

## FERTILIZACIÓN INICIAL EN PLANTACIONES DE *Pinus radiata* D. Don. EN EL SUDESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES.

### INICIAL FERTILIZATION IN *Pinus radiata* D. Don PLANTATION, IN THE SOUTHERNWEST OF BUENOS AIRES PROVINCE.

Ana María Lupi<sup>1</sup>  
Pablo Pathauer<sup>2</sup>  
Sebastián Robbiani<sup>3</sup>  
Paula Ferrere<sup>2</sup>  
Norberto Fernández<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ing. Forestal M. Sc. Instituto de Suelos INTA Castelar. Los Reseros y Las Cabañas Villa Udaondo (1712). Castelar. Pcia de Buenos Aires.

Tel/Fax: 4621 2096.

E-Mail: amlupi@cirn.inta.gov.ar

<sup>2</sup> Ing. Forestal. Instituto de Recursos Biológicos-Bosques cultivados INTA Castelar.

<sup>3</sup>Ing. Forestal. Profesional independiente.

<sup>4</sup> Ing. Forestal Contratado por el Proyecto Forestal de Desarrollo SAGPyA.

#### SUMMARY

Growth responses of *Pinus radiata* D. Don to N and P fertilizer applied at plantation in an Argiudol at SE Buenos Aires province were evaluated. Treatments were combinations of 0, 22.5 and 45 g N tree<sup>-1</sup> with 0, 40 and 80 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tree<sup>-1</sup>. Five months later N increased diameter growth measured at the root collar (RCD), while P increased RCD, height growth and productivity index. N + P application produced a synergic effect. Greater growth was observed in response to 22.5 g N and 80 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tree<sup>-1</sup> exceeding to control treatment in 40% in RCD and 27 % in height growth. The total dry matter and the needles dry matter were respectively three and four times greatest to the control treatment.

**Key words:** Fertilization, *Pinus radiata*, biomass, Argiudol, Buenos Aires.

#### RESUMEN

Se evaluó el crecimiento de *Pinus radiata* D. Don en respuesta a diferentes dosis de N y P aplicadas al momento de la plantación en un Argiudol del SE de la provincia de Buenos Aires. Los tratamientos fueron combinaciones de 0, 22.5 y 45 g N planta<sup>-1</sup> con 0, 40 y 80 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> planta<sup>-1</sup>. A los 5 meses el N aumentó significativamente el diámetro a nivel del cuello (DAC), mientras que el P aumentó el crecimiento en DAC, altura e índice de productividad. La adición conjunta de NP produjo un efecto sinérgico. Los mayores crecimientos se observaron cuando se agregó 22.5 g N y 87 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> planta<sup>-1</sup>, superando al testigo en un 40 % en DAC y 27 % en altura. La producción de materia seca total y la materia seca en hojas del tratamiento con mayor crecimiento fue respectivamente tres y cuatro veces mayor al testigo.

**Palabras claves:** Fertilización, *Pinus radiata*, biomasa, Argiudol, Buenos Aires.

#### INTRODUCCIÓN

La mayor parte de las plantaciones forestales en el área de tierra firme de la provincia de Buenos Aires se concentran en los partidos localizados en el centro-sur y sudeste, y fueron implantadas como complemento de la actividad agrícola-ganadera,

Durante la década del 90, en coincidencia con el crecimiento del sector forestal a nivel nacional, se produjo un aumento importante en la superficie forestada debido a la puesta en práctica de planes de promoción nacionales y provinciales y como resultado del establecimiento de emprendimientos industriales extranjeros. De acuerdo a los datos informados en el Inventario Nacional de Plantaciones Forestales (2001), del total de la superficie forestal de tierra firme en la provincia de Buenos Aires, el segundo componente de importancia son las plantaciones de *Pinus radiata* D Don.

Dado que son conocidas las menores exigencias edáficas de los pinos, algunos productores implantaron sus macizos en sitios no aptos para la actividad agrícola, generalmente en lomas pedregosas de poca profundidad efectiva y pendientes relativamente importantes. Otros destinaron pequeñas superficies bajo uso agrícola y/o ganadero para contar con bosques de reparo y posteriormente una alternativa comercial complementaria.

