

Fertilización de arranque en plantaciones de álamos (*Populus* spp.) de la pampa húmeda argentina *

Fabio Achinelli^(1,2), Esteban Baridón⁽¹⁾, Enrique Prada⁽³⁾, Matías Francisco⁽¹⁾, Alejandro Aparicio⁽¹⁾ y Raúl Marlats^(1,2)

⁽¹⁾ Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales UNLP, Av. 60 y 118 (B1902WAA), La Plata, Buenos Aires
fachinel@ceres.agro.unlp.edu.ar

⁽²⁾ Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC)

⁽³⁾ Papel Prensa S. A.

Introducción

En la pampa húmeda existe una superficie creciente de plantaciones forestales comerciales, correspondientes tanto a emprendimientos foresto-industriales como a establecimientos agropecuarios de distinto tamaño que complementan con la silvicultura otras actividades tradicionales. Los álamos (*Populus* spp.) encuentran en la región sitios de buena aptitud e industrias que consumen este tipo de madera, siendo junto con los eucaliptos (*Eucalyptus* spp.) las especies más importantes (SAGPyA, 2001).

En las plantaciones de álamo, las prácticas de fertilización tienen escasa difusión; el buen crecimiento promedio de las plantaciones, sumado a la creencia de que los cultivos forestales tienen bajos requerimientos de nutrientes, han llevado a considerar el estado nutricional de estos bosques como un aspecto secundario.

Es común sin embargo, que las plantaciones sean establecidas en los lotes de menor calidad para la agricultura y la ganadería, o en sectores que han sido utilizados en dichas actividades con escasos o nulos aportes de fertilizantes a lo largo de su historia de uso. A lo anterior debe agregarse que las forestaciones llevan completados en algunos sitios entre 2 y 4 ciclos de corta sin realizar tratamientos de fertilización. Dado que los álamos son exigentes en cuanto a la provisión de nutrientes (Heilman *et al.*, 1996), es probable que un número considerable de plantaciones presenten deficiencias y/o desbalances nutricionales de variada intensidad.

En el año 1998, las Cátedras de Silvicultura y Edafología de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP comenzaron a experimentar con fertilizaciones de arranque en álamo, buscando complementar esta práctica con herbicidas en sistemas integrados de control de malezas (Achinelli *et al.*, 2001). A partir de esta experiencia se dio inicio a una línea de investigación específica, en donde se están evaluando las respuestas de dos clones a la aplicación de diferentes dosis y combinaciones de fertilizantes nitrogenados, fosforados y potásicos. Sobre los mismos ensayos y en forma paralela se están ajustando métodos de diagnóstico y monitoreo del estado nutricional (Baridón *et al.*, 2002; Achinelli *et al.*, 2003).

En este trabajo se exponen en forma sintética los avances alcanzados hasta el presente en las áreas mencionadas. La investigación se lleva a cabo en un establecimiento forestal ubicado en el Partido de Alberti, Provincia de Buenos Aires (34° 50' Lat. Sur; 60° 30' Long. Oeste; 55 msnm; 930 mm de precipitación media anual).

La fertilización localizada y el control de malezas

En agosto de 1998 se instaló un ensayo en un suelo Hapludol típico con el objetivo de evaluar distintos sistemas de control de malezas en *Populus deltoides* cv. "Stoneville 66". En un tratamiento se combinó la aplicación de herbicidas en bandas con una fertilización con nitrógeno (N) y fósforo (P) en forma localizada. Los análisis de los primeros 30 cm de suelo indicaron, para una textura franca, bajos niveles de Carbono orgánico (C), N total y P asimilable, y un contenido muy alto de potasio (K) de intercambio (Tabla 1).

Tabla 1. Descripción analítica de los primeros horizontes del suelo en el ensayo de 1998, Alberti, Buenos Aires.

Horizonte	Ct (%)	N (%)	P (mg kg ⁻¹)	K (cmolc kg ⁻¹)	pH	Arcilla %	Limo (%)	Arena %
Ap (0-15 cm)	1,47	0,12	8,5	2,0	7,4	19,9	30	50,1
A2 (15-30 cm)			8,0					

N: Nitrógeno total, P: Fósforo Bray, K: Potasio de intercambio.

