

EFFECTO DE COMPOST DE GUANO AVÍCOLA EN LA PRODUCCIÓN DE CLONES HÍBRIDOS DE *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis*

LEONARDO FABIAN SALLESSES^{1*}; PEDRO FEDERICO RIZZO²; NICOLAS RIERA²; VIRGINIA DELLA TORRE²; DIANA ELVIRA CRESPO² & PABLO SANTIAGO PATHAUER³

Recibido: 06-05-15

Recibido con revisiones: 20-06-15

Aceptado: 27-06-15

RESUMEN

En silvicultura clonal, a fin de dar respuesta a situaciones de sitio o mercado específicas, es habitual la utilización de híbridos interespecíficos. La propagación vegetativa de estos materiales depende de la capacidad genética de enraizar y las condiciones ambientales. Entre estas últimas el sustrato es importante, permitiendo el crecimiento y anclaje de las raíces, aporte de nutrientes, agua y oxigenación. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la aptitud del compost de residuos avícolas como componente de sustratos para la producción de clones híbridos de *Eucalyptus*.

Se evaluaron tres sustratos con distinto contenido de compost (relación 1:1, v v⁻¹): T1: 50% compost + 50% chip de poda; T2: 50% compost + 50% corteza de pino compostada, T3: 100% compost y T4: turba de musgo *Sphagnum*, perlita y corteza de pino compostada en relación 1:1:1. Las estacas se trataron con ácido indol butírico (IBA) 3000 ppm. El ensayo se alojó en un invernáculo en condiciones controladas de temperatura y humedad y no fue fertilizado. Se analizaron las variables: supervivencia en invernáculo, en umbráculo y total, longitud del brote, número de hojas, diámetro del brote (DB), número de hojas, número de raíces, peso seco radical (PSR), peso seco parte aérea (PSA), peso seco total (PST), relación PSA/PSR, Índice de esbeltez de Schimdt (IES) e Índice de calidad de Dickson (ICD). No se encontraron diferencias significativas entre T3 y T4 para los porcentajes de supervivencia en invernáculo, umbráculo ni general. Para las variables Longitud del brote, PSA, PSR, PST, ICD e IES se observó un desempeño significativamente mayor con T3. Los resultados indican que es posible la macropropagación de estos genotipos utilizando como sustrato compost de guano de gallinas ponedoras 100%, obteniéndose, además, plantines de mayor calidad.

Palabras clave. Residuos pecuarios, calidad de plantín forestal, sustrato.

EFFECT OF POULTRY MANURE COMPOST IN THE PRODUCTION OF HYBRID CLONES OF *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis*

ABSTRACT

In clonal forestry, in order to respond to specific situations or the market place, it is common to use interspecific hybrids. Vegetative propagation of these materials depends on the genetic ability to root and environmental conditions. Among the latter the substrate is important, allowing growth and root anchorage, supply of nutrients, water and oxygen. The aim of this study was to evaluate the effect of different substrates formulated from composted chicken manure on rooting ability and on the quality of the plant in two hybrid clones of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis*. Three substrates with different content of compost were assessed (v/v ratio of 1:1): T1: 50% compost + 50% pruning chip; T2: 50% compost + 50% composted pine bark, T3: 100% compost and T4: *Sphagnum* peat moss, perlite and composted pine bark in the ratio 1: 1: 1. The stakes were treated with indole butyric acid (IBA) 3000 ppm. The trial was left in a greenhouse under controlled conditions of temperature and humidity and was not fertilized. The following variables were analyzed: survival in greenhouse, shadehouse and total, shoot length, number of leaves, shoot diameter (DB), number of leaves, number of roots, root dry weight (PSR), aerial part dry weight (PSA), total dry weight (PST), relationship PSA / PSR, Schmidt slenderness index (IES) and Dickson quality index (ICD). No significant differences between T3 and T4 were found for survival rates in the greenhouse, shade and total. For variables length outbreak, PSA, PSR, PST, ICD and IES a better performance with T3 was observed. The results indicate that the macropropagation of these genotypes is possible using 100% chicken manure as a substrate, yielding higher quality seedlings.

Key words. livestock waste, forestry seedling quality, substrate.

