

Aplicaciones potenciales de los residuos orgánicos en viveros de especies forestales mediterráneas

R. Moreno, R. Canet, R. Albiach, F. Pomares y A. Pérez-Piqueres

Centro para el Desarrollo de la Agricultura Sostenible – Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (CDAS-IVIA). Apartado oficial. 46113-Moncada, España.
Correo electrónico: perez_anapiq@gva.es

Resumen

La creciente actividad de reforestación en el área mediterránea, fruto de la necesidad de reducir la importante degradación medioambiental de esta zona, ha disparado la demanda de plantas en los viveros forestales. Como consecuencia, grandes cantidades de materiales no renovables como turba o suelo natural están siendo utilizadas para la fabricación de sustratos. En horticultura y viverismo ornamental, el aprovechamiento de residuos y subproductos orgánicos es una práctica cada vez más extendida, que tiene el doble efecto de ser beneficiosa para el desarrollo de las plantas y respetuosa con el medio ambiente. El objetivo de este estudio fue explorar el uso potencial de composts y residuos orgánicos fácilmente disponibles en la producción de *Pinus halepensis* en viveros forestales del área mediterránea. Se realizaron tres ensayos poniendo especial interés en su adaptación a las necesidades locales del sector y a las características de los materiales orgánicos existentes en la zona: 1) Evaluación del uso de fibra de coco, de huesecillo de aceituna y de compost de residuos urbanos como componentes de sustratos 2) Estudio de la aplicación de vermicompost como promotor del crecimiento radicular 3) Uso de harinas cárnicas y compost de lodos de depuradora como fertilizantes alternativos a la fertilización mineral. Pese al carácter exploratorio de este ensayo, se han obtenido resultados prometedores respecto al uso de residuos orgánicos como fertilizantes y como sustratos en viverismo forestal en condiciones mediterráneas. Así, el empleo como sustrato de cultivo de fibra de coco reciclada, sola o en combinación con compost de residuos urbanos o huesecillo de aceituna, produjo plantas de biomasa igual o incluso en ciertos casos superiores, a aquellas crecidas en el mantillo comercial normalmente utilizado en los viveros de la zona. Los índices morfológicos de calidad y el contenido de nutrientes fueron similares, por lo que estos materiales se presentan como una firme alternativa a los sustratos habitualmente empleados. La aplicación de vermicompost, en cambio, no estimuló el desarrollo de las raíces, ni siquiera con la dosis superior de las cinco ensayadas. La fertilización orgánica con harinas de carne y compost de lodos de depuradora produjo plantones de calidad similar a los obtenidos con la fertilización mineral.

Palabras clave: *Pinus halepensis*, vivero, sustrato, vermicompost, fertilización orgánica

INTRODUCCION

En las últimas décadas, los bosques del área mediterránea están sufriendo un severo deterioro como resultado de su transformación en terrenos agrícolas, la desequilibrada explotación maderera y los incendios frecuentes. Ante la necesidad de reducir la importante degradación medioambiental se está incentivando la actividad resforestadora. Como consecuencia, se ha producido un aumento importante en la

demanda de plantas en los viveros forestales, necesitándose grandes cantidades de materiales no renovables, como turba y suelo, para la fabricación de los sustratos.

Es conocida la utilidad de los residuos orgánicos como componentes de sustratos en cultivos hortícolas y ornamentales. En forestales, Veijalainen et al., 2008 han mostrado la posibilidad de emplear los propios residuos generados en su explotación (sustratos agotados, plantas descartadas, malas hierbas) como componentes de sus medios de cultivo. Igualmente, materiales tales como compost de lodos de la industria papelera y lodos de depuradora han sido empleados con éxito en la producción de *Cupressus arizonica*, *C. sempervirens*, *Pinus halepensis* y *P. pinea* (Hernández-Apaolaza et al., 2005; Mañas et al., 2010). Además de componentes de sustratos, éstos materiales tienen otras aplicaciones. Así por ejemplo, en viveros de *Fraxinus pennsylvanica* y *Quercus rubra* se ha sustituido la fertilización mineral por una fertilización orgánica con estiércol de pollo y compost de restos verdes, consiguiéndose plantas de mejor calidad morfológica (Davis et al., 2006). Igualmente, el vermicompost, producto con alta capacidad de promover el crecimiento radical, ha sido empleado como estimulador de la germinación y del crecimiento en especies tales como *Eucalyptus* spp. (Kandari et al., 2011) y *P. pinaster* (Lazcano et al., 2010). Los residuos orgánicos suponen por tanto, una firme alternativa a los materiales tradicionalmente utilizados, con doble ventaja de ser beneficiosa para el desarrollo de las plantas y respetuosa con el medio ambiente.