La fertilización se realizó al momento de plantación y al año. Se aplicaron 45 g planta⁻¹ de N como urea y 34 g planta⁻¹ de P como superfosfato triple de calcio. La dosis de N fue aplicada dividida en partes iguales, una parte en la implantación del cultivo y la otra al primer año post-plantación, en dos surcos superficiales situados a 25 cm de la estaca; la dosis de P se suministró completa al momento de plantación, en dos hoyos de 40 cm de profundidad también separados 25 cm de la estaca.

Al segundo año de crecimiento las plantas con control químico-mecánico y fertilización tuvieron, respecto del testigo (plantas con el mismo control de malezas pero sin fertilización de arranque), hojas de mayor área individual (AFI), copas de mayor cobertura (CobC) y de menor transmitancia de radiación fotosintéticamente activa (Figuras 1 y 2). Si bien los índices de área foliar de los dos tratamientos fueron similares, las plantas fertilizadas desarrollaron mayor área foliar total (AFT) y mayores crecimientos en altura (At) y volumen de leño con corteza (Vcc).

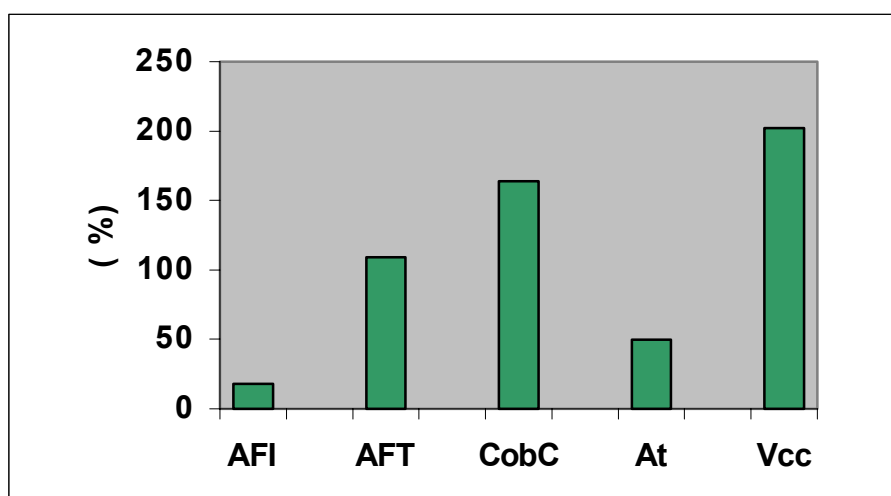


Figura 1. Respuesta a la fertilización de arranque de *P. deltoides* cv. "Stoneville 66" al segundo año de crecimiento. Diferencia porcentual entre el tratamiento con fertilización y el testigo. AFI= área foliar individual de las hojas del brote terminal; AFT= área foliar total por planta; CobC= cobertura de copa; At= altura total; Vcc= volumen de leño con corteza por planta.



Figura 2. Vista del tratamiento testigo (izq.) y fertilizado (der.) promediando la primera estación de crecimiento (altura del jalón= 1 m).

La comunidad de malezas no experimentó cambios significativos ante el aporte localizado de nutrientes. Transcurridos cuatro años desde la plantación, el crecimiento del tratamiento fertilizado fue superior al testigo sin fertilizar, aunque se observó una reducción de las diferencias respecto de las registradas en el segundo año (Figura 3).

Estos resultados muestran que la fertilización localizada de arranque puede utilizarse conjuntamente con el control químico de malezas en bandas, y que el tratamiento resultante puede mejorar en forma selectiva la competitividad del cultivo respecto de las malezas, permitiendo acelerar el establecimiento de las plantaciones.