¹ EEA INTA BALCARCE

² IMyZA INTA CASTELAR

³ IRB INTA CASTELAR

* Autor de contacto: sallesSES.leonardo@inta.gov.ar

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el cultivo del género *Eucalyptus* abarca 6 millones de hectáreas, con *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden liderando la superficie plantada (Marcó, 2005). En nuestro país se cultiva principalmente en la región mesopotámica, siendo *E. grandis* la especie de mayor difusión, con más de 150.000 hectáreas plantadas. Responde a una silvicultura de plantación y de manejo intensivos, combinando complementariamente características deseables en híbridos interespecíficos con *E. camaldulensis* Dehnh (Marcó *et al.*, 2006). *E. grandis* es sensible a eventos abióticos que limitan su cultivo y expansión (Marcó, 2005). López (2011) observó una disminución en el desarrollo de *E. grandis* asociada a suelos con drenaje imperfecto y escurrimiento restringido. *E. camaldulensis* posee amplia variabilidad genética y plasticidad de adaptación a condiciones edafo-climáticas restrictivas (Eldridge *et al.*, 1994). Mediante hibridación inter-específica es posible obtener combinaciones de rasgos de producción y adaptativos que genéticamente no son posibles dentro de una especie (Griffin, 2008). En la EEA INTA Concordia se generaron, a través de un programa de cruzamientos controlados, híbridos interespecíficos de *E. grandis* x *E. camaldulensis* con el propósito de extender la superficie de plantación a zonas cuyas condiciones son desfavorables para el cultivo de *E. grandis*. El vigor híbrido de los materiales seleccionados puede fijarse a través de la silvicultura clonal (Marcó & Harrand, 2005). Un híbrido es operativamente útil solo si su clonación es factible. *E. grandis* y *E. camaldulensis* poseen la ventaja de enraizar con facilidad (Griffin, 2008). No obstante es necesario ajustar una serie de variables intervinientes en la propagación vegetativa de estos materiales, como humedad, temperatura, concentración de promotores de enraizamiento y sustrato, entre otros.

El sustrato es un material que, colocado en un contenedor, permite el anclaje del sistema radicular (Abad *et al.*, 2004). Puede estar formulado por uno o más materiales, debe poseer porosidad y capacidad de retención de agua elevadas, buen drenaje y aireación (Ansorena, 1994).

En la macropropagación de *Eucalyptus* spp. es habitual el uso de diferentes materiales como corteza de pino compostada, turba, perlita y cáscara de arroz quemada entre otros, que puros o mezclados en distintas proporciones, son utilizados como sustratos (Carpineti, 1996). En este sentido, la turba es el componente principal en la formulación de los sustratos forestales (Sánchez-Córdova *et al.*, 2008). La explotación de las turberas tiene impacto nega-

tivo sobre el paisaje, el balance hídrico regional, el balance de carbono mundial y la flora nativa de estos ecosistemas (Zegers *et al.*, 2006; Domínguez *et al.*, 2012).

En paralelo, la intensificación de los sistemas productivos avícolas implica la concentración de animales en áreas reducidas, lo que acarrea como consecuencia la producción de grandes cantidades de guano (Rizzo *et al.*, 2013; Riera *et al.*, 2014). Esto ha generado dificultades ambientales, entre las que podemos citar contaminación de agua, suelo y malos olores (Ko *et al.*, 2008). Los costos de construcción y mantenimiento de los vertederos y los riesgos ambientales que pueden plantear han aumentado el interés de diversos tipos de industrias para estudiar la viabilidad de la aplicación de residuos en la agricultura (Amaral *et al.*, 1996). Las excreciones de aves contienen compuestos orgánicos e inorgánicos. El valor nutritivo de estos residuos es superior al de otras excretas animales, ya que son fundamentalmente ricos en proteínas y minerales (García Yaneisy *et al.*, 2008). Algunas alternativas ambientalmente aceptadas para el procesamiento de residuos avícolas son la digestión anaeróbica y el compostaje (Kelleher *et al.*, 2002; Turan, 2008). En la formulación de sustratos se emplean diferentes porcentajes según las propiedades del compost y la especie a cultivar. Habitualmente suelen tener pH alcalinos y conductividades eléctricas elevadas (Bures, 1997). En los últimos años el uso de compost como sustrato o componente de sustratos ha tenido éxito en todo el mundo como alternativa al empleo del suelo o turba (Chiara & Abad Berjón, 2008). Los efectos del compost de guano avícola en especies florales han sido investigados (Barbaro *et al.*, 2013), no obstante los efectos en la producción de plantines forestales aún no están del todo determinados.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de distintos sustratos formulados con compost de guano de gallinas ponedoras en la capacidad de enraizamiento y la calidad de planta de dos clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Compost evaluado y formulación de sustratos

El compost de guano de gallina (CGG) evaluado fue generado en la planta de tratamiento del Laboratorio de Transformación de Residuos (IMyZA-INTA Castelar). Inicialmente, se prepararon seis pilas de compostaje de 2 m³ cada una, mez-

clando guano de gallinas ponedoras y chip de poda en una relación 70:30 (v v⁻¹). Se utilizó un sistema de aireación pasiva, como método de compostaje, con tubos dispuestos en V dentro de las pilas. Los tubos presentaban perforaciones de 35 mm de diámetro, como recomiendan Ogunwande & Osunado (2011). El proceso de compostaje se prolongó por 92 días, experimentando todas las fases térmicas requeridas para alcanzar la estabilidad biológica del compost. A talefecto se midió la temperatura diariamente y se tomaron muestras al inicio y al final del proceso. Se midió el índice de respirometría estático según Barrena Gómez *et al.* (2005), siendo al final $0,0005 \pm 0,0001 \text{ mg O}_2 \text{ mg MS}^{-1}$.