Las características de las materias orgánicas varían con el tiempo y con su procedencia. Además, el funcionamiento de los viveros está fuertemente ligado a los intereses del mercado y a las características edafoclimáticas de la zona. Por ello, cualquier ensayo relacionado con éstos materiales debe siempre realizarse e interpretarse teniendo en cuenta las condiciones locales. El objetivo de este estudio es por tanto, evaluar el uso potencial de composts y residuos orgánicos fácilmente disponibles en la producción de *Pinus halepensis* en viveros forestales del área mediterránea. Para ello se han realizado tres ensayos poniendo especial hincapié en su adaptación a las necesidades locales del sector y a las características de los materiales orgánicos existentes.

MATERIAL Y METODOS

Los tres ensayos se realizaron en una parcela al aire libre en el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias siguiendo un diseño experimental de bloques al azar. La especie empleada fue *P. halepensis* (plántulas de 10 cm) y el sustrato control utilizado fue mantillo comercial suministrado por el vivero colaborador. Se usaron macetas de 3 L (una planta/maceta) y se realizaron diez repeticiones por tratamiento. En la Tabla 1 se indican las características de las materias orgánicas evaluadas.

Ensayo I: evaluación del uso de fibra de coco virgen (FC), fibra de coco reciclada (FCR), compost de residuos urbanos (RSU) y huesecillo de aceituna (H) como componentes de sustratos. Se evaluaron ocho sustratos: C (mantillo comercial), FC, FCR, FCR/RSU 2:1 (v/v), FCR/RSU 3:1, FCR/H 2:1, FCR/H 3:1, FCR/RSU/H 2:1:1.

Ensayo II: estudio de la aplicación de vermicompost (VC) como promotor de crecimiento radicular. Se evaluaron seis tratamientos: C (control sin vermicompost) y VC1 a VC5 (5, 10, 20, 40 y 80 g de vermicompost por maceta, en peso fresco, respectivamente). Todas las plantas se fertilizaron con un abono de liberación lenta NPK (16:8:12), a una dosis de 0.5 g N/L.

Ensayo III: uso de compost de lodos de depuradora (L) y harinas cárnicas (HC) como fertilizantes. Se evaluaron cinco tratamientos: C (control con fertilizante de

liberación lenta NPK (16:8:12), dosis 0.5 g N/L), L1 (compost de lodos de depuradora, dosis 0.5 g N L⁻¹), L2 (compost de lodos de depuradora, dosis 1 g N L⁻¹), HC1 (harinas cárnicas, dosis 0.5 g N L⁻¹), HC2 (harinas cárnicas, dosis 1 g N L⁻¹).

En los tres casos, las plantas se regaron de acuerdo a sus necesidades durante los siete meses que duraron los ensayos. Al final de este tiempo se tomaron distintas medidas: altura de la planta tomada desde el cuello hasta el ápice terminal (A), diámetro del cuello (D) y peso de la raíz, parte aérea y peso total (PR, PA y PT, respectivamente). A partir de estos datos se calcularon diferentes índices morfológicos: Índice de Calidad de Dickson (ICD) (Dickson et al., 1960) (1), Índice de Robustez (IR) (2) y Relación parte Aérea/parte Radical (RAR) (3), aplicando las siguientes fórmulas (Thompson, 1985):

$$(1) \text{ICD} = \text{PT (g)} / (\text{RAR} + \text{IR}) \quad (2) \text{IR} = \text{A (cm)} / \text{D (mm)} \quad (3) \text{RAR} = \text{PA (g)} / \text{PR (g)}$$

Todos los resultados fueron expresados como materia seca a 105°C. Las determinaciones analíticas fueron realizadas usando los Métodos Oficiales del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, 1986). La significación estadística de los resultados fue evaluada realizando un análisis de la varianza (Snedecor y Cochran, 1989), empleando el paquete estadístico Statgraphics Plus 5.0 (Manugistics Inc.)

