

## EFFECTO DEL COMPOST DE BIOSÓLIDOS EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTINES DE *Austrocedrus chilensis* (CIPRÉS DE LA CORDILLERA)

GUSTAVO BASIL<sup>1</sup>; MARÍA JULIA MAZZARINO<sup>2,3</sup>; LUCÍA ROSELLI<sup>3</sup> & FEDERICO LETOURNEAU<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Forestal Gral. San Martín, EEA INTA Bariloche. Casilla Correo 26, 8430-El Bolsón, RN, Argentina. Correo electrónico: gbasil@bariloche.inta.gov.ar

<sup>2</sup>CONICET <sup>3</sup>CRUB-Universidad Nacional del Comahue, Quintral 1250, 8400-Bariloche, RN, Argentina. Correo electrónico: suelos@crub.uncoma.edu.ar

Recibido: 16-10-08

Aceptado: 27-03-09

### RESUMEN

La utilización de compost de residuos urbanos como sustrato en contenedores es una alternativa interesante a nivel económico y ambiental, dado que reduciría el uso de turba y «tierra negra» en la producción de plantines, y la disposición de residuos en vertederos. En el presente trabajo se estudió el efecto de 0, 30 y 50% de compost de biosólidos en el crecimiento inicial (primer año) de ciprés de la cordillera, y el efecto durante los dos años siguientes de un tratamiento único con 50% de compost en el crecimiento posterior y el estado nutricional de los plantines. Se determinó diámetro y altura a 18, 25 y 37 meses, biomasa aérea y radicular a 25 y 37 meses, y concentración foliar de C, N, P, K, Ca y Mg a 37 meses. A pesar de que los tres tratamientos iniciales fueron homogeneizados al año en un único tratamiento con 50% de compost, se encontraron diferencias significativas de diámetro, altura y biomasa aérea y radicular entre los tratamientos originales en todas las fechas analizadas, correspondiendo los mayores valores a los tratamientos con compost. Al finalizar el ensayo, las concentraciones foliares de nutrientes fueron muy similares en todos los plantines, excepto Mg que fue mayor en el tratamiento original con 50% de compost. Los resultados muestran la importancia de los primeros meses de crecimiento en el desarrollo posterior de los plantines de ciprés y el valor potencial de los compost de biosólidos como sustrato para la producción de esta especie en contenedores.

**Palabras clave.** Residuos urbanos, sustrato, plantines forestales, región Andino-Patagónica.

### EFFECT OF BIOSOLIDS COMPOST ON SEEDLING PRODUCTION OF *Austrocedrus chilensis* (CIPRÉS DE LA CORDILLERA)

#### ABSTRACT

Using composts of urban waste, including biosolids, as substrates for containerized plant production is a sound economic and environmental alternative, since it could reduce the use of peat- and «black earth»-based media, and the disposal of organic wastes in landfills. The objectives of this work were to study the effect of 0, 30 and 50% biosolids compost on the initial growth (first year) of cypress (*Austrocedrus chilensis* D. Don), and the effect during the subsequent two years of a unique treatment with 50% compost on the posterior growth and nutritional status of the seedlings. Diameter and height were measured after 18, 25 and 37 months, shoot and root biomass after 25 and 37 months, and the foliar concentrations of C, N, P, K, Ca and Mg after 37 months. Although all initial treatments were treated with 50% compost after one year, significant differences of diameter, height, and biomass of shoots and roots were found among the original treatments in all analyzed dates, values being higher in the compost treatments. At the end of the experiment, foliar nutrient concentrations were similar, except for Mg that was higher in the original treatment with 50% compost. Results show the importance of the initial growth on the posterior development of cypress seedlings, and the potential value of biosolids compost as a substrate for the containerized production of this species.