Los sustratos consistieron en mezclas volumétricas en relación 1:1 de: T1: CGG + chip de poda; T2: CGG + corteza de pino compostada, T3: CGG puro y T4: turba de musgo *Sphagnum*, perlita y corteza de pino compostada en relación 1:1:1. Las variables físico-químicas de caracterización de los sustratos fueron pH, CE, densidad, nitrógeno total, fósforo soluble y potasio total se midieron según Métodos de prueba para el examen de compostaje y compost TMECC (2001) (Tabla 1).

Valoración forestal del compost de guano de gallinas ponedoras

El presente trabajo se desarrolló en el Laboratorio de Bosques Cultivados perteneciente al Instituto de Recursos Biológicos

cos-Centro de Investigación en Recursos Naturales (IRB-CIRN) del INTA Castelar. El ensayo se emplazó siguiendo un diseño factorial compuesto por 2 niveles genéticos (clones) y 4 niveles de sustratos, completamente aleatorizado, con 3 repeticiones. Las parcelas contenían 42 estacas en 3 líneas dentro de bandejas porta tubetes Dassplastic® A126CP (532 plantas m⁻²) y se colocaron en invernáculo de propagación con condiciones de humedad (HR > 75%) y temperatura controladas (T < 32 °C). El riego se realizó con aspersores que erogaron 7 L h⁻¹ de caudal. El ensayo se dividió en 3 etapas: la primera en invernadero, con condiciones controladas de humedad y temperatura, por un lapso de 30 días, la segunda, a continuación de ésta, en un umbráculo de polietileno con media sombra 80%, sin sistema de humidificación y con riego automático por aspersión por 30 días y la última en vivero con media sombra de 60% por 30 días, dando por concluido el ensayo una vez finalizada la etapa de vivero. En las 3 etapas se mantuvo la disposición de los bloques y parcelas dentro de ellos, a los fines de facilitar tareas operativas de mantenimiento.

El material vegetal utilizado para el ensayo corresponde a clones híbridos de *E. grandis* x *E. camaldulensis* logrados en la EEA INTA Concordia.

De las plantas madres donantes de explantos, las cuales se ubican en un jardín clonal bajo cobertura de polietileno en el IRB y dispuestas en tubetones de 3750 cm³ de capacidad con

Tabla 1. Caracterización inicial y final de los sustratos evaluados.

Table 1. Initial and final characterization of tested substrates.

Muestra Inicio	pH	CE (mS cm ⁻¹)	Densidad (g L ⁻¹)	%N Base Húmeda	mg P Soluble g muestra ⁻¹	K (mg L ⁻¹)
T4	4,48±0,22	a 0,42±0,02	a 205,42±10,27	a 0,36±0,02	a 0,09±0,01	a 7±0,35
T1	7,27±0,36	b 0,9±0,05	c 529,86±26,49	b 0,99±0,05	c 1,03±0,05	c 2±0,10
T2	8,41±0,42	c 0,57±0,03	b 602,22±30,11	c 0,8±0,04	b 0,74±0,04	b 74±3,70
T3	7,34±0,37	b 1,58±0,08	d 660,28±33,01	c 1,13±0,06	d 0,89±0,05	c 115,5±5,78
Muestra Final	pH	CE (mS cm ⁻¹)	Densidad (g L ⁻¹)	%N Base Húmeda	mg P Soluble g muestra ⁻¹	K (mg L ⁻¹)
T4	8,02±0,40	a 0,37±0,02	a 757,36±37,87	a 0,07±0,01	a 0,04±0,01	a 0
T1	8,05±0,40	a 0,37±0,02	a 862,78±43,14	b 0,51±0,03	b 0,36±0,02	b 2,5±0,13
T2	7,77±0,39	a 0,39±0,02	a 967,5±48,38	c 0,5±0,03	b 0,4±0,02	b c 58±2,90
T3	7,95±0,40	a 2,88±0,14	b 1017,92±50,90	c 0,62±0,03	c 0,35±0,02	b 54±2,70

Letras distintas entre filas de una misma columna indican diferencias significativas según Test de Tukey (P < 0,05). Se indican valores de las variables ± desvío estándar.