Tabla 1 . Características de los materiales orgánicos empleados en los tres ensayos.

	FC	FCR	RSU	VC	L	HC
MOox (g Kg ⁻¹)	541	636	676	383	650	681
N total (g Kg ⁻¹)	4,00	16,7	19,2	22,0	28,7	76,6
C/N	78,5	22,1	20,2	10,1	13,1	5,16
P ₂ O ₅ (g Kg ⁻¹)	0,80	3,62	9,60	41,3	18,9	93,2
K ₂ O (g Kg ⁻¹)	10,8	2,30	8,20	2,20	2,00	8,60
CaO (g Kg ⁻¹)	3,00	6,53	76,1	133	60,4	137
MgO (g Kg ⁻¹)	2,10	9,30	8,30	11,0	4,60	4,00
Na ₂ O (g Kg ⁻¹)	3,90	4,50	6,40	0,300	1,10	8,00
pH (1:25)	5,44	6,18	6,39	8,64	7,38	6,57
CE (1:5, *1:10) dSm ⁻¹	3,73	3,50*	13,5	4,29	5,41	6,77

MO ox: Materia orgánica oxidable. CE: Conductividad eléctrica

RESULTADOS Y DISCUSION

Ensayo I: uso de materiales orgánicos como componentes de sustratos.

Las características principales de los sustratos ensayados se encuentran recogidas en la Tabla 2. El mantillo comercial presentó el pH más elevado, mientras el resto de sustratos se encontraron cercanos a la neutralidad. La conductividad eléctrica varió entre 0.72 mS cm⁻¹ en FC y 6,98 dSm⁻¹ en FCR/RSU 2:1. Aunque en todos los casos se excedió el valor máximo recomendado de 0,5 dSm⁻¹ (Abad et al., 2001), no se observaron daños en las plantas. En la bibliografía, otros autores han señalado un efecto similar, probablemente debido a la alta capacidad tampón de estos sustratos que protege el sistema radical, o debido a la lixiviación de las sales por los riegos frecuentes (Hernández-Apaolaza et al., 2005). Todos los sustratos excepto el control presentaron una densidad aparente por debajo de 0,4gcm⁻³, valor máximo indicado para una adecuada elongación de la raíz y una fácil manipulación del sustrato (Abad et al., 2001). Excepto en el mantillo, las capacidades de campo de los sustratos estuvieron dentro del intervalo recomendado de 60-100% (Abad et al., 2001).

Tabla 2 . Características de los sustratos

Tratamiento	pH (1:25)	CE (dS m ⁻¹)	Cl ⁻ (mg l ⁻¹)	DA (g cm ⁻³)	CC (%)
C	9,19	2,35	641	0,467	54,5
FC	7,15	0,72	207	0,090	67,8
FCR	6,44	4,41*	304	0,120	72,2
FCR/RSU 2:1	7,26	6,98	1137	0,180	67,4
FCR/RSU 3:1	7,02	6,48	931	0,160	67,2
FCR/H 2:1	6,84	3,13	209	0,273	61,9
FCR/H 3:1	6,77	3,62	233	0,233	63,9
FCR/RSU/H	7,37	4,77	634	0,293	60,5

CE: Conductividad Eléctrica 1:5, excepto FCR 1:10*. DA: Densidad Aparente. CC: Capacidad de Campo.