**Key words.** Urban waste, substrate, forest seedlings, Andean-Patagonian region.

### INTRODUCCIÓN

En la región Andino-Patagónica de Argentina los incendios afectan anualmente grandes áreas de bosques, pastizales y matorrales. Así, por ejemplo, en el período 1993-1999 se quemaron aproximadamente 58.000 ha de bosques nativos en las provincias de Río Negro y Chubut (SDSyPA, 2000). El bosque de *Austrocedrus chilensis* (ciprés de la cordillera) es uno de los tipos forestales más

afectados, por formar parte de áreas periurbanas donde se concentra la mayor frecuencia de focos de incendio (Mermoz *et al.*, 2005). Para la recuperación de las áreas afectadas se requiere desarrollar tanto técnicas de plantación como de producción en viveros. En relación a esto último, diversos autores (Burdett, 1990; Rose *et al.*, 1990) describen las características que deberían reunir en general los plantines forestales para ser exitosos en tér-

minos competitivos y las condiciones de producción para alcanzar dichas características. Uno de los aspectos más importantes es la adecuada nutrición de los plantines desde los primeros estadios de crecimiento. Las deficiencias en esta nutrición temprana pueden afectar marcadamente la sobrevivencia a campo, dado que después del trasplante el desarrollo de raíces es lento, la absorción de nutrientes desde el suelo es limitada y el crecimiento depende de la translocación de las reservas internas de nutrientes (Salifu & Timmer, 2001).

La mayoría de la información sobre producción de plantines en viveros de la región Andino-Patagónica ha sido desarrollada para especies exóticas de coníferas (Basil *et al.*, 2002; Pellegrini & Fariña, 2001; Lavado & Mazzarino, 2005), existiendo a la fecha escasos trabajos publicados para especies nativas y ciprés en particular (Enricci *et al.*, 2001).

Una práctica creciente a nivel mundial es la utilización como sustrato para la producción en viveros, de compost producidos a partir de residuos de origen urbano, tanto lodos cloacales como residuos sólidos domiciliarios (Hicklenton *et al.*, 2001; Zubillaga & Lavado, 2001; Wilson *et al.*, 2002; Ostos *et al.*, 2008). El uso de este tipo de compost a nivel regional puede ser importante para la producción forestal, dado que aumenta la disponibilidad local de material para sustratos. También constituye una alternativa interesante desde el punto de vista ambiental, ya que implica la transformación de residuos en un recurso agrícola-forestal, evita el robo de «tierra negra» de mallines y bosques de la región, y reduce el uso de turba, recurso natural de renovación lenta (Guérin *et al.*, 2001; Laos *et al.*, 2002; Ostos *et al.*, 2008). El compostaje es un proceso biooxidativo controlado que involucra diferentes etapas (mesofílica, termofílica y maduración) y finaliza en la producción de materia orgánica estabilizada y de minerales (Zucconi & de Bertoldi, 1987). El principal valor de los compost está en su calidad como enmienda orgánica, o sea, el aporte de materia orgánica que contribuye a recuperar o mejorar la estructura y capacidad de almacenamiento de agua y nutrientes del suelo (Cooperband, 2000). Además, pueden actuar como fertilizantes aportando nutrientes directamente disponibles para las plantas o por mineralización de compuestos orgánicos. En general, la principal desventaja de estos productos es la presencia de sales solubles (alta conductividad eléctrica) que limita la proporción en que pueden ser utilizados en mezclas para sustratos (Fitzpatrick, 2001; Zubillaga & Lavado, 2001).

Desde 1997, en S.C. de Bariloche se producen compost de biosólidos en un emprendimiento de la Cooperativa de Electricidad Bariloche, con controles de proceso y calidad del producto final a cargo del Grupo de Suelos

del CRUB (Universidad Nacional del Comahue). Los compost se obtienen a partir de lodos cloacales (definidos como «biosólidos» cuando no presentan limitaciones para su aplicación al suelo; NEBRA, 2005) mezclados con viruta y chip de poda, que actúan como agentes estructurantes. Las características del compost y su capacidad de liberar nutrientes ha sido informada en diversos trabajos (Laos *et al.*, 2000, 2002; Mazzarino *et al.*, 2004; Kowal-jow & Mazzarino, 2007).

Si bien los compost de residuos urbanos se están utilizando a nivel mundial como enmiendas o fertilizantes orgánicos para la producción en almácigos de plantas ornamentales, hortícolas y forestales, existe poca información sobre el uso como sustrato para la producción en contenedores, y aún menos para arbustivas y arbóreas nativas (Wilson *et al.*, 2002). En el Hemisferio Norte, los programas nacionales e internacionales de revegetación y reforestación de tierras abandonadas o degradadas, están creando una fuerte presión sobre los viveros para la producción masiva de plantines de especies nativas, lo que está conduciendo a una intensa investigación sobre la producción de sustratos de bajo costo y fácilmente disponibles a nivel local; esto a su vez reduciría la sobreexplotación de turberas, que se está tratando de limitar dentro de las políticas de protección de humedales (Guérin *et al.*, 2001; Ostos *et al.*, 2008). De manera similar, la recuperación de bosques de ciprés disturbados por incendios en la región Andino-Patagónica requiere una disponibilidad de plantines que no se cubre con la oferta actual, y los compost de origen urbano existentes en la región podrían ser utilizados para aumentar la producción en viveros.