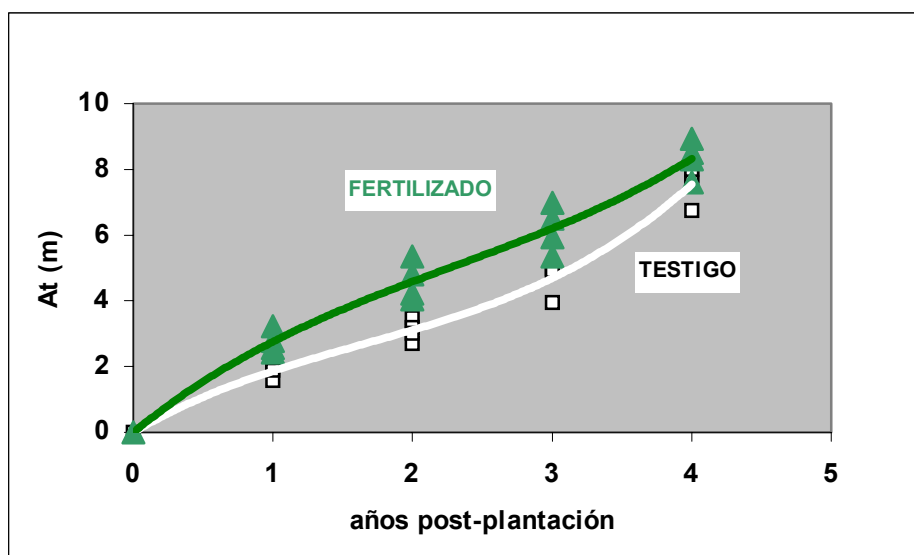


Figura 3. Curvas de crecimiento en altura total (At) del tratamiento fertilizado y testigo durante la fase de establecimiento.

Ensayos de fertilización con N, P y K

Para poder establecer la respuesta de los álamos al suministro de distintas dosis de N, P y K por separado y en diferentes combinaciones se implantaron dos ensayos factoriales completos, el primero en agosto de 2000 (Ensayo N° 1) y posteriormente su repetición temporal

en agosto de 2001 (Ensayo N° 2). En cada ensayo se evaluaron 96 tratamientos, surgidos de la combinación de dos clones (*P. deltoides* cv. "Stoneville 66" y *P. x euramericana* cv. "Conti 12", Conti 12), cuatro dosis de N (0; 22,5; 45 y 67,5 g planta⁻¹ de N en forma de urea), cuatro de P (0; 17; 34 y 51 g planta⁻¹ de P en forma de superfosfato triple de calcio) y tres de K (0; 14,2 y 28,5 g planta⁻¹ de K como cloruro de potasio). Los fertilizantes fueron suministrados de acuerdo a lo descrito en el ensayo anterior. Para el K se utilizó el mismo procedimiento que para el N.

El perfil modal del sitio correspondió a un Hapludol típico, con una textura franca en el horizonte superficial (17,6% arcilla; 32% limo y 50,4% arena). Se instaló un bloque en cada condición de acuerdo al microrrelieve (loma, media loma y bajo). La caracterización analítica de los primeros 40 cm del suelo indica, para todas las situaciones, contenidos medios de C orgánico, niveles bajos de N total y muy altos de K de intercambio. Para el P asimilable se encontraron niveles medios en las lomas y medios a bajos en las otras condiciones de relieve (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis químicos de los horizontes superficiales para cada condición de microrrelieve al comienzo de los Ensayos N° 1 y 2, en un Hapludol típico de Alberti, Buenos Aires.

Microrrelieve	Loma		Media loma		Bajo	
Profundidad (cm)	Ap	A2	Ap	A2	Ap	A2
	(0-20)	(20-40)	(0-20)	(20-40)	(0-20)	(20-40)
pH	6,8	6,8	6,8	6,6	6,9	6,9
C (%)	1,7	1,6	1,5	1,4	1,8	1,2
N (%)	0,14	0,10	0,1	0,1	0,1	0,11
P (mg. kg⁻¹)	12,9	10,8	10,3	9,8	9,8	12,4
K (cmolc . kg⁻¹)	2,09	2,22	2,10	2,15	1,8	2,1

N: Nitrógeno total, P: Fósforo Bray, K: Potasio de intercambio.

En el transcurso de los experimentos no se encontraron síntomas visuales de deficiencias para N, P y K, tanto en testigos como en tratamientos con fertilización. El prendimiento de las estacas fue cercano al 100%.