Contrariamente a lo que sucede con *Eucalyptus spp*, las plantaciones de pinos no son fertilizadas; sin embargo existen interrogantes sobre las posibles ganancias en crecimiento que se obtendrían en respuesta a este tipo de prácticas. Estudios realizados en Sud África, Nueva Zelanda y

Australia muestran que los mayores desordenes nutricionales en esta especie están asociadas a deficiencias de P (FLINN et al, 1979; TURNER y LAMBERT, 1986) y en menor medida a N (TURNER y LAMBRET 1986; NAMBIAR et al., 1985). Con el objeto de conocer a nivel local la respuesta a la fertilización inicial con N y P se instalaron dos experimentos en sitios representativos de la región de cultivo. En los ensayos se trabajó con dosis extremas que permitieran obtener una curva de respuesta en crecimiento y en biomasa en función de la cantidad de nutrientes adicionada.

En este trabajo se presentan los resultados correspondientes a las primeras evaluaciones de crecimiento y biomasa de uno de los experimentos instalado en el departamento de Benito Juárez, provincia de Buenos Aires

## MATERIALES Y MÉTODOS.

### Caracterización del área

El ensayo se instaló en el establecimiento "Tío José" localizado en el departamento de Benito Juárez (37° 53' 43" lat S y 59° 35' 41" long O), provincia de Buenos Aires, Argentina.

El clima de la zona es templado. Las precipitaciones medias anuales varían entre 700 y 800 mm, la estación más lluviosa es el verano. La temperatura media anual es de 15 °C, la media del mes más cálido (enero) es de 20 °C y del mes más frío (julio) algo superior a 7 °C. La amplitud térmica entre el mes más cálido y el mes más frío es de 16 °C. El período libre de heladas varía entre 240 y 260 días.

El sitio seleccionado para el experimento provenía de 7 años de pastura, fertilizada al inicio (no se cuenta con registros de la cantidad ya que pertenecía a otro propietario). Con anterioridad, el lote estuvo bajo uso agrícola tradicional e intensivo.

El suelo donde se ubicó el ensayo pertenece a la Serie Tres Arroyos (INTA 1990). El relieve es plano y la textura del horizonte A es franco arcillo arenosa, con arcillas del tipo de las illitas.

Al instalar el ensayo se realizó un muestreo de suelos con la finalidad de caracterizar el nivel de fertilidad química. Para ello se conformó una muestra compuesta a partir de 17 submuestras, extraídas al azar en los primeros 10 cm del perfil de toda la superficie del ensayo. Las muestras secadas al aire fueron enviadas al laboratorio para determinar los siguientes parámetros: carbono orgánico (CO), nitrógeno total (N), fósforo disponible (P), pH (relación suelo-agua 2.5), capacidad de intercambio catiónico (CIC), bases de intercambio, conductividad eléctrica (CE). Se calculó el porcentaje de saturación de bases y de Na intercambiable (PSI).

La preparación del terreno consistió en dos pasadas de rastra realizadas en forma cruzada. Se utilizaron plantas de *P. radiata* producidas en tubetes (93 cm<sup>3</sup>) en un vivero forestal de Tandil, con semilla proveniente de Concepción, Chile. Para el experimento se seleccionaron plantines con características morfológicas similares.

La plantación se realizó con pala a una distancia de 3 m x 3 m (1111 pl ha<sup>-1</sup>) en época tardía (13 de diciembre del 2002), debido a problemas de sequía. Durante los primeros 12 meses, el control de malezas se realizó en forma continua, manual, alrededor de la planta en un radio de 1 m para evitar la competencia por nutrientes.

### Diseño experimental y tratamientos.

Los tratamientos fueron combinaciones de 3 dosis de N y 3 dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Tabla 1) dispuestos en un diseño factorial 3<sup>3</sup> y distribuidos en bloques completos al azar con 3 repeticiones. Como fuente de N se utilizó urea (U: 46-0-0) y como fuente de P superfosfato triple de Ca (SPT: 0-47-0). El fertilizante se aplicó un día después de la plantación alrededor de cada planta, en forma de corona circular a unos 15 cm del cuello de la planta, previa remoción del suelo con azadas. Cada parcela de medición quedó definida originalmente con 30 plantas (5 x 6) y se encuentra rodeada por una línea de bordura común entre parcelas, sin fertilizar.

Tabla 1: Detalle de las dosis y fuente de cada nutriente por tratamiento.