El objetivo principal del presente trabajo fue evaluar la calidad del compost de biosólidos como sustrato de plantines de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis* D. Don). Se estudió el efecto de 0, 30 y 50% de compost de biosólidos en el crecimiento inicial (primer año) de ciprés de la cordillera, y el efecto durante los dos años siguientes de un tratamiento único con 50% de compost en el crecimiento posterior y el estado nutricional de los plantines. Como indicadores de crecimiento y estado nutricional se determinó: (i) diámetro, altura y biomasa aérea y radicular de plantines en 2-3 fechas durante un período total de 37 meses, y (ii) concentración foliar de C y nutrientes (N, P, K, Ca y Mg) al final del ensayo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las características del suelo y compost utilizados se presentan en la Tabla 1. En ambos se determinó N total por semi-micro Kjeldahl, y P extractable en bicarbonato de Na (P-Olsen) en relación 1:20 (suelo) y 1:100 (compost) y determinación posterior

Tabla 1. Características del suelo y compost utilizados en mezclas como sustrato (n=3).

Table 1. Characteristics of soil and compost employed in mixtures as substrate (n=3).

Suelo		Compost de biosólidos	
pH agua (1:2,5)	6,6	pH agua (1:5)	6,0
CE (1:5) (dS m <sup>-1</sup> )	0,04	CE (1:10) (dS m <sup>-1</sup> )	1,2
C org. (%)	3,8	C org. (%)	26,0
N total (%)	0,30	N total (%)	1,8
P extr. (mg kg <sup>-1</sup> )	4,8	P extr. (mg kg <sup>-1</sup> )	1.600
P total (%)	-	P total (%)	1,3
Ca inter. (cmol kg <sup>-1</sup> )	13,2	Ca total (%)	1,4
Mg inter. (cmol kg <sup>-1</sup> )	3,2	Mg total (%)	0,60
K inter. (cmol kg <sup>-1</sup> )	0,5	K total (%)	0,34
Humedad (%)	35	Humedad (%)	50
Densidad (g cm <sup>-3</sup> )	0,85	Densidad (g cm <sup>-3</sup> )	0,50

con molibdato-ascórbico. En el suelo se analizó C orgánico por digestión con dicromato de potasio en medio ácido, y cationes de intercambio por el método del acetato de amonio y determinación por absorción atómica. En el compost se determinó C orgánico en mufla a 550 °C (C = materia orgánica/1,8) y nutrientes totales por extracción de las cenizas con HCl concentrado y análisis por absorción atómica. El suelo es de origen volcánico (pH en NaF >9,2). Los métodos utilizados se describen detalladamente en Laos *et al.* (2000, 2002) y Kowaljow & Mazzarino (2007).

En la primer etapa del ensayo se utilizaron como sustrato mezclas de suelo y arena con 0, 30 y 50% de compost de biosólidos en volumen (Tabla 2). Considerando un valor aproximado para la arena de 1,7 g cm<sup>-3</sup> de densidad aparente y 5% de humedad, y los valores de la Tabla 2 para compost y suelo, el porcentaje de compost en peso seco fue equivalente a 0, 12,5 y 27% y el de suelo fue: 43, 39 y 41 por ciento.

La siembra se realizó en el mes de agosto del primer año en bandejas tipo Hiko V50, en tubetes de 50 cm<sup>3</sup> con aberturas laterales. Se sembraron 3 semillas por tubete que se ralearon a 1 plántula por tubete a los 30 días; las bandejas se mantuvieron en invernadero. En la primavera siguiente (septiembre), los plantines se trasplantaron a macetas de polietileno negro de 1 L, utilizando en todos los casos 50% de compost (más 40% de tierra y 10% de

arena); las macetas se mantuvieron en invernáculo. A los 25 meses las macetas se trasladaron a la intemperie bajo media sombra. Desde el momento de la siembra, se utilizó riego por aspersión.