Los testigos sin fertilizar estuvieron siempre entre los tratamientos de menor crecimiento. Las mayores respuestas se obtuvieron en ambos clones ante el aporte de dosis combinadas de N, P y K, aunque con un comportamiento más definido y acentuado con N y variable según el clon y el ensayo con P y K (Figuras 4 a 7). En general, el crecimiento de los clones fue mayor ante el aumento de la dosis de N suministrado. El aporte de P produjo efectos significativos en el Ensayo N° 1 (Figuras 4 y 5), mientras que la fertilización con K tuvo significancia en el Ensayo N° 2 (Figuras 6 y 7).

Se encontraron interacciones significativas entre clon x N, clon x P, clon x K y N x P x K. Las primeras estarían indicando un comportamiento diferencial de los clones en cuanto a sus requerimientos nutricionales y respuestas a la fertilización. La interacción NPK estaría relacionada a un desbalance de nutrientes, principalmente K, originado a partir del aporte de N.

* **Los mayores crecimientos se lograron con combinaciones de N, P y K.**

* **La fertilización con N produjo la respuesta más definida y acentuada**

* **¿La fertilización nitrogenada puede provocar deficiencias relativas de Zn?**

Vcc (dm3), Conti 12

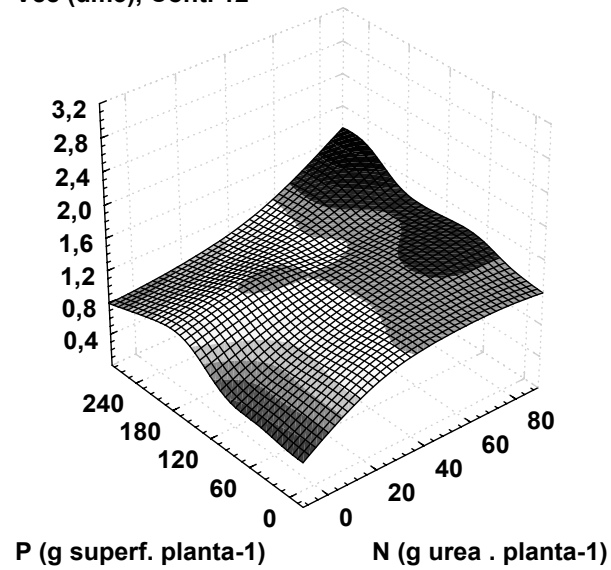


Figura 4. Crecimiento en volumen de leño con corteza (Vcc) del clon Conti 12 ante el aporte de distintas dosis y combinaciones de N y P (superf. = superfosfato triple de calcio), Ensayo N° 1 (2000-2001).

Vcc (dm3), Stoneville 66

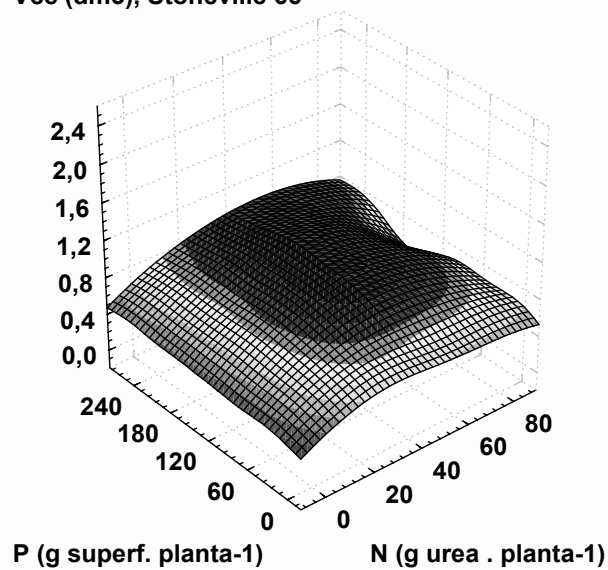


Figura 5. Crecimiento en volumen de leño con corteza (Vcc) del clon Stoneville 66 ante el aporte de distintas dosis y combinaciones de N y P (superf. = superfosfato triple de calcio), Ensayo N° 1 (2000-2001).