Different letters between rows of the same column indicate significant differences according to Tukey test (P < 0.05). Variable values ± standard deviation are indicated.

riego por capilaridad, se realizaron las estacas. Las estacas utilizadas presentaron 10 cm de largo con 1-2 entrenudos, tanto apicales como sub-apicales y con un diámetro de 1,5-3 mm, con un corte perpendicular al eje de la misma en la parte superior y en bisel en el extremo inferior. Las hojas fueron recortadas en un 50% para disminuir el área de transpiración. A modo preventivo se sumergieron las estacas en una solución de fungicida *N-triclorometiltio-4-ciclohexeno-1,2-dicarboximida* 50% (2 g L⁻¹) por 20 segundos, se enjuagó, se aplicó el regulador de crecimiento en la base y se colocó el material vegetal en el sustrato contenido en los tubetes. Se utilizó como regulador de crecimiento el ácido 3-indolbutírico (IBA) en polvo a 3000 ppm, en una mezcla con talco industrial tamizado (Brondani *et al.*, 2012). En el género *Eucalyptus*, el IBA ha sido la auxina más utilizada para mejorar el enraizamiento de estacas (Souza Junior & Wendling, 2003; Wendling & Xavier, 2005; Almeida 2006; Goulart, 2007; Brondani, 2008). Semanalmente se realizaron controles fitosanitarios con una solución de fungicida *N-triclorometiltio-4-ciclohexeno-1,2-dicarboximida* 50% (2 g L⁻¹), alternándose con Metilbenzimidazol-2-ilcarbamato (2 cm³ L⁻¹). Al finalizar cada etapa se relevaron las estacas vivas.

Se evaluaron las siguientes variables: Supervivencia en Invernáculo a los 30 días (S 30d), Supervivencia en umbráculo a los 60 días (S 60d), y Supervivencia General a los 90 días (S 90d) (Tabla 2). Una vez finalizado el ensayo se relevó: Número de hojas (N° H), Longitud de la parte aérea (L) y Diámetro del brote (DB) (Tabla 3). Esta última variable se midió con un calibre electrónico digital de 0,01 ± 0,02 mm de resolución, tomándose 2 medidas normales entre si y promediándose los valores. Luego se descalzaron las plantas, se lavaron cuidadosamente las raíces para eliminar todas las partículas de sustrato y se determinó: Número de raíces (N° R) y Disposición radial de las raíces. Los plantines obtenidos fueron segmentados en 2 secciones: Parte aérea (PA) y Parte radical (PR), las que fueron llevadas a estufa a 50 °C hasta peso constante para la medición de peso seco. Se determinó Relación Peso seco parte aérea/ Peso seco raíz (PA/PR) (Tabla 4), el Índice de calidad de Dickson (ICD) (Dickson *et al.*, 1960) y el Índice de esbeltez de Schmidt-Vogt (IES) (Schmidt-Vogt, 1980) (Tabla 5). El Índice de Calidad de Dickson (ICD) permite comparar la calidad de los plantines a partir de las relaciones de parámetros morfológicos

(Gomes, 2001). Plantines con mayor ICD son clasificados como de mayor calidad (Gomes, 2001; Bernardino *et al.*, 2005). Fonseca *et al.* (2002) muestran al ICD como un buen indicador de calidad del plantín, dado que en su cálculo son considerados la robustez y el equilibrio en la distribución de la biomasa del plantín, teniendo en cuenta los resultados de varios parámetros importantes que se utilizan para evaluar la calidad.

$$ICD = \frac{PST}{\left(\frac{L}{DB}\right) + \left(\frac{PA}{PR}\right)}$$

Dónde:

- ICD: Índice de calidad de Dickson
- PST: peso seco total del plantin (g)
- L: Longitud de la parte aérea (cm)
- DB: Diámetro del Brote (mm)
- PA: Peso seco parte aérea (g)
- PR: Peso seco raíz (g)

$$IES = \frac{L}{DB}$$

Dónde:

- IES: Índice de esbeltez de Schmidt-Vogt
- L: Longitud de la parte aérea (cm)
- DB: Diámetro del Brote (mm)

Se digitalizaron los datos y se efectuó el análisis estadístico según el modelo factorial detallado a continuación:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \delta_k + \epsilon_{ijk}$$

para $i = 1 - 2$, $j = 1 - 4$, $k = 1 - 3$ donde: μ es el efecto medio global, α_i es el efecto incremental sobre la media causado por el nivel i del efecto clon, β_j el efecto incremental sobre la media causado por el nivel j del efecto sustrato, $(\alpha\beta)_{ij}$ el efecto incremental sobre la media causado por la interacción del nivel i del clon y el nivel j del sustrato, δ_k es el efecto del bloque y ϵ_{ijk} el término de error. El nivel de significancia del análisis estadístico que se utilizó fue $\alpha = 0,05$. Las variables se analizaron mediante ANOVA y con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis cuando los datos no cumplían los supuestos. Las variables medidas en los compost finales se analizaron mediante análisis de componentes principales.

Tabla 2. Supervivencia de plantines a los 30, 60 y 90 días.