Tras los siete meses que duró el ensayo, las plantas presentaron un incremento en altura muy variable dentro de cada tratamiento (Tabla 3). Los valores fluctuaron entre una media de 13,1 cm para los brinzales crecidos en FCR/RSU 3:1 y una media de 22,7 cm para los crecidos en FC, pero no se encontraron diferencias significativas entre sustratos debido a la alta variabilidad. Las plantas en fibra de coco presentaron un peso total (FC:16,7 g, FCR: 13,9 g) significativamente superior a las crecidas en el mantillo comercial (8,84 g), debido a un importante desarrollo de la parte aérea (Tabla 3). No se vieron diferencias entre usar fibra de coco virgen y reciclada. De igual modo, se obtuvieron pesos similares empleando fibra de coco reciclada pura o combinándola con RSU y H, excepto en el caso de FCR/RSU/H en el que el peso total fue más bajo. La altura de la planta y el peso total son dos características normalmente empleadas en los viveros como parámetros de calidad, pero aunque están fuertemente ligados al crecimiento, no son indicadores de la capacidad de supervivencia de la planta en el campo. Esta información es obtenida con los índices morfológicos. El índice de robustez, por ejemplo, refleja la resistencia mecánica de los árboles y su capacidad de soportar el viento. Los IRs que se obtuvieron en este ensayo, variaron entre 5,50 en FCR/H 2:1 y 6,68 en FCR/H 3:1, sin diferencias significativas entre sustratos (Tabla 3). Aunque son valores ligeramente elevados para el índice máximo de 6 recomendado por Thompson (1985), están dentro del rango usual del género *Pinus* spp. en viveros españoles (Domínguez-Lerena et al., 2001). Sin embargo, el crecimiento aéreo no estuvo equilibrado con el crecimiento radicular, como indica el RAR con valores fluctuando entre 2,55 de FCR/H 3:1 y 3,63 de FCR, alejados de la relación deseable de 1 (Domínguez-Lerena et al., 2001). Estas plantas, una vez en el campo, probablemente tendrán problemas de supervivencia en caso de sequía, al no tener suficiente desarrollo radicular para abastecer las necesidades hídricas de una masa aérea claramente más desarrollada. Por último, el ICD es un parámetro global que integra los dos anteriores y expresa el equilibrio existente entre la distribución de la masa y la robustez, evitando seleccionar plantas desproporcionadas y descartar plantas de menor altura pero con mayor vigor. Los valores fueron superiores a los encontrados en la bibliografía en todos los casos, fluctuando entre el 0,964 del mantillo y el 1,84 de la fibra de coco virgen. Como se puede ver en la Tabla 4, en todos los casos las plantas presentaron contenidos adecuados en N, K y micronutrientes. A pesar de que los valores de P, Ca y Mg, en ciertos tratamientos, excedieron ligeramente los recomendados, se puede considerar que en general todas las plantas presentaron un estado nutricional adecuado.

Tabla 3. Índices de crecimiento y morfológicos en el ensayo de sustratos

Tratamiento	A (cm)	IA (cm)	PA (g)	PR (g)	PT (g)	IR	RAR	ICD
C	33,3	16,6	6,50a	2,34	8,84a	6,43	2,80ab	0,964a
FC	39,2	22,7	12,8c	3,85	16,7c	6,24	3,46cd	1,84c
FCR	38,5	22,1	10,8bc	3,06	13,9bc	6,60	3,63d	1,38ab
FCR/RSU 2:1	32,6	16,2	7,81ab	2,87	10,7ab	5,61	2,72ab	1,41bc
FCR/RSU 3:1	29,1	13,1	8,41ab	2,75	11,2ab	5,66	3,09bc	1,32ab
FCR/H 2:1	33,6	17,1	8,25ab	2,92	11,2ab	5,50	2,82ab	1,53bc
FCR/H 3:1	37,4	20,6	8,69ab	3,52	12,2ab	6,68	2,55a	1,48bc
FCR/RSU/H	33,5	15,9	6,73a	2,54	9,27a	5,78	2,76ab	1,39abc

IA: Incremento de altura. Valores seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes, test LSD $p < 0.05$