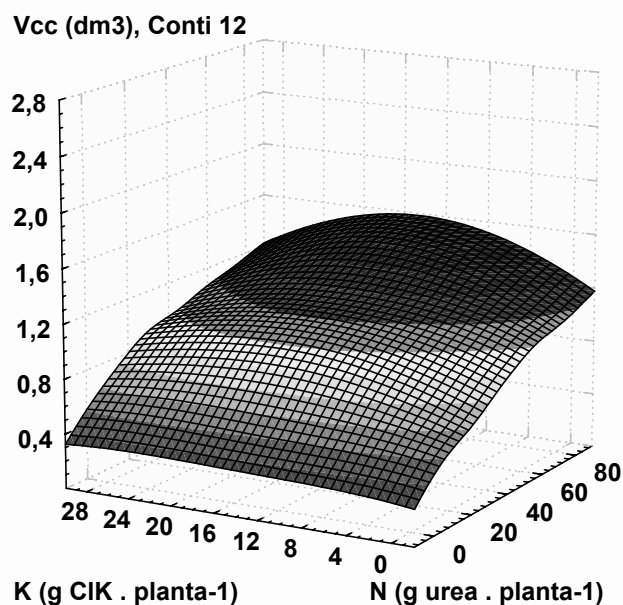


Figura 6. Crecimiento en volumen de leño con corteza (Vcc) del clon Conti 12 ante el aporte de distintas dosis y combinaciones de N y K, Ensayo N° 2 (2001-2002).

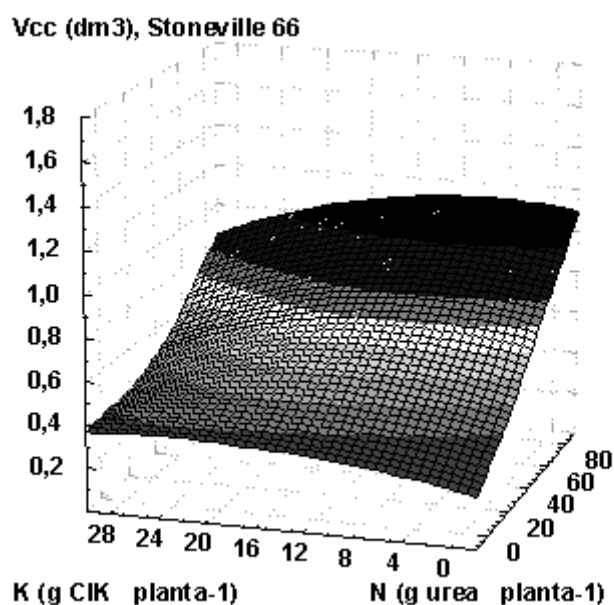


Figura 7. Crecimiento en volumen de leño con corteza (Vcc) del clon Stoneville 66 ante el aporte de distintas dosis y combinaciones de N y K, Ensayo N° 2 (2001-2002).

En relevamientos efectuados en diciembre de 2000 y enero de 2001 se registraron en Conti 12 síntomas foliares similares a los descriptos para deficiencias de Zn (Marschner, 1998). Los síntomas se presentaron en hojas y ápices jóvenes, como clorosis intervenial. Se encontró una asociación altamente significativa entre la presencia del síntoma, la fertilización nitrogenada y la concentración foliar de Zn: las plantas de mayor crecimiento tuvieron en promedio 39 ppm de Zn en hoja, contra 50 ppm en aquellas de menor crecimiento. La variación de la concentración de Zn respecto de la fertilización con urea fue

de 54 ppm en parcelas testigo sin fertilizar hasta descender a 42 ppm en aquellas fertilizadas con 85 g de urea planta⁻¹. Los síntomas desaparecieron hacia febrero de 2002 y se deberían a un desbalance de Zn originado en la estimulación de la tasa de crecimiento con la fertilización nitrogenada.

Diagnóstico y monitoreo nutricional en álamo

A fin de contar con metodologías que permitan detectar la ocurrencia de deficiencias o desbalances nutricionales y monitorear los efectos de la fertilización, se trabajó en el ajuste del Sistema de Diagnóstico y Recomendación Integrado (DRIS) para los clones evaluados según Leech y Kim (1981) y Stanturf *et al.* (2001), y en la puesta a punto de índices indirectos, como el área foliar individual (AFI) (Harrington *et al.*, 1997).