Table 2. Survival of seedlings at 30, 60 and 90 days.

Sustratos	S 30 d(%)	S 60d (%)	S 90d (%)
T3	86,90±9,37 a	72,15±8,57 a	62,70±8,14 a
T2	80,16±9,37 a	53,47±8,57 a b	42,86±8,14 b
T4	77,38±7,72 a	62,56±7,49 a	48,41±6,76 a b
T1	53,57±9,37 b	42,96±8,57 b	23,02±8,14 c

Letras distintas entre filas de una misma columna indican diferencias significativas según Test de Tukey ($P < 0,05$). Se indican valores de las variables ± desvío estándar.

Different letters between rows of the same column indicate significant differences according to Tukey test ($P < 0,05$). Variable values ± standard deviation are indicated.

Tabla 3. Variables morfológicas medidas en plantines.
Table 3. Morphological variables measured in seedlings.

Sustratos	L (cm)		DB (mm)		Número de hojas		Número de Raíces	
T3	16,10±0,93	a	1,94±0,1	a	7,88±0,56	a	2,01±0,13	a
T2	10,77±0,93	b	1,77±0,1	b	6,25±0,56	a b	1,79±0,12	a b
T4	8,29±1,09	b c	1,36±0,12	c	6,86±0,69	a b	1,8±0,12	a b
T1	8,12±0,74	c	1,41±0,08	c	5,76±0,40	b	1,62±0,11	b

Letras distintas entre filas de una misma columna indican diferencias significativas según Test de Tukey ($P < 0,05$). Se indican valores de las variables \pm desvío estándar.

Different letters between rows of the same column indicate significant differences according to Tukey test ($P < 0,05$). Variable values \pm standard deviation are indicated.

Tabla 4. Pesos aéreo, radicular y total para los tratamientos evaluados.
Table 4. Aereal, root and total weight for evaluated treatments.

Sustratos	PA (g)		PR (g)		PSP (g)		PA/PR	
T3	0,73±0,04	a	0,44±0,02	a	1,17±0,07	a	1,95±0,13	b
T2	0,43±0,04	b	0,20±0,02	b	0,63±0,07	b	2,39±0,13	a
T1	0,23±0,03	c	0,14±0,02	b	0,37±0,05	c	1,89±0,09	b
T4	0,22±0,05	c	0,11±0,03	b	0,33±0,08	c	2,08±0,16	b

Letras distintas entre filas de una misma columna indican diferencias significativas según Test de Tukey ($P < 0,05$). Se indican valores de las variables \pm desvío estándar.

Different letters between rows of the same column indicate significant differences according to Tukey test ($P < 0,05$). Variable values \pm standard deviation are indicated.

Tabla 5. Índice de calidad de Dickson (ICD) e Índice de esbeltez de Schmidt-Vogt (IES).
Table 5. Dickson quality index (ICD) and Schmidt-Vogt slenderness index (IES)

Sustratos	ICD		IES	
T3	0,11±0,01	a	2,01±0,14	a
T2	0,07±0,01	b	1,79±0,12	a b
T1	0,05±0,01	b c	1,62±0,11	b
T4	0,04±0,01	c	1,8±0,12	a b

Letras distintas entre filas de una misma columna indican diferencias significativas según Test de Tukey ($P < 0,05$). Se indican valores de las variables \pm desvío estándar.

Different letters between rows of the same column indicate significant differences according to Tukey test ($P < 0,05$). Variable values \pm standard deviation are indicated.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los sustratos T3, T4 y T2 presentaron valores significativamente mayores de supervivencia en invernáculo a los 30 días. T3 y T4 registraron mayores porcentajes de supervivencia en umbráculo. T3 tuvo el mejor desempeño en supervivencia final (Tabla 2). Estos resultados son coincidentes con los obtenidos por Della Torre *et al.* (2013) y Diez *et al.* (2012), quienes plantearon que los porcentajes de supervivencia aumentan con el agregado de

compost de guano avícola en la formulación de los sustratos. Se encontraron diferencias de rendimiento para la variable Altura parte aérea, observándose las mayores alturas en T3. Los mayores valores de DB se observaron en T3. Estos incrementos pudieron deberse a las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio presentes en dicho sustrato (Tabla 1). Marschner (1995) y Malavolta *et al.* (1997) indicaron que la presencia de nitrógeno en la fase inicial de la producción de plantines aumenta el crecimien-

