el agregado del fertilizante. Se ajustaron modelos de biomasa en función del DAC y la altura. Se encontraron asociaciones entre el Mn y la dosis de N y, entre el Mg y la dosis de P.

## AGRADECIMIENTOS

El ensayo fue parcialmente financiado por el proyecto forestal de desarrollo. Agradecemos la colaboración recibida de la Ing. Ftal Adriana Di Blasi y al Sr Marcelo Barrientos.

## BIBLIOGRAFIA

- Carlson C., Allan R., Soko S. 2001. Responses of Eucalyptus species to fertilizer applications made at planting on granitic parent materials in the Mpumalanga and Northern Provinces of South Africa. Southern African Forestry Journal N° 191, 29-37.
- Culoth J. 2000, Caracterización edafoclimática de la región SE de la provincia de Bs As para el *Eucalyptus globulus*, Primer seminario de *Eucalyptus globulus* en la Argentina, Mar del Plata, 2-9

- Dalla Tea F., Marcó M. 1991, Respuestas de *E. grandis* a la aplicación de fertilizante en suelos arenosos de Entre Rios, Jornadas sobre Eucaliptos de alta productividad. CIEF. Actas Tomo II, Buenos Aires, Argentina.
- Eldridge K., Davision J. Hardood C., Van Wy K. 1993. *Eucalyptus* domestication and breedings. Clarendon Press, Oxford.
- Evans J.R.; Edwards E. 2001 Nutriente uptake and use in plant growth, NEE Workshoop Proceeding, 75-81.
- Fernández R.A. , Lupi A. M., Martiarena R, Real De Azua M, Azame S. , Reis H., Reboratti H. 2003. Efectos de la preparación del sitio y fertilización sobre el crecimiento de *Eucalyptus grandis*. Resultados a los 21 meses. Congreso de Ingeniería Rural. Balcarce, Argentina.
- Graciano, C.; Goya, J.F.; Caldiz, D.O. 2004. Acumulación y distribución de materia seca en *Eucalyptus globulus* (*Labill*) plantado en maceta con tres tipos de suelos y fertilizado con fósforo. *Ecología Austral* 14: 53-63.
- Gerding V., Schlatter J., Aparicio J.L., Grez R. 2001 Rendimiento de *Eucalyptus nitens* con distintos manejos nutritivos en un suelo rojo arcilloso del sur de Chile. Simposio Internacional IUFRO, Desarrollando el *Eucalyptus* del Futuro. Valdivia, Chile.
- INTA, 1980. Carta de Suelos de la República Argentina.
- Maradei D. 1997. Jornada Forestal, SE Bonaerense, Necochea, Ministerio de Asuntos Agr., Prov. Buenos Aires.
- McKimm R.J.; Flinn D.W. 1979. *Eucalyptus* species, site preparation and fertilizer requeriments for reforestación of the Toorongo Plateau in central Victoria. *Aust. For.* 42 (2), 117-124.
- Nakama V., Alfieri A., Rodríguez Traverso J., Aleska A., Moschini R., Conti H. 2000. Aptitud de las tierras para *Eucalyptus* con fines de planeamiento regional en la provincia de Buenos Aires. *SAGPyA Forestal* 16: 2-11
- Puentes G., Suárez D. 2001 Efecto de la dosis de N y P al establecimiento y post-establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus nitens maiden* y *Eucalyptus globulus labill* en dos ecosistemas de la VIII Región, Simposio Internacional IUFRO, Desarrollando el *Eucalyptus* del Futuro, Valdivia, Chile,
- Valeri S.V.; Aguiar I.B.; Corradini L. 1993 Composição química foliar e crescimento volumétrico de *Eucalyptus grandis hill* ex maiden cultivado em areia quartzosa, em resposta à aplicação de fósforo e calcário dolomítico. *IPEF* n.46, p.63-75.

Xu D., Dell D., Malajczuck N., Gong M. 2002. Effects of P fertilization on productivity and nutrient accumulation in a *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* plantation in southern China, Forest Ecology and management 161: 89-100.