Tabla 4. Contenido foliar macro (mg g^{-1}) y micronutrientes (mg Kg^{-1}) en el ensayo de sustratos

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
C	13,8cd	1,20ab	14,5f	6,40d	2,30cd	109e	25,8a	36,0a
FC	15,9e	2,20c	11,4bc	5,30b	2,20bc	78,3a	97,8e	52,4cd
FCR	15,2e	3,00e	17,0g	6,40d	2,30c	93,8bc	72,8d	36,1a
FCR/RSU 2:1	1,32bc	1,00a	9,60a	6,80e	2,20bc	95,6bc	29,4a	57,1d
FCR/RSU 3:1	14,1d	1,40b	10,3ab	7,70f	2,40d	95,8bc	28,2a	46,4bc
FCR/H 2:1	13,6cd	2,60d	12,0cd	5,60c	2,10b	101bc	49,8c	37,4a
FCR/H 3:1	11,8a	3,10e	12,8ed	5,20b	2,20bc	91,3b	56,6c	39,7ab
FCR/RSU/H	12,5ab	1,30b	13,5ef	4,90a	1,90a	108de	38,9b	56,2d
Rangos adecuados	10-20	1-2	>8	3-6	1-1,9	20-200	20-800	20-70

Valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes, test LSD $p < 0.05$. Rangos: macronutrientes en Tausz et al., (2004) para *P. halepensis* y micronutrientes en Fürst (2013) para *Pinus* spp.

Ensayo II: estudio de la aplicación de vermicompost (VC).

El crecimiento de las plantas fue independiente de la aplicación de vermicompost: no hubo diferencias significativas ni en el incremento de altura ni en el peso total alcanzado al final del ensayo (Tabla 5). Tampoco hubo estimulación de la biomasa radical con pesos radiculares que variaron entre 2,12 g en VC4 y 2,61 g en VC3. Los índices morfológicos tampoco se vieron significativamente modificados: el índice de robustez fluctuó entre 5,83 en VC1 y 6,37 en VC4, la relación parte aérea/ parte radical entre 2,71 en C y 3,08 en VC4 y el índice de calidad de Dickson entre 1,01 en VC4 y 1,15 en VC3 (Tabla 5). El estado nutricional de los brinzales fue en general aceptable (Tabla 6), sin que se viera ninguna mejora por la aplicación de vermicompost.

Tabla 5. Índices de crecimiento y morfológicos en el ensayo de vermicompost

Tratamiento	A (cm)	IA (cm)	PA (g)	PR (g)	PT (g)	IR	RAR	ICD
C	31,8	14,8	6,87	2,59	9,46	6,25	2,71	1,07
VC1	31,6	15,0	7,22	2,47	9,69	5,83	2,89	1,10
VC2	33,0	16,2	6,79	2,28	9,07	5,93	3,03	1,02
VC3	31,0	14,0	7,33	2,61	9,94	6,03	2,84	1,15
VC4	32,4	15,6	6,39	2,12	8,51	6,37	3,08	1,01
VC5	32,4	14,8	7,46	2,60	10,1	6,36	2,90	1,08

IA: Incremento de altura. Valores seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes, test LSD $p < 0.05$

Tabla 6. Contenido foliar en macro (mg g⁻¹) y micronutrientes (mg Kg⁻¹) ensayo de VC

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
C	15,0b	0,920a	18,1c	7,90b	2,50cd	107b	23,4a	58,3c
VC1	14,4a	0,970ab	15,8a	7,10a	2,40bc	88,0a	30,8b	48,6bc
VC2	14,5ab	0,980ab	17,6bc	7,20a	2,30b	105b	24,0a	50,5bc
VC3	14,9b	0,950ab	16,8abc	8,20b	2,60d	111b	28,6ab	54,6bc
VC4	14,2a	1,02b	16,8abc	7,90b	2,50cd	117b	24,0a	47,7a
VC5	14,2a	1,01b	16,5ab	6,70a	2,10a	111b	40,1c	48,2a
Rangos adecuados	10-20	1-2	>8	3-6	1-1,9	20-200	20-800	20-70

Valores seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes, test LSD $p < 0.05$. Rangos: macronutrientes en Tausz et al., (2004) para *P. halepensis* y micronutrientes en Fürst (2013) para *Pinus* spp.