to vegetativo. Herbert (1990) encontró que la mayor respuesta al crecimiento de *Eucalyptus grandis* se registró con aplicaciones de nitrógeno y fósforo. En esa misma especie, Cromer & Jarvis (1990) encontraron que el nitrógeno incrementaba la tasa de crecimiento de la masa del tallo en ensayos llevados a cabo con plantines creciendo en aeroponía. Estos mismos autores observaron que la tasa de crecimiento de la biomasa aérea, y por lo tanto el área disponible para interceptar energía radiante, es fuertemente dependiente de la disponibilidad de nutrientes. Según Souza *et al.* (2006), la altura de la parte aérea y el diámetro a la altura del cuello son fundamentales para la evaluación del potencial de supervivencia y crecimiento pos-plantación de plantines forestales. En este sentido, plantas con mayor diámetro presentan mayor supervivencia por tener más capacidad de crecimiento y formación de nuevas raíces. Para las variables Número de hojas y Número de raíces, el sustrato T3 registró el mejor desempeño (Tabla 3). Para las variables PSA, PSR y PST los mayores valores se observaron en T3, probablemente debido a la presencia de N, P y K. Lacey *et al.* (1966), trabajando con plantines de *Eucalyptus grandis* en hidroponía encontraron que el P incrementaba la materia seca acumulada en tallo y hojas. Birk & Turner (1992), encontraron que la combinación de nitrógeno y fósforo aumentaba la biomasa de hojas, ramas y tallo y sus contribuciones a la materia seca total. Un sistema radical bien desarrollado en plantines forestales producidos en contenedores permitirá disminuir los trastornos de la plantación a campo, así como aumentará su supervivencia y crecimiento pos plantación (Gomes *et al.*, 2003). Para el caso de PSA/PSR, T3 no se diferenció de T4 (Tabla 4). El incremento en el crecimiento de plantines forestales producidos en sustratos formulados con compost fue observado por los estudios de Basil *et al.* (2009), Diez *et al.* (2012) y Della Torre *et al.* (2013). El sustrato T3 se diferenció como el de mayor ICD, presentando los plantines de mayor calidad. Los plantines más esbeltos se observaron con T3, mientras que T1 produjo los plantines más achaparrados (Tabla 5).

Poole & Conover (1979), recomiendan valores óptimos de Densidad de sustrato de 0,50-0,75 g cm⁻³. En la Tabla 1 se observa que la muestra inicial del sustrato T4 estuvo por debajo de esos valores, mientras que T1, T2 y T3 mostraron densidades de sustrato adecuadas. La muestra final del sustrato T4 presentó mayor aumento de densidad que T1, T2 y T3, mostrando una tendencia a la compactación con la consiguiente disminución de la porosidad (Burés, 1997). Ésta reducción de los poros producida por la com-

pactación aumenta la resistencia del suelo a la penetración de las raíces (Ansonera, 1994).

Si bien Santos *et al.* (2000) afirman que es difícil encontrar un material que cumpla con todos los requisitos de las especies que se cultivan, Da Silva *et al.* (2012) obtuvieron los mejores resultados para la producción de plantines clonales de híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis* utilizando fibra de cáscara de coco y cascarilla de arroz carbonizada como componentes puros del sustrato, lo que indica que es posible encontrar materiales que puedan ser utilizados como único constituyente en la formulación de un sustrato, como el caso de T3, compuesto por CGG pura.

Los resultados del presente trabajo están de acuerdo con De Olivera Junior *et al.* (2011), quienes concluyeron que la presencia de deyecciones pecuarias en la formulación de sustratos da lugar a beneficios como el aumento de la oferta de nutrientes, la reducción de costos en la producción de plántulas y la disminución de la dependencia de la silvicultura en relación con sustratos comerciales.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que sustratos alternativos formulados a partir de compost de guano avícola, como los utilizados en este estudio, permiten la macropropagación de estos clones híbridos. El sustrato T3 fue el de mejor desempeño. La calidad de los plantines aumentó con la presencia de compost de guano en la formulación de los sustratos. La utilización de compost de guano de gallinas es una propuesta que favorece el reciclado de residuos de la producción avícola, reduciendo el empleo de un recurso no renovable como la turba y evitando efectos adversos de la explotación sobre las turberas.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue financiado por el Proyecto "Tecnologías y estrategias de gestión de residuos y efluentes en sistemas agropecuarios y agroindustriales" (PNNAT 1128042 – INTA) y el Proyecto "Tratamiento de residuos agropecuarios y su valoración agrícola" (PID 06-001-14 - Univ. Morón).

Se agradece a los Sres. S. Becerro y G. Galasso el apoyo en labores de invernáculo, vivero y laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

- Abad, M; P Noguera & C Carrion. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. Capítulo 4. 113-158. Urrestarazu Gavilan M. 2004. Tratado de cultivo sin suelo. Ed. Mundi-Prensa. Barcelona. 914pp.