A los 18, 25 y 37 meses de iniciado el ensayo se midió diámetro y altura, y a los 25 y 37 meses, biomasa aérea y radicular en 30 plantines por tratamiento original. A los 37 meses se analizó la concentración foliar de C, N, P, Ca, Mg y K en 3 muestras por tratamiento original. Cada muestra estaba compuesta por 3 submuestras de 3 plantines.

La biomasa aérea y radicular se determinó como peso seco a 60 °C. Los nutrientes se determinaron en tejido foliar finamente molido, C y N con un analizador elemental (Soil Analyzer, Flash1112, ThermoFinnegan) y P, K, Ca y Mg por combustión en mufla a 550 °C, extracción de cenizas con HCl concentrado y determinación de P por el método del molibdato-ascórbico y cationes por absorción atómica (Richards, 1993). Para analizar la significancia de la diferencia entre medias de las variables medidas se utilizó análisis de varianza (Anova), seguido de un test de LSD.

**RESULTADOS**

A pesar de que los tres tratamientos iniciales (0, 30 y 50% de compost) fueron homogeneizados al año en un único tratamiento con 50% de compost, en las tres fechas analizadas a posteriori, se encontraron diferencias significativas de diámetro y altura entre los tratamientos originales: los valores fueron siempre mayores con ambas proporciones de compost que en el control (Fig. 1). En la primera fecha de muestreo (18 meses), también se encontraron diferencias significativas de diámetro entre las dos proporciones de compost, correspondiendo los mayores valores al tratamiento con 50% de compost.

De manera similar a los resultados de diámetro y altura, en las dos fechas analizadas las biomásas aérea y radicular fueron significativamente mayores en los trata-

Tabla 2. Proporción en volumen de compost de biosólidos, suelo y arena en los tratamientos iniciales.

Table 2. Percentage (v/v) of biosolids compost, soil and sand in the initial treatments.

Tratamientos	Compost	Suelo		Arena
		(% )		
0	-	70	30	
30	30	50	20	
50	50	40	10	

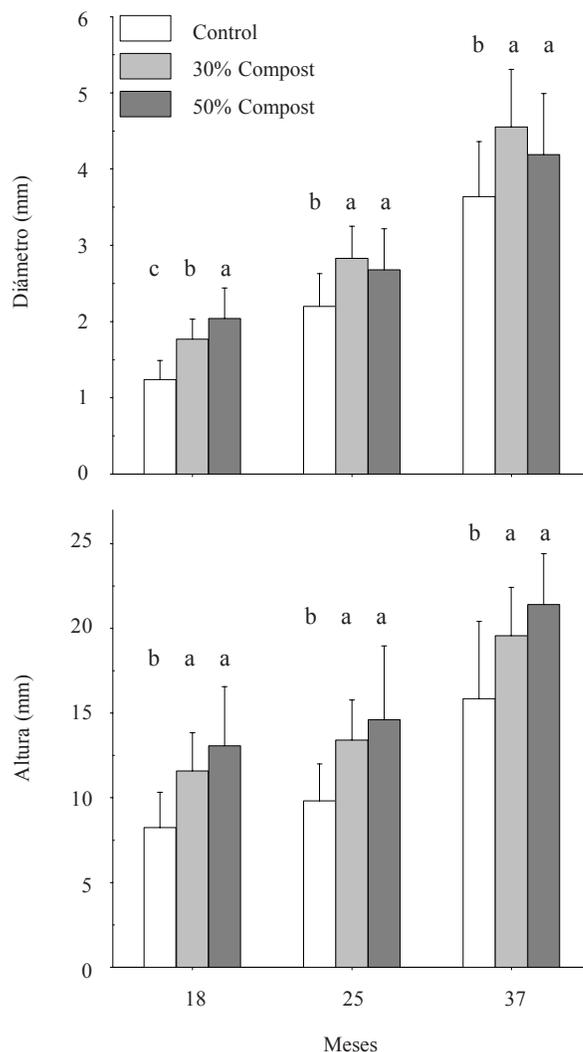


Figura 1. Altura y diámetro de los plantines de ciprés en tres fechas de medición. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para la misma fecha. Las barras finas indican desvío estandar ( $n = 30$ ).