En el ensayo de control de malezas de 1998 (Tabla 1, Figura 1) se llevó a cabo un análisis de DRIS para N, P y K al promediar el primer año en los distintos tratamientos. Tanto los índices de N como de P tuvieron una estrecha relación con el crecimiento en altura, a diferencia del índice de K. La mayor asociación se dio entre las alturas y la suma de índices (N, P, K) (Figura 8). Los tratamientos con control de malezas sin fertilización tuvieron índices de N y P negativos. Las AFI siguieron la tendencia observada en las alturas, con mayores valores en las parcelas fertilizadas.

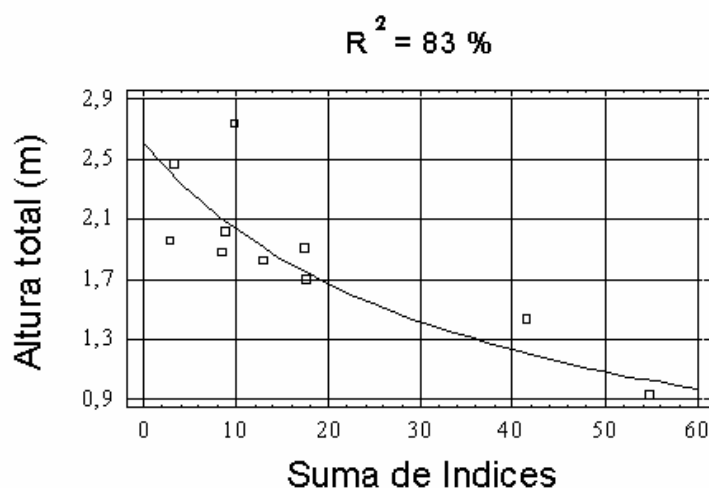


Figura 8. Asociación entre la respuesta de crecimiento en altura y la sumatoria de índices para los elementos N, P y K calculado por DRIS a partir de muestras de hojas en parcelas de Stoneville 66, temporada 1998-1999.

En el ensayo N° 1 con N, P y K (Tabla 2, Figuras 4 y 5), los tratamientos de fertilización produjeron principalmente diferencias en el índice N y en la sumatoria de índices (N, P, K, Ca y Mg) los que a su vez estuvieron estrechamente correlacionados con las variables de crecimiento (Figuras 9-12).

Los valores medidos de AFI fueron además coincidentes tanto con los resultados de ANOVA como con los índices DRIS mencionados. El DRIS detectó diferencias en la respuesta de Stoneville 66 a la fertilización fosforada en distintos sitios. El índice de P tuvo una estrecha asociación con el crecimiento en el ensayo de 1998, implantado en suelos con un nivel de P asimilable de entre 8 y 8,5 mg kg⁻¹ (Tabla 1) mientras que en los sitios utilizados en 2000, con niveles de 9,8 a 12,9 mg kg⁻¹ (Tabla 2), dicha asociación resultó más débil.

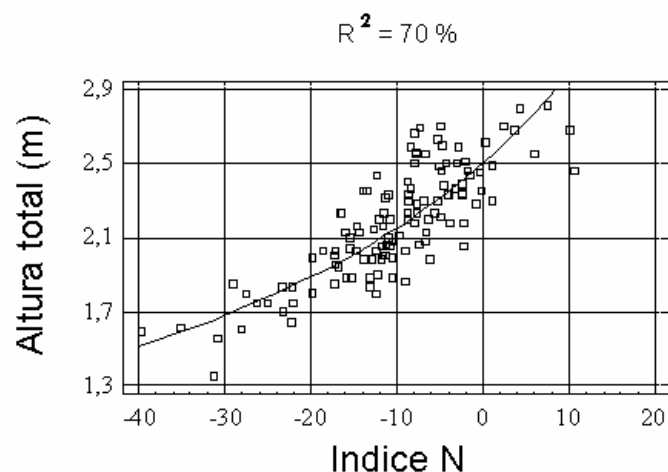


Figura 9. Asociación entre la respuesta de crecimiento en altura y el índice de N calculado por DRIS a partir de muestras de hojas en las parcelas de Stoneville 66 en la temporada 2000-2001.