Table 1: Detail of dosis and sources of each nutrient by treatment

	Urea	SPT	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	(g pl <sup>-1</sup> )			
T1	0	0	0	0
T2	50	0	22.5	0
T3	100	0	45	0
T4	0	87	0	40
T5	0	174	0	80
T6	50	87	22.5	40
T7	50	174	22.5	80
T8	100	87	45	40
T9	100	174	45	80

A los 30 días de la plantación, aproximadamente, se dio de baja el T9 por alta mortalidad, consecuencia del ataque de hormigas y del pisoteo del ganado que ingresó al lote. Por los mismos motivos fueron afectados en menor magnitud los tratamientos 2 y 3, que al momento de la medición, contaron con 12 plantas no dañadas.

#### Mediciones y Muestreos.

El primer relevamiento de altura total (H) y diámetro a nivel del cuello (DAC) se realizó a los 5 meses de la plantación. Con estas variables se calculó el factor de productividad (IP:  $DAC^2 \times H$ ). A los 8 meses de la fertilización (agosto de 2003) se realizó un muestreo destructivo de individuos para la determinación de la materia seca (MS). Se eligieron aquellos tratamientos que mejor respuesta en crecimiento presentaron a los 5 meses de la fertilización. Del tratamiento testigo, del T6 y T7 se extrajeron 2 plantas dominantes por parcela, totalizando 6 plantas por tratamiento. De cada individuo extraído se registró la altura total (HT), la altura de copa (HC) y el diámetro de la base del cuello (DBC). Para la extracción se trabajó con pala en un radio de 30 cm del cuello y una profundidad similar. Luego de eliminar el exceso de tierra de las raíces cada planta fue separada en los componentes raíces visibles, tallo y hojas; y fueron puestos en estufa a 65° C hasta peso constante para determinar la materia seca (MS).

#### Análisis Estadístico

Los cálculos estadísticos fueron realizados con R (Development Core Team R, 2003). Se aplicó un modelo de bloques completos al azar con 8 tratamientos y 3 repeticiones debido a la pérdida del T9, correspondiente al diseño estadístico original.

Para la separación de las medias en grupos homogéneos se aplicó el test de la diferencia mínima significativa (LSD) con un nivel de significancia del 0.05. Para ajustar las relaciones entre parámetros de crecimiento y biomasa se utilizó el siguiente modelo

$$\ln(y_{ij}) = \mu + \alpha_i + \beta_j \ln(DAC) + \epsilon_{ij}$$

donde  $y_{ij}$  = variable dependiente (MS);

$\mu, \alpha_i, \beta_j$  son los parámetros del modelo y  $\epsilon_{ij}$  es el error aleatorio. Se asumió que los errores eran independiente e idénticamente distribuidos, con distribución Normal (0;  $\sigma^2$ ). La estimación de los parámetros de los modelos se utilizó el método de mínimos cuadrados (WEBER, 2000).

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del muestreo de suelos mostraron que el sitio presenta un nivel de MO del 4.7%, 0.26 % N total (Kjeldhal), 5.0 ppm de P asimilable (Bray y Kurtz), pH en H<sub>2</sub>O: 6, CIC: 24.5 meq%, Ca: 10.7 meq%, Mg: 2.2 meq%, Na: 0.6 meq%, K: 1.9 meq%, % de saturación de bases: 62.8 %, PSI: 2.4 % y CE: 0.32 mScm<sup>-1</sup>.

A los cinco meses de plantación, la altura promedio de las plantas de todo el experimento fue de 31.2 ± 6.35 cm y el DAC medio fue 0.64 ± 0.15 mm; resultados que son alentadores teniendo en cuenta que la plantación fue realizada en forma tardía.

El análisis de variancia mostró que la aplicación de distintas dosis de fertilizante afectó significativamente el crecimiento en altura ( $p = 0.0019$ ), en DAC ( $p = 0.0010$ ) y en IP ( $p = 0.0003$ ) (Tabla 2).