- Almeida, FD. 2006. Propagação vegetativa de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. por estaquia e miniestaquia. 2006. 74f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Amaral, RD; NF de Barros; LM Costa & MPF Fontes. 1996. Efeito de um resíduo da indústria de zinco sobre a química de amostras de solo e plantas de milho. *Revista Brasileira Ciência dos Solos* v.20, p.433-440.
- Ansorena, MJ. 1994. Sustratos propiedades y caracterización. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 172 pp.
- Barbaro, L; M Karlanian; P Rizzo; N Riera; V Della Torre; M Beltrán & D Crespo. 2013. Compost de guano de gallina en la composición de sustratos para la producción de plantines florales. *Agriscientia* 30(1).
- Barrena Gómez, R; F Vázquez; MA Gordillo; T Gea & A Sánchez. 2005. Respirometric assays at fixed and process temperatures to monitor composting process. *Bioresour Technol* 96: 1153-1159.
- Basil, G; MJ Mazzarino; L Roselli & F Letourneau. 2009. Efecto del compost de biosólidos en la producción de plantines de *Austrocedrus chilensis* (Ciprés de la Cordillera). *Ciencia del Suelo* 27(1): 49-55.
- Bernardino, DCS; HN de Paiva; JC de Lima Neves; JM Gomes & VB Marques. 2005. Crescimento e qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) brenan em resposta à saturação por bases do substrato. *Revista Árvore* v.29, n.6, p.863-870.
- Birk, EM & J Turner. 1992. Response of flooded gum (*E. grandis*) to intensive cultural treatments: biomass and nutrient content of eucalypt plantation and native forests. *Forest Ecol. Manag.* 47: 1-28.
- Brondani, GE; I Wendling; AE Brondani; MA Araujo; AL Lopes da Silva & AN Goncalves. 2012. Dynamics of adventitious rooting in minicuttings of *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*. *Acta Scientiarum. Agronomy Maringá* v. 34, n. 2, p. 169-178.
- Brondani, GE. 2008. Miniestaquia e micropropagação de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Burés, S. 1997. Sustratos. Madrid, España. Ediciones Agrotécnicas SL 342 p.
- Carpineti, L. 1996. Propagación agámica de *Eucalyptus*. XI Jornadas Forestales de Entre Ríos, 15 pp.
- Chiara E & M Abad Berjón. 2008. Aplicación del compost en viveros y semilleros. Capítulo 17. 399-424.
- Cromer, RN & PG Jarvis. 1990. Growth and biomass partitioning in *Eucalyptus grandis* seedlings in response to nitrogen supply. *Aust. J. Plant Physiol.* 17: 503-515.
- Da Silva RBC; D Simões & MR da Silva. 2012. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* vol.16 no.3 Campina Grande.
- Della Torre, V; JP Diez; LF Salleses; N Riera; P Rizzo & D Crespo. 2013. Efecto de la utilización de sustratos con compost de guano avícola en la capacidad de enraizamiento y desarrollo de clones híbridos de *Eucalyptus* spp. V Simposio Iberoamericano de Ingeniería de residuos sólidos REDIGIRS-REDISA.
- Dickson, A; AL Leaf & JF Hosnerm. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *For. Chron.* 36: 10-13.
- Diez, JP; LF Salleses; V Della Torre; N Riera; P Rizzo; D Crespo & PS Pathauer. 2012. Evaluación de la capacidad de enraizamiento y desarrollo de clones híbridos de *Eucalyptus* spp. en sustratos con compost avícola. XV Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales Eldorado, Misiones, Argentina.
- Dominguez, E; N Bahamonde & C Muñoz-Escobar. 2012. Efectos de la extracción de turba sobre la composición y estructura de una turbera de *Sphagnum* explotada y abandonada hace veinte años. *Anales Instituto Patagonia* (Chile) 40(2): 37-45.
- Eldridge, KG; J Davidson; CE Harwood & G Van Wyk. 1994. *Eucalypt* Domestication and Breeding. Clarendon Press, Oxford. 288 pp.
- Fonseca, ÉP; SV Valéri; E Miglioranza; NAN Fonseca & L Couto. 2002. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. *Revista Árvore* v.26, p.515-523.
- García Yaneisy, A; E Ortiz & Lon Wo, 2008. Efecto de los residuales avícolas en el ambiente. International Poultry Expo 2008.
- Gomes, JM. 2001. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K. 166f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Gomes, JM; L Couto; HG Leite; A Xavier & SLR Garcia. 2003. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. *Revista Árvore* v.27, n.2, p. 113-127.
- Goulart, PB. 2007. Influência do acondicionamento, antioxidantes, auxinas e seus cofatores no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. 115f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Griffin, R. 2008. Entrevista al Pro. Dr. Rod Griffin Genetista de *Eucalyptus*, Ex Director del CRC en Australia. Boletín del CIDEU 6-7, 10-13.
- Herbert, MA. 1990. Fertilizer/site interactions on the growth and foliar nutrient levels of *Eucalyptus grandis*. *Forest Ecol. Manag.* 30: 247-257.
- Kelleher, BP; JJ Leahy; AM Henthon; TF O'Dwyer; D Sutton & MJ Leahy. 2002. Advances in poultry litter disposal technology -a review. *Bioresource technology* 83: 27-36.
- Ko JH; Y Kim; T Hyeon; N Chi & M Umeda. 2008. Evaluation of maturity parameters and heavy metal contents in compost made from animal manure. *Waste Mangement* 28: 813-820.
- Lacey, CJ; AL Leaf & AR Talli. 1966. Growth and nutrient uptake by fooded gum seedlings subjected to various phosphorus supplies. *Aust. Forestry* 30: 212-222.
- Lopez, AJ. 2011. *Eucalyptus grandis* en el sudeste de Corrientes: propiedades físicas y químicas del suelo relacionadas con la producción volumétrica. XXV Jornadas Forestales de Entre Ríos.
- Malavolta, E; GC Vitti & SA de Oliveira. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações. 2 ed. Piracicaba: Potafó. 319 pp.
- Marcó, M. 2005. Eucaliptos de Rápido Crecimiento Para Usos Sólidos. *Revista IDIA XXI*: N° 8 Julio de 2005, 178-179.
- Marcó, M; L Harrand & J Oberschelp. 2006. Oportunidades y limitaciones en el mejoramiento genético de *Eucalyptus grandis* para usos sólidos. XXI Jornadas Forestales de Entre Ríos.