Figure 1. Height and diameter of cypress seedling at three sampling dates. Different letters for the same date indicate significant differences for  $p < 0,05$  ( $n = 30$ ). Fine bars indicate standard deviation.

mientos originales con compost que en el control (Fig. 2). Al cumplirse 25 meses del ensayo, los valores de biomasa aérea y radicular fueron 2 veces mayores con compost que en el control; este efecto disminuyó ligeramente en el tiempo y a los 37 meses fue 1,4-1,6 veces mayor que en el control. A pesar de las diferencias entre tratamientos originales con y sin compost, la relación tallo/raíz fue muy similar para los tres tratamientos en cada fecha y disminuyó de 1,95-2,19 a los 25 meses a 1,29-1,36 a los 37 meses.

Al finalizar el ensayo, no se encontraron diferencias de concentración de nutrientes en el tejido foliar excepto para Mg, que fue mayor en el tratamiento original con 50% de compost (Tabla 3).

## DISCUSIÓN

Los resultados del presente trabajo indican que el uso de un porcentaje de compost de biosólidos entre 30 y 50%

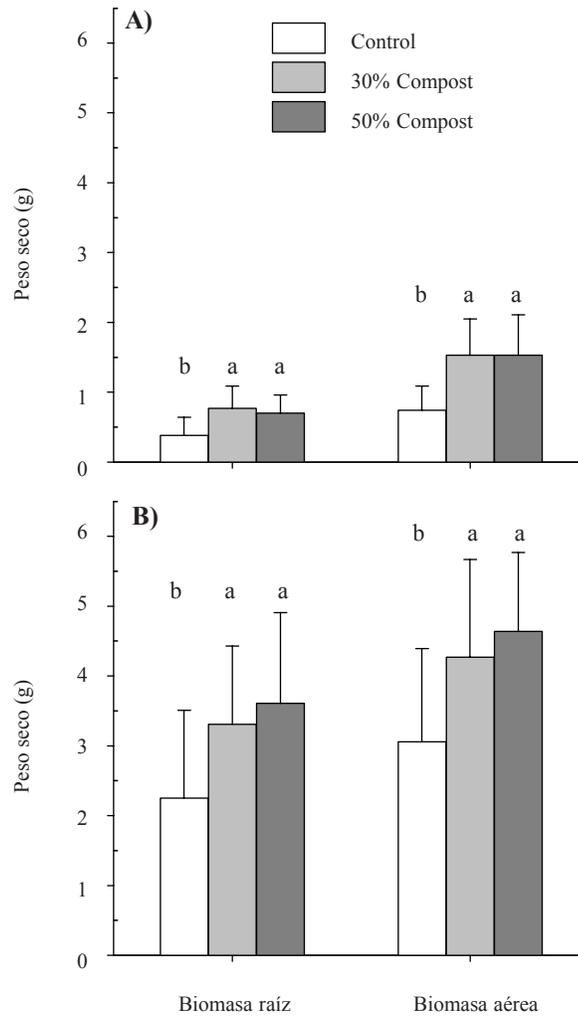


Figura 2. Biomasa aérea y radicular de los plantines de ciprés a los 25 meses (A) y 37 meses (B). Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para la misma fecha. Las barras finas indican desvío estándar (n = 30).

Figure 2. Shoot and root biomass of cypress seedlings at 25 months (A) and 37 months (B). Different letters for the same date indicate significant differences for  $p < 0,05$  (n = 30). Fine bars indicate standard deviation.

Tabla 3. Concentración foliar de nutrientes a los 37 meses de acuerdo a los tratamientos iniciales. Valores medios (n = 3) ± desvío standard. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos.

Table 3. Foliar nutrient concentration at 37 months according to initial treatments. Mean values (n = 3) ± standard deviation. Different letters indicate significant differences among treatments.

Nutrientes(%)	Control	30% Compost	50% Compost
C	51,5 ± 0,4a	51,6 ± 0,2a	52,0 ± 0,3a
N	1,17 ± 0,15a	1,05 ± 0,05a	1,19 ± 0,10a
P	0,39 ± 0,04a	0,39 ± 0,03a	0,46 ± 0,04a
Ca	0,95 ± 0,11a	0,99 ± 0,10a	1,00 ± 0,08a
K	0,82 ± 0,04a	0,91 ± 0,04a	1,03 ± 0,14a
Mg	0,17 ± 0,01b	0,19 ± 0,02b	0,24 ± 0,02a