**Tabla 2: Diámetro a nivel del cuello, altura total e índice de productividad de *P. radiata* a los 5 meses de la plantación.**

**Table 2: Root collar diameter, total height and productivity rate growth of *P. radiata* at 5 months after planting.**

	g pl <sup>-1</sup> (U-SPT)							
	0-0	50-0	100-0	0-87	0-174	50-87	50-174	100-87
DAC (cm)	0.55 (0.017) a	0.61 (0.018) b	0.61 (0.023) b	0.63 (0.019) bc	0.61 (0.018) b	0.68 (0.017) c	0.77 (0.019) d	0.64 (0.019) bc
H (cm)	28.81 (0.71) ab	27.4 (0.77) a	29.37 (0.98) ab	32.00 (0.81) c	30.85 (0.70) bc	32.33 (0.73) c	36.62 (0.81) d	30.63 (0.80) bc
IP (cm <sup>3</sup> )	10.06 (1.00) a	11.16 (1.09) ab	11.9 (1.39) ab	14.2 (1.14) bc	12.3 (0.99) ab	16.6 (1.03) c	23.2 (1.15) d	13.7 (1.13) bc

Ref: DAC: diámetro a nivel del cuello. H: altura, IP: índice de productividad. Error estándar entre paréntesis. Para cada variable letras distintas indican diferencias significativas a un nivel de significancia de 0.05.

El agregado de N produjo cambios significativos en el crecimiento en DAC, pero no

afectó la altura y el IP de las plantas. El DAC medio de las plantas que recibieron 50 g de urea fue el 12 %

mayor al testigo. NAMBIAR et al, (1985) también reportaron efectos positivos significativos de la aplicación de N sobre el crecimiento del *P. radiata* en suelos arenosos del sur de Australia. En concordancia con lo encontrado en nuestro trabajo, estos autores resaltan la mayor sensibilidad del DAC para detectar la respuesta a la fertilización. WOODS et al, (1992) obtuvieron respuestas semejantes a la aplicación de N en plantaciones de *P. radiata* sobre suelos arenosos del sur de Australia. El agregado de N fraccionado en dos años produjo una ganancia del 17 % en el DAC medido a 15 cm del suelo, al año de la segunda fertilización.

Un efecto contrario al detectado en este experimento fue reportado por FERNANDEZ et al, (2004) en Tandil, provincia de Buenos Aires, para la misma especie; y por FERNÁNDEZ et al, (1999) al trabajar con *P. taeda* sobre suelos arcillosos de Corrientes, Argentina.

Ninguno de los tres parámetros analizados mostró diferencias de crecimiento cuando la dosis de urea aplicada aumentó de 50 a 100 g pl<sup>-1</sup>.

Los tratamientos que recibieron solo P mostraron crecimientos significativamente superiores al testigo, tanto para el DAC como la H y el IP, pero no se detectaron diferencias de crecimiento entre las dosis de 87 y 174 g pl<sup>-1</sup> (Tabla 2). De estas dosis, los mayores crecimientos se alcanzaron con el agregado de 87 g pl<sup>-1</sup> de SPT, lográndose incrementos del 15% en DAC, 11 % en H y 41% en IP. FLINN et al,

(1979) reporta las mayores respuestas en crecimiento del *P. radiata* cuando se agrega 180 g pl<sup>-1</sup> de SPT al momento de la plantación, en cambio en el norte de nuestro país FERNÁNDEZ et al (1999) reportaron importantes respuestas a los 5 meses con 90 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pl<sup>-1</sup> en *P. taeda*. En contraposición, SNOWDON y WARING (1985) trabajando sobre suelos arcillosos de Australia solo reportan efectos significativos de la fertilización fosforada sobre el crecimiento del *P. radiata* luego de la primera estación de crecimiento.

La adición de P tuvo un efecto más importante que la de N, no solo expresado por la magnitud de los cambios respecto del testigo (DAC: 12% para N y 15 % para P), sino también por que las diferencias se observaron en los tres parámetros analizados.

A excepción de la H, no fueron significativas las diferencias cuando se comparan los tratamientos con N (50-0, 100-0) versus los de P (0-87, 0-174) –Tabla 1, sin embargo, el agregado de ambos nutrientes (NP) se tradujo en crecimientos significativamente mayores al testigo, siendo los cambios en DAC mas importantes que en H.

Los tratamientos que recibieron P con 50 g de U fueron los que mas se destacaron, inclusive cuando se los comparó con la mayoría de los tratamiento que recibieron solo N o P. El tratamiento donde se agregó P con 100 g de U no fue diferente a los tratamientos con dosis de N o P.