- Marco, M & L Harrand. 2005. Valor Potencial De Los Eucaliptos Colorados en combinaciones Híbridas. I Jornada sobre potencialidad foresto-industrial del eucalipto en Santiago del Estero.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, San Diego. 889p.
- Olivera Junior OA, PA Ramos Cairo & AB de Novaes. 2011. Características morfofisiológicas asociadas à qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em diferentes substratos. *Rev. Árvore* vol.35 no. 6 Viçosa.
- Ogunwande, GA & JA Osunade. 2011. Passive aeration composting of chicken litter: Effects of aeration pipe orientation and perforation size on losses of compost elements. *J. Environ. Manag.* 92: 85-91.
- Poole, R & C Conover. 1979. Light weight soil mixes. *Florida Foliage Growers* (USA) 2(6): 8-10.
- Riera, N; V Della Torre; P Rizzo; M Butti; F Bressan; N Zarate; C Weigandt & D Crespo. 2014. Evaluación del proceso de compostaje de dos mezclas de residuos avícolas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad Nacional de Cuyo. Rev. FCA UNCUYO.* 46(1): 195-203. ISSN impreso 0370-4661. ISSN (en línea) 1853-8665.
- Rizzo, P; V Della Torre; N Riera; D Crespo; R Barrena & A Sánchez. 2013. Co-composting of poultry manure with other wastes from pampean region. ISSN 1438-4957. *J Mater Cycles Waste Manag* DOI 10.1007/s10163-013-0221.
- Sánchez-Córdova, T; A Alderete; V Cetina Alcalá & J López Upton. 2008. Caracterización de medios de crecimiento compuestos por corteza de pino y aserrín. *Madera y bosques* 14(2): 41-49.
- Santos, CB; SJ Longhi; JM Hoppe & FA Moscovich. 2000. Efeitos do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don. *Ciência Florestal* v.10, p.1-15, 2000.
- SAS Institute. 2002. SAS user´s guide: statistics. Versión 9.1. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Schmidt-Vogt, H. 1980. Characterization of plant material, IUFRO Meeting. S1.05-04. In Röhring E, Gussone HA. *Waldbau. Zweiter band. Sechste Auflage, Neubearbeitet.* Hamburgo y Berlín, 1990. 314 p.
- Souza, CAM.; RB Oliveira; S Martins Filho & JS Lima. 2006. Desenvolvimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubação. *Ciência Florestal* v.16, p.243-249.
- Souza Junior, L & I Wendling. 2003. Propagação vegetativa de *Eucalyptus dunnii* via miniestaquia de material juvenil. *Boletim de Pesquisa Florestal* n.46, p.21-30.
- TMECC (Test methods for the examination of composting and compost) (2001) The US Department of Agriculture and the US Composting Council. Edaphos International, Houston.
- Turan, NG. 2008. The effects of natural zeolite on salinity level of poultry litter compost. *Bioresource Technology* 99: 2097- 2101.
- Wendling, I & A Xavier. 2005. Influência do ácido indolbutírico e da miniestaquia seriada no enraizamento e vigor de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore* v.29, n.6, p.921-930.
- Zegers, G; J Larraín; M Díaz & J Armesto. 2006. Impacto ecológico y social de la explotación de pomponales y turberas de *Sphagnum* en la Isla Grande de Chiloé. *Revista Ambiente y desarrollo* 22(1): 28-34.