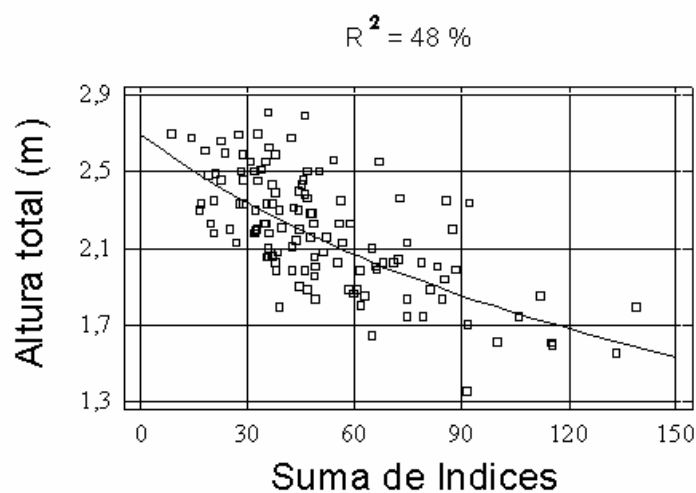


Figura 10. Asociación entre la respuesta de crecimiento en altura y la sumatoria de índices para los elementos N, P, K, Ca y Mg calculado por DRIS a partir de muestras de hojas en las parcelas de Stoneville 66 en la temporada 2000-2001.

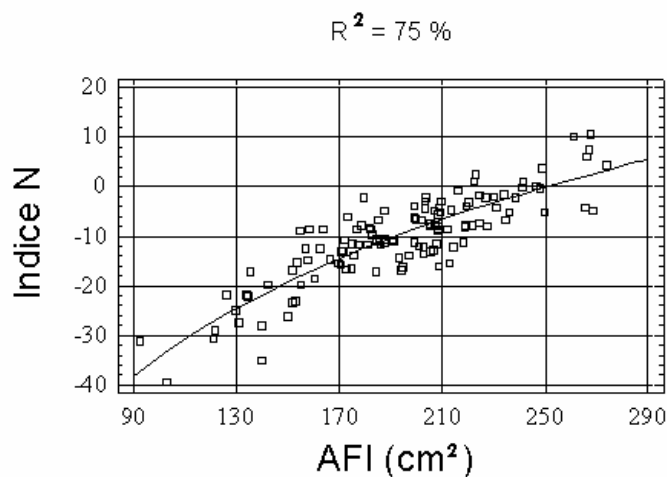


Figura 11. Asociación entre el índice de N calculado por DRIS y el área foliar individual (AFI) de las parcelas de Stoneville 66 en la temporada 2000-2001.

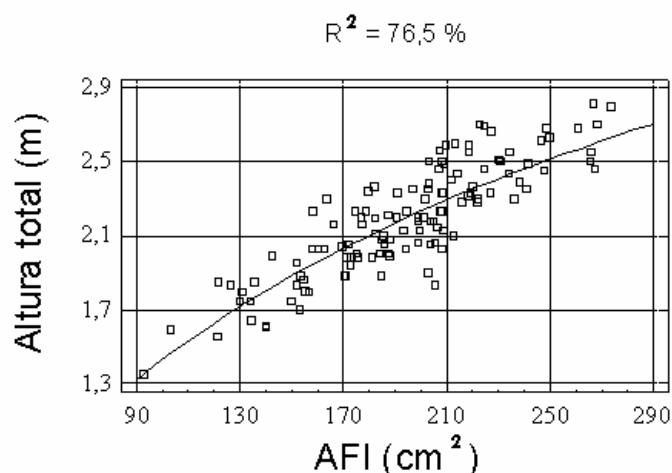


Figura 12. Asociación entre la respuesta de crecimiento en altura y el área foliar individual (AFI) de las parcelas de Stoneville 66 en la temporada 2000-2001.