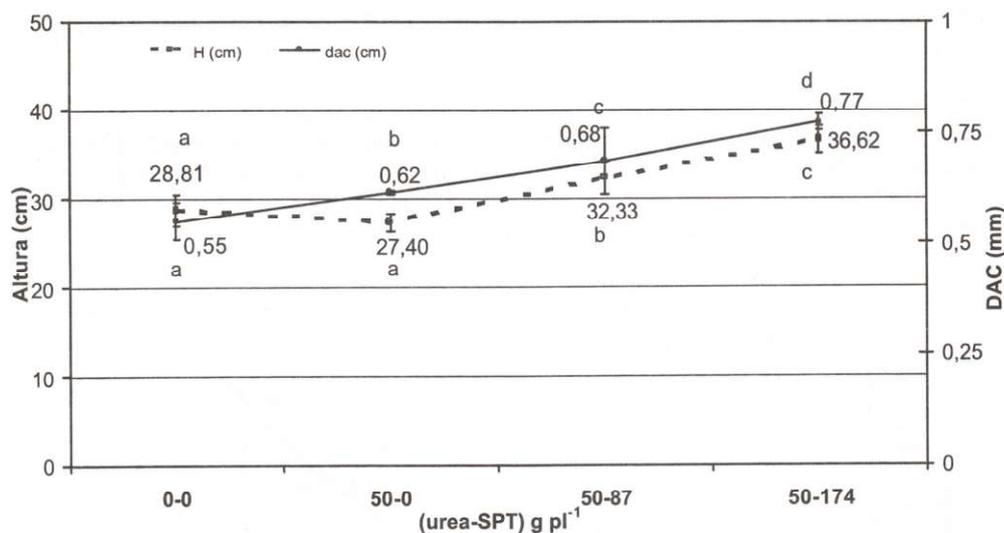


Gráfico 1: Altura total y DAC del *P. radiata* a los 5 meses de fertilización con diferentes dosis de urea y superfosfato triple.

Graphic 1: Total height and root collar diameter of *P. radiata* at 5 months after planting, according to Urea and SPT dosis.

Letras distintas indican diferencias significativas al 0.05 mediante el test LSD. Las barras verticales muestran el desvío estándar.

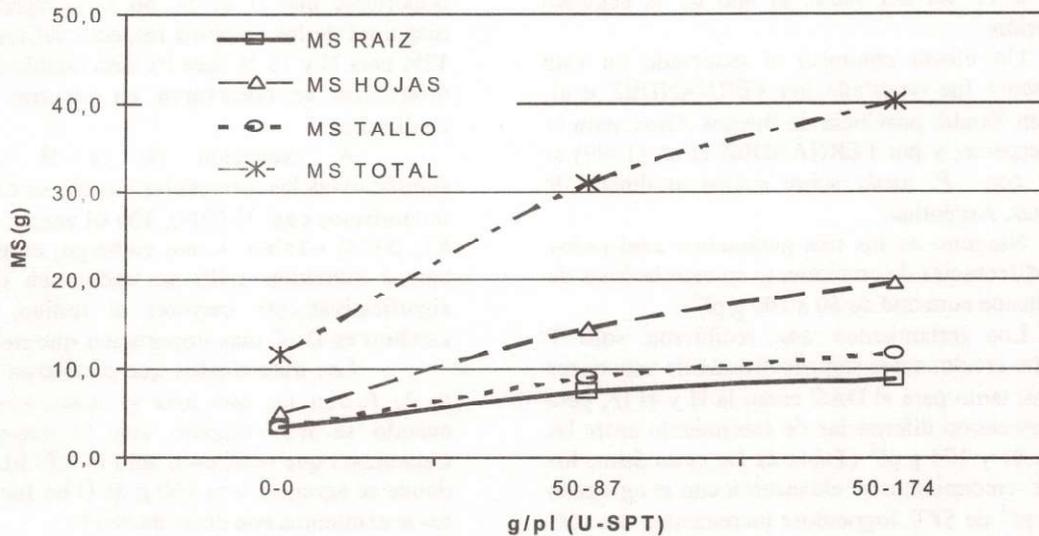
El tratamiento de mayor crecimiento fue el T7 (50-174) y superó al testigo en un 40% en DAC, 27 % en H y mas del 100 % en IP. La ganancia de crecimiento generada por el incremento en la dosis de P de 87 a 174 g fue del 12.6 % en DAC, 13 % en H y del 40 % en IP (Gráfico 1). Este efecto sinérgico, ya

señalado por TURNER y LAMBERT (1986) en evaluaciones nutricionales realizadas sobre *P. radiata*, se evidenció particularmente en las dosis de 50 g N pl<sup>-1</sup> de nuestro experimento (Gráfico 1). La tendencia puesta de manifiesto en el Gráfico indicaría que el agregado de dosis mayores de P podría

traducirse en mayores crecimientos. MASON y MILNE (1999) también reportaron ganancias en el crecimiento inicial de *P. radiata* en respuesta a la fertilización con N y P (9.7 g de N y 10.8 g de P por planta), efectos que se prolongaron hasta los 5 años de la plantación.