Así, aunque en distintos estudios, el vermicompost ha sido relacionado con un aumento del crecimiento de la planta, un mayor desarrollo radicular y una mejora en la absorción de nutrientes, en nuestro ensayo no se observó ningún efecto, ni siquiera a las dosis más elevadas. No se excluye la posibilidad de que otro tipo de vermicompost produjera efectos positivos, ya que las características químicas y biológicas de este producto pueden variar enormemente dependiendo del residuo orgánico empleado, el proceso de producción e incluso la especie de lombriz utilizada (Campitelli y Ceppi 2008). Incluso, algunos autores han encontrado efectos de vermicompost diferentes dependiendo de la especie de planta y dentro de variedades de una misma especie (Lazcano et al., 2010).

Ensayo III: uso de materiales orgánicos como fertilizantes.

El uso de fertilización mineral u orgánica no influyó de forma significativa en la biomasa total y en el incremento en altura de las plantas, con crecimientos variando entre 11,7 cm en L2 y 16,6 cm en L1 y pesos totales entre 6,38 g en L2 y 9,24 g en C (Tabla 7). Los índices morfológicos de calidad tampoco difirieron significativamente entre tratamientos, con valores de IR entre 5,85 en C y 6,25 en HC1, de RAR entre 2,34 en L1 y 2,86 en HC1 e ICD entre 0,802 en L2 y 1,13 en C (Tabla 7).

Tabla 7. Índices de crecimiento y morfológicos en el ensayo de fertilizantes

Tratamiento	A (cm)	IA (cm)	PA (g)	PR (g)	PT (g)	IR	RAR	ICD
C	29,7	14,0	6,75	2,49	9,24	5,85	2,78	1,13
L1	32,1	16,6	5,83	2,46	8,29	6,06	2,34	1,05
L2	27,3	11,7	4,62	1,76	6,38	5,87	2,60	0,802
HC1	30,6	15,1	6,40	2,24	8,64	6,25	2,86	0,959
HC2	30,4	14,1	5,44	2,11	7,55	5,95	2,53	0,977

IA: Incremento de altura. Valores seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes, test LSD $p < 0.05$

El estado nutricional de las plantas fue adecuado de acuerdo a los resultados de los análisis foliares (Tabla 8). La fertilización con harinas cárnicas a la dosis más elevada fue la única que igualó el contenido en N de las plantas con fertilización mineral, aunque todos los tratamientos estuvieron dentro de los niveles recomendados.

Los brinzales con fertilización orgánica, tanto con compost de lodos de depuradora como con harinas cárnicas, fueron de calidad similar a aquellos que recibieron fertilización mineral, sin que se vieran diferencias al duplicar la dosis de N aplicada.

Tabla 8. Contenido foliar en macro (mg g⁻¹) y micronutrientes (mg Kg⁻¹), fertilización

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
C	14,7b	1,27ab	18,0c	7,19c	2,38a	116b	25,2b	55,2b
L1	13,2a	1,28ab	15,7a	6,20ab	2,37a	95,5a	19,5a	47,2a
L2	13,6a	1,20ab	15,2a	6,04a	2,33a	106ab	42,6c	56,7b
HC1	13,7a	1,29b	16,9b	6,64b	2,68b	90,5a	19,1a	45,6a
HC2	14,7b	1,17a	16,6b	6,56ab	2,42a	87,2a	18,6a	43,9a
Rangos adecuados	10-20	1-2	>8	3-6	1-1,9	20-200	20-800	20-70

Valores seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes, test LSD $p < 0.05$. Rangos: macronutrientes en Tausz et al., (2004) para *P. halepensis* y micronutrientes en Fürst (2013) para *Pinus* spp.