- * El análisis con DRIS fue coincidente con el patrón de respuestas a la fertilización detectado mediante los ANOVA y las mediciones de área foliar individual (AFI).*
- * El AFI puede ser útil como técnica complementaria de bajo costo para realizar monitoreos nutricionales junto con DRIS.*

Consideraciones finales

Las experiencias realizadas han permitido comprobar que en los sitios estudiados los álamos responden a la fertilización localizada de arranque con N, P y K, y que esta práctica resulta promisorio para mejorar el establecimiento de las plantaciones. Los análisis del estado nutricional con DRIS confirmaron los resultados de los ensayos, en donde se destaca la importancia que el N tiene en el crecimiento inicial de este cultivo.

Para poder hacer un uso eficiente de la fertilización de arranque, los productores de álamo necesitan contar con un programa de manejo de la nutrición que les permita tomar decisiones sobre cuáles son las prácticas más adecuadas para cada unidad de manejo y objetivo productivo. Los resultados expuestos constituyen etapas iniciales tendientes a la construcción de un programa de manejo. Los ensayos se deberán repetir en el futuro bajo distintas calidades de sitio, para obtener en forma progresiva correlaciones entre las variables edáficas, los tratamientos de fertilización y los rendimientos observados, que permiten predecir respuestas y rentabilidades para las distintas alternativas. Lo expuesto anteriormente, sumado a la puesta a punto de metodologías de diagnóstico y monitoreo nutricional, permitirá que los productores incorporen en forma efectiva a la fertilización de arranque entre sus prácticas silvícolas.

Agradecimientos

- * A Papel Prensa S. A. por la colaboración prestada.
- * A INPOFOS Cono Sur por brindarnos la posibilidad de difundir nuestras actividades.

Bibliografía citada

- Achinelli, F. G.; Acciaresi, H. A y Marlats, R. M.** 2001. Leaf characteristics, light interception and productivity of newly planted *Populus deltoides* cuttings under different integrated weed control schedules in an ex-agricultural site in Buenos Aires Province, Argentina. Actas de la Conferencia de Brighton, Consejo Británico de Protección de Cultivos, Reino Unido, Noviembre 2001. Volumen 1, pp. 305-308.
- Achinelli, F. G.; Baridón, E.; Coleman, M.; Francisco, M.; Aparicio, A. y Marlats, R.** 2003. Estado nutricional y respuesta a la fertilización localizada en *Populus*. Resumen aceptado para su publicación en el XII Congreso Forestal Mundial 2003, Québec, Canada.
- Baridón, E.; Achinelli, F. G.; Francisco, M. A.; Fernández, N. y Marlats, R. M.** 2002. Efectos de la fertilización localizada sobre el establecimiento de dos clones de *Populus* sp.. Actas del XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, p. 46 . Puerto Madryn, Chubut, Abril de 2002.
- Harrington, C. A. ; Radwan, M. A. and DeBell, D. S.** 1997. Leaf characteristics reflect growth rates of 2-year-old *Populus* trees. Canadian Journal of Forest Research 27: 1321-1325.
- Heilman, P. E.; Hinckley, T. M.; Roberts, D. A. and Ceulemans, R.** 1996. Production physiology. In Biology of *Populus* and its implications for management and conservation. Part II, Chapter 18. Edited by Stettler, R. F.; Bradshaw Jr., H. D.; Heilman, P. E. and Hinckley, T. M.. NRC Research Press, Canada, Ottawa ON. pp. 459- 489.
- Leech, R. H. and Kim, Y. T.** 1981. Foliar analysis and DRIS as a guide to fertilizer amendments in poplar plantations. The Forestry Chronicle, 57: 17-21.
- Marschner, H.** 1998. Mineral nutrition of higher plants. Second Edition. Academic Press, London, 889 pp.
- SAGPyA** 2001. Argentina – Inventario Nacional de Plantaciones forestales, 63 pp.
- Stanturf, J.A.; van Oosten, C.; Netzer, D. A.; Coleman, M. D. and Portwood, C. J.** 2001. Ecology and silviculture of poplar plantations. Poplar Culture in North America. Part A, Chapter 5. Edited by Dickmann, D. I.; Isebrands, J. G.; Eckenwalder, J. E. and Richardson, J. NRC Research Press, National Research Council of Canada, Ottawa, Canada. pp. 153-206.