en volumen acelera significativamente el crecimiento de los plantines de ciprés respecto a un sustrato control de suelo volcánico y arena. En general, las principales limitaciones del uso de compost en viveros se refieren a un alto contenido de sales, que muchas veces es transitorio dado que se lavan con el riego, a la presencia de sustancias fitotóxicas asociadas a inmadurez del material y a la compactación en el tiempo (Fitzpatrick, 2001; Hicklenton *et al.*, 2001). Si bien la salinidad del compost de biosólidos utilizado en este trabajo es alta respecto al sustrato control, no presentó limitaciones para su uso en la producción de plantines de ciprés a las proporciones utilizadas. Resultados similares han sido obtenidos por Ostos *et al.* (2008) en España trabajando con 40% en volumen de compost de biosólidos en la producción de una arbustiva nativa. En general, se recomienda una proporción de compost < 50% en volumen para disminuir el riesgo de salinidad y de compactación (Raymond *et al.*, 1998; Prasad & Maher, 2001; Zubillaga & Lavado, 2001), si bien algunos autores han encontrado que en el caso específico de los compost de biosólidos con chip de poda se pueden utilizar proporciones mayores (Fitzpatrick & Verkade, 1991; Wilson *et al.*, 2002).

Un aspecto importante de los resultados obtenidos en el presente trabajo es que no sólo aumentó la altura, diámetro y biomasa aérea en los tratamientos con compost, sino también la biomasa de raíces. Si bien la relación tallo/raíz depende en primer lugar de las especies, en general, es mayor a mayor fertilidad de suelos o sustrato (Lambers *et al.*, 1998), lo que aumenta el riesgo de fallas en el trasplante a campo, especialmente cuando se hace sin riego como es la práctica habitual en la región Andino-Patagónica. En el presente trabajo, la relación tallo/raíz fue muy similar en todos los tratamientos, indicando que el equilibrio funcional entre ambas partes no fue alterado por el agregado de compost respecto a la producción habitual en el suelo local.

Los resultados también indican que a pesar de que los plantines fueron repicados a macetas con igual porcentaje de compost (50%) al finalizar el primer año, y la concentración de nutrientes dos años después fue similar en todos los plantines, la diferencia de tamaño entre los tratamientos originales (0, 30 y 50% de compost) se mantuvo, marcando la importancia de los primeros meses de crecimiento, y la baja capacidad de recuperación de esta especie en el tiempo.

En conclusión, el uso de compost de biosólidos en la producción de plantines de ciprés de la cordillera es una alternativa interesante porque es un sustrato de bajo costo y sin limitaciones de explotación respecto a otros como la turba, evita el uso y robo de «tierra negra» y promueve el reciclaje de residuos orgánicos de la región. Una eva-

luación definitiva requiere una comparación exhaustiva con otros tipos de sustratos y ensayos de sobrevivencia a campo.

## AGRADECIMIENTOS

A la Cooperativa de Electricidad Bariloche por facilitar el compost utilizado en este ensayo, a P. Satti por corrección y comentarios, y a la Asoc. Coop. INTA-Bariloche y al proyecto PME 2003/03 (ANPCyT) por fondos y equipamiento.

## REFERENCIAS

- Basil, G; M Leanza; MJ Mazzarino; L Roselli; L Lugano & L Tejera. 2002. Nutrición de plantines de coníferas en viveros del NO de la Patagonia argentina. *Infor. Agronómicas Cono Sur* 15: 12-15.
- Burdett, AN. 1990. Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for forest planting stock. *Can. J. For. Res.* 20: 415-427.
- Cooperband, LR. 2000. Sustainable land management of by-products. *In: J Powers et al. (eds.)*. Land Application of Agricultural, Industrial and Municipal By-Products. SSSA Book Series No. 6. Madison, WI. 215-235 pp.
- Enricci, J; G Alday & D Massone. 2001. Producción de plantines en contenedores. VI Jornadas Técnicas de Viveristas Forestales de la Patagonia. Esquel, Chubut. INTA-CIEFAP-UNPat-Municipalidad de Esquel.
- Fitzpatrick, GE. 2001. Compost utilization in ornamental and nursery crop production systems. *In: PJ Stoffella & BA Kahn (eds.)*. Compost utilization in horticultural cropping systems. Lewis Publ., Boca Raton, FL. 135-150 pp.
- Fitzpatrick, GE & SD Verkade. 1991. Substrate influence on compost efficacy as a nursery growing medium. *Proc. Florida State Hort. Soc.* 104: 308-310.
- Guérin, V; F Lemaire; O Marfá; R Cáceres & F Giuffrida. 2001. Growth of *Viburnum tinus* in peat-based and peat-substitute growing media. *Sci. Hort.* 89: 129-142.
- Hicklenton, PR; V Rodd & PR Warman. 2001. The effectiveness and consistency of source-separated municipal solid waste and bark compost as components of container growing media. *Sci. Hort.* 91: 365-378.
- Kowaljow, E & MJ Mazzarino. 2007. Soil restoration in semiarid Patagonia: Chemical and biological response to different compost quality. *Soil Biol. Biochem.* 39: 1580-1588.
- Lambers, H; FS Chapin III & TL Pons. 1998. Plant Physiological Ecology. Springer Verlag, New York.
- Laos, F; P Satti; I Walter; MJ Mazzarino & S Moyano. 2000. Nutrient availability of composted and noncomposted residues in a Patagonian Xeric Mollisol. *Biol. Fert. Soils* 31: 462-469.
- Laos, F; MJ Mazzarino; I Walter; L Roselli; P Satti & S Moyano. 2002. Composting of fish offal and biosolids in northwestern Patagonia. *Bioresour. Technol.* 81: 179-186.