A los 8 meses de la fertilización la MS total y la MS de cada compartimiento de los tratamientos que recibieron NP fue notablemente superior a la MS del testigo (Gráfico 2). La MS total del T6 y T7 fue 2.6 y

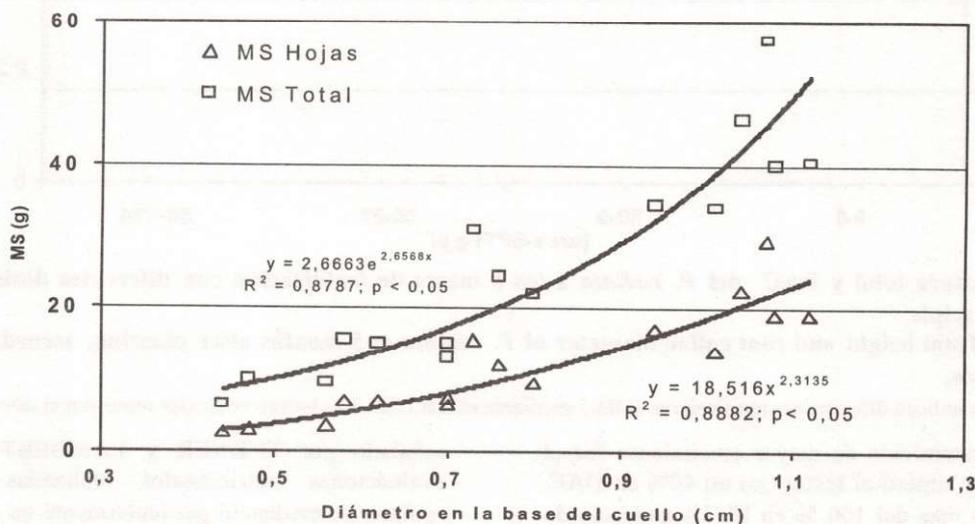
3.5 veces mayor respectivamente, al T1. De los tres componentes muestreados, las hojas fue el más afectado por el fertilizante. La MS del T6 y T7 fue 3 y 4 veces mayor al T1. La MS en el tallo del T6 y T7 fueron un 2.6 y 3.5 veces mayor al T1; si bien los aumentos fueron importantes no tuvieron la magnitud del componente hojas. En el compartimiento raíz no se encontraron mayores cambios entre las dosis con NP, siendo 2.2 (T6) y 2.6 (T7) veces mayor al testigo.



**Gráfico 2: Materia seca en raíz, tallo, hojas y materia seca total de *P. radiata*, a los 8 meses de la plantación.**  
**Graphic 2: Dry matter in root, shoot, needles y total dry matter of *P. radiata* at 8 months after planting.**

Tomando los parámetros de crecimiento obtenidos de los individuos extraídos se encontró una alta asociación entre la HT y la HC ( $r = 0.814$ ;  $p < 0.05$ ) y entre DAC y el HC ( $r = 0.816$ ;  $p < 0.05$ ). A su vez, cuando se establecieron relaciones entre los

parámetros de crecimiento con los de MS, se encontró una asociación del 0.788 ( $p < 0.05$ ) para la H y la MS total; mientras que para la H y la MS en hojas el  $r$  fue de 0.769 ( $p < 0.05$ ).



**Gráfico 3: Relación entre el diámetro a nivel de cuello y la materia seca total y en hojas.**  
**Graphic 3: Relationship between root collar diameter and total dry matter and needles dry matter.**

Las mayores asociaciones se evidenciaron entre el DAC y la MS total ( $r = 0.92$ ;  $p < 0.05$ ) y entre el DAC y la MS hojas ( $r = 0.897$ ;  $p < 0.05$ ), (Gráfico 3). Los valores de MS total del tratamiento sin fertilizar son similares a los reportados por NEILSEN et al. (1984) en individuos de *P. radiata* no fertilizados a igual edad. Sin embargo, los valores de MS total de los tratamientos con NP de nuestro experimento superaron en más del 50 % los valores hallados por estos autores cuando se agregó 23 g N y 12 g P.