CONCLUSIONES

Pese al carácter exploratorio de este ensayo, se han obtenido resultados bastante prometedores respecto al uso de residuos orgánicos en viverismo forestal en condiciones mediterráneas. Los brinzales han sido de calidad similar a los crecidos en mantillo, empleando como sustrato fibra de coco, virgen o reciclada, y usando combinaciones de fibra de coco reciclada con compost de residuos urbanos o huesecillo de aceituna, los cuales, en ciertos parámetros, como por ejemplo pH y densidad aparente del sustrato, ofrecían valores más adecuados que el sustrato comercial. De igual modo, la fertilización con compost de lodos de depuradora o con harinas cárnicas ha dado lugar a resultados similares a los productos minerales, mucho más caros. El uso de vermicompost, por el contrario, no se ha mostrado útil para mejorar el desarrollo radicular de los brinzales pese a los prometedores resultados de otros autores.

Referencias

- Abad, M., Noguera, P., Bures, S. (2001). National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain. *Bioresource Technology*, 77, 197-200.
- Campitelli, P., Ceppi, S. (2008). Effects of composting technologies on the chemical and physicochemical properties of humic acids. *Geoderma*, 144: 325-333.
- Davis, A.S., Jacobs, D.F., Wightman, K.E., Birge, Z.K.D. (2006). Organic matter added to bareroot nursery beds influences soil properties and morphology of *Fraxinus pennsylvanica* and *Quercus rubra* seedlings. *New Forests*, 31, 293-303.
- Dickson, A., Leaf, A.L., Hosner, I.E. (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedlings stock in nurseries. *Forest Chronicle*, 36, 10-13.
- Domínguez-Lerena, S., Murrias, G., Herrero, N., Peñuelas, J. (2001). Cutivo de once especies mediterráneas en vivero: implicaciones prácticas. *Ecología* 15, 213-223.
- Fürst, A., 2013. Classification values for European foliar data. Forest Foliar Coordination Centre, Federal Research Centre for Forests, Wien. <http://www.ffcc.at/>
- Hernandez-Apaolaza, L., Gasco, A.M., Gasco, J.M., Guerrero, F. (2005). Reuse of waste materials as growing media for ornamental plants. *Bioresource Technology*, 125-131.
- Kandari, L.S., Kulkarni, M.G., van Staden, J. (2011). Vermicompost leachate improves seedling emergence and vigour of aged seeds of commercially grown *Eucalyptus* species. *Southern Forests*, 73, 117-122.
- Lazcano, C., Sampedro, L., Zas, R., Dominguez, J. (2010). Vermicompost enhances germination of the maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). *New Forest*, 39, 387-400.
- Mañas, P., Castro, E., Vila, P., de las Heras, J. (2010). Use of waste materials as nursery growing media for *Pinus halepensis* production. *European J. of Forest Res.*, 521-530.

- MAPA. 1986. Métodos oficiales de análisis. Tomo III (Plantas, productos orgánicos fertilizantes, suelos, aguas, productos fitosanitarios, fertilizantes inorgánicos). Ministerio de agricultura y Pesca. Madrid.
- Snedecor, G.W., Cochran, W.G. (1989). Statistical Methods, 8th Editio. ed, Statistical Methods. Iowa State University Press.
- Tausz, M., Trummer, W., Wonisch, A., Goessler, W., Grill, D., Jimenez, M.S., Morales, D. (2004). A survey of foliar mineral nutrient concentrations of *Pinus canariensis* at field plots in Tenerife. *Forest Ecology Management*, 189, 49-55.
- Thompson, B., E., (1985) Seedling morphological evaluation: what you can tell by looking. In: Durvea, M., L. (Ed.) Proceedings: Evaluating seedling quality; principles, procedures and predictive abilities of major test. Oregon State University, Corvallis: 59-71.
- Veijalainen, A.-M., Heiskanen, J., Juntinen, M.-L., Lilja, A. (2008). Tree-seedling compost as a component in Sphagnum peat-based growing media for conifer seedlings: Physical and chemical properties, in: Michel, J. (Ed.) Proceedings of the International Symposium on Growing Media, *Acta Horticulturae*: 431–438.