- Lavado, R & MJ Mazzarino. 2005. Fertilización de Forestales. Pp. 445-454. *En: HE Echeverría & FO García (eds.). Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. INPOFOS-INTA, Argentina.*
- Mazzarino, MJ; P Satti; S Moyano & F Laos. 2004. Compost de biosólidos: efecto del tamizado en la inmovilización de N del suelo. *Ciencia del Suelo* 22: 19-26.
- Mermoz, M; T Kitzberger & T Veblen. 2005. Landscape influences on occurrence and spread of wildfires in Patagonian forests and shrublands. *Ecology* 86: 2705-2715
- NEBRA (New England Biosolids and Residuals Association). 2005. Information Update: Official Usage of the Term «Biosolids». 5 pp. ([www.nebiosolids.org](http://www.nebiosolids.org))
- Ostos, JC; R López-Garrido; JM Murillo & R López. 2008. Substitution of peat for municipal solid waste- and sewage sludge-based compost in nursery growing media: Effects on growth and nutrition of the native shrub *Pistacia lentiscus* L. *Bioresour. Technol.* 99: 1793-1800.
- Pellegrini, V & M Fariña. 2001. Supervivencia y crecimiento de tres tipos de plantines de pino ponderosa. VI Jornadas Técnicas de Viveristas Forestales de la Patagonia. Esquel, Chubut. INTA-CIEFAP-UNPat- Municipalidad de Esquel.
- Prasad, M & MJ Maher. 2001. The use of composted green waste (CGW) as a growing medium component. *Acta Hort.* 549: 107-113
- Raymond, DA; C Chong & RP Voroney. 1998. Response of four container grown woody ornamentals to immature composted media derived from waxed corrugated cardboard. *Compost Sci. Util.* 6: 67-74.
- Richards, JE. 1993. Chemical characterization of plant tissue. Pp. 115-139. *En: MR Carter (ed.). Soil Sampling and Methods of Analysis. Can. Soc. Soil Sci., Lewis Publ., Boca Raton, FL.*
- Rose, R; WC Carlson & P Morgan. 1990. The Target Seedling Concept. Pp. 1-8. *In: R Rose, et al. (eds.). Target Seedling Symposium. Proc. Combined Meetings of the Western For. Nursery Assoc. & Rocky Mountain Forest and Range Exper. Station. General Techn. Rep. RM-200. Fort Collins, CO.*
- Salifu, KF & VR Timmer. 2001. Nutrient retranslocation response of *Picea mariana* seedlings to nitrogen supply. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65: 905-913.
- SDSyPA (Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental). 2000. Series Estadísticas Forestales 1993-1999. Dirección de Recursos Forestales Nativos, Depto. de Estadística Forestal, Buenos Aires.
- Wilson, SB; PJ Stoffella & DA Graetz. 2002. Development of compost-based media for containerized perennials. *Sci. Hortic.* 93: 311-320.
- Zubillaga, MS & RS Lavado. 2001. Biosolids compost as component of potting media for bedding plants. *Gartenbauwissenschaft* 66: 304-309.
- Zucconi, F & M de Bertoldi. 1987. Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste. *In: M de Bertoldi; MP Ferranti; P L'Hermite; F Zucconi (eds.). Compost: Production, Quality and Use. Elsevier Applied Science, Essex. 30-50 pp.*