Como es esperable, a edades tempranas de la plantación la mayor proporción de la MS se concentra en el componente fotosintético. En el testigo fue del 41 % y alcanzó el máximo en el tratamiento de mayor crecimiento (T7: 48 %). Si bien la MS en tallo aumentó con la dosis, la proporción prácticamente no se alteró (T1: 29 % y T7 : 30%). La proporción de la MS en raíz fue menor en el tratamiento con mayor dosis de fertilizante (T7: 22%) como consecuencia de un mayor desarrollo aéreo, y fue mayor en el testigo (T1: 30 %).

#### CONCLUSIONES

A los 5 meses de la plantación se observó que el agregado de N o P ejercen efectos positivos sobre el crecimiento del *P. radiata*. El DAC fue la variable que manifestó los mayores cambios como respuesta a la aplicación. Los mayores cambios se observan cuando los nutrientes se agregan en forma conjunta. Los mayores crecimientos se alcanzaron con el agregado de 50 g de U y 174 g de SPT por planta. Este tratamiento superó al testigo un 40% en DAC, 27% en H y más del 100% en IP.

La aplicación de NP afectó la producción de materia seca de todos los componentes, pero de manera particular la MS en hojas. En este componente la biomasa fue entre 3 y 4 veces superior a la del tratamiento control. La mayor producción de biomasa coincidió con el tratamiento de mayor crecimiento. Se encontraron fuertes asociaciones entre los parámetros de crecimiento y la materia seca total y en hojas

#### AGRADECIMIENTOS.

Al Dr Arnaldo Cisilino, propietario del establecimiento donde se instaló el experimento. Al Proyecto Forestal de Desarrollo (SAGPyA-BIRF) por la financiación parcial del experimento.

#### BIBLIOGRAFIA

- FERNÁNDEZ R., Rodríguez F., Lupi A. M., Hernández A., Reis H. 1999. Efectos de diferentes prácticas de preparación del terreno y fertilización sobre el crecimiento inicial del *Pinus spp* en el NE Argentino. *Bosque* 20(1): 47-55.
- FLINN DW; Hopmans P; Moller I; Tregonning K. 1979. Response af radiata pine to fertilisers containing N and P applaied at planting. *Australian For.*, 42(2): 125-131.
- INTA 1990. Carta de Suelos de la República Argentina, escala 1: 50.000.
- INVENTARIO NACIONAL DE PLANTACIONES FORESTALES- SAGPyA- Dirección de Forestación – Proyecto Forestal de Desarrollo- 2001
- MASON E.G., Milne P.G. 1999. Effects of weed control, fertilization, and soil cultivation on the growth of *Pinus radiata* at midrotation in Catenbury, New Zealand. *Can. J. For. Res.* 29: 985-992.
- NAMBIAR S.E.K, Cellier K.M. 1985. Nitrogen fertiliser in establishing *Pinus radiata* plantations on sandy soils: an evaluation of their use. *Aust. For.* 48(4) 242-251
- NEILSEN W.A., Davis G.R., Mc Davitt J.G., Pataczek W. 1984. Growth and nutrients uptake of Radiata Pine seedlings over the first 3 years following treatment with nitrogen and phosphorus fertilizers. *Aust. Forest Research* 14: 1-10
- SNOWDON P., Waring H.D. 1985. Effects of factorial combinations of urea, dicalcium phosphate, gypsum and potassium chloride on growth and foliage composition of closely spaced *Pinus radiata*. *Australian Forest Research* 15(3): 333-352.
- TURNER J., Lambert M.J. 1986. Nutrition and Nutritional relationships of *Pinus radiata* *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 17: 325-350.
- WEBER, D.C.; Skillings, J.H. 2000. *A First Course in the Design of Experiments, A linear Model Approach*, Miami University, Oxford, Ohio. CRC Press.
- WOODS P.V., Nambiar E. K. S., Smethurst P. J. 1992. Effect of annual weeds on water and nitrogen availability to *Pinus radiata* trees in a young plantation. *For. Ecol. Manag.* 48: 145-163