

Uso de compost en la producción de plantines de especies forestales.

Autores: Santiago A. Varela ⁽¹⁾, Gustavo Basil ⁽²⁾

⁽¹⁾ Grupo de Ecología Forestal, INTA EEA Bariloche
svarela@bariloche.inta.gov.ar

⁽²⁾ Campo Forestal Gral. San Martín, INTA Las Golondrinas
gbasil@bariloche.inta.gov.ar

Serie técnica: "Sistemas Forestales Integrados"

Área Forestal - INTA EEA Bariloche

Sección: "Silvicultura en vivero"

Varela, S. A. y Aparicio, A. (eds.)

Cuadernillo N° 4: Marzo de 2011

ISSN: 1853-4775

La edición de esta serie se hace mediante aporte del proyecto PATNOR 810292

La reproducción total o parcial de este material queda sujeta a la aprobación del cuerpo editorial y de los autores.

Las ideas expresadas por los autores de los artículos firmados pertenecen a los mismos y no reflejan necesariamente la opinión de los editores ni del INTA.

RESUMEN.

La re-utilización de residuos de origen vegetal, animal y humano para recuperar o incrementar la fertilidad del suelo es una actividad que se conoce hace 2000 años. A lo largo de la historia de la agricultura, el hombre ha aplicado toda clase de materia orgánica a los suelos. Durante 150 años los fisiólogos mantuvieron la teoría húmica, que indicaba que las plantas se nutrían directamente del humus del suelo y la presencia de este material marcaba su fertilidad. Sin embargo, la revolución agrícola promovida en el siglo pasado, comenzó a poner en dudas que el humus fuera el principio nutritivo de las plantas a la vez que fomentó el desarrollo de fertilizantes inorgánicos. Esta marginación y desplazamiento progresivo de los residuos orgánicos, motivada por la gran difusión de los fertilizantes químicos y las exigencias de los sistemas modernos, ha provocado la aparición de otros problemas como la contaminación del ambiente producto de la acumulación de residuos orgánicos y la pérdida, en el largo plazo, de materia orgánica y N de los suelos fertilizados. En la actualidad son cada vez mayores los esfuerzos invertidos en el reciclaje de residuos orgánicos debido a que diariamente se producen en grandes cantidades. El compostaje es un proceso antiguo que hace poco está siendo redescubierto y potenciado con nuevos aportes biotecnológicos. Si bien el compostaje está siendo implementado en distintos emprendimientos, todavía se encuentra en período de desarrollo. Dicho proceso tiene múltiples funciones, según el objetivo a alcanzar. Desde la perspectiva medioambiental, el compostaje facilita la gestión de los residuos orgánicos, reduciendo su peso, volumen y peligrosidad, permitiendo además reciclar los recursos contenidos en ellos. Desde el punto de vista agrícola, con el compostaje se obtiene un material maduro, estable e higienizado, con un alto contenido en materia orgánica y componentes húmicos, el cual puede ser utilizado sin riesgo en agricultura por ser inocuo y no contener sustancias fitotóxicas, favoreciendo el crecimiento y el desarrollo de las plantas. El presente cuadernillo brinda aspectos básicos relacionados al uso de residuos orgánicos y menciona resultados particulares de ensayos en los cuales algunos de estos compost se utilizaron en la producción de plantines de especies forestales.

ÍNDICE

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 1. INTRODUCCIÓN. | 3 |
| 2. EL COMPOSTAJE: DEFINICIONES. | 4 |
| 3. USOS DE LOS COMPOST. | 5 |
| 3.1. <i>Ventajas</i> | 4 |
| 3.2. <i>Desventajas</i> | 6 |
| 4. APLICACIONES DEL COMPOSTAJE A LA OBTENCIÓN DE PRODUCTOS ALTERNATIVOS A LOS SUSTRATOS TRADICIONALES Y LA PRODUCCIÓN DE PLANTINES | 7 |
| 4.1. <i>Ejemplos de ensayos de producción de plantines con utilización de compost</i> | 8 |
| 5. CONSIDERACIONES FINALES. CONCLUSIONES. | |
| 6. GLOSARIO TÉCNICO | |
| 7. RECURSOS EN INTERNET. | |
| 8. REFERENCIAS. | |

1. INTRODUCCIÓN

El término **residuo** se aplica a todo aquel material generado por las actividades de producción y consumo, el cual no alcanza ningún valor económico en las condiciones particulares de tiempo y de lugar en que se ha producido, y que es preciso recoger y tratar por razones de salud y de contaminación ambiental, para evitar ocupaciones innecesarias de espacio, o simplemente, por motivaciones estéticas (Abad y Puchades, 2002). Los residuos se pueden clasificar, según su naturaleza, en orgánicos e inorgánicos, destacando los orgánicos por su elevado volumen de producción y su fuerte impacto medioambiental. Existen tres grandes sectores productores de residuos orgánicos (Abad y Puchades, 2002; Climent *et al.*, 1996):

- Sector primario: residuos agrícolas, ganaderos y forestales
- Sector secundario: residuos industriales (agroalimentarios, textiles, etc.)
- Sector terciario: residuos urbanos (RSU, biosólidos = lodos de depuración, etc.)

Los residuos orgánicos tienen un fuerte impacto sobre el medio ambiente, contaminando la atmósfera, el suelo y las aguas (superficiales y subterráneas). Este efecto es debido principalmente a sus altos contenidos en materia orgánica -inestable e inmadura- y elementos minerales, y a la presencia de compuestos orgánicos recalcitrantes, metales pesados, fitotoxinas, patógenos vegetales y animales, etc., los cuales son altamente contaminantes (Cegarra *et al.*, 1994; Vogtmann *et al.*, 1993).

Adicionalmente y debido a los problemas ecológicos y económicos provocados por el uso intensivo e inadecuado de los fertilizantes minerales sintéticos, la agricultura mundial en los últimos años está encaminada a lograr una agricultura sostenible sobre la base de obtener altos rendimientos con aplicación de bajos insumos de estos productos, y ha revitalizado la idea de hacer uso de productos de origen orgánico.

Entre los diferentes métodos de adecuación de los residuos orgánicos para fines agrícolas destaca el compostaje (Abad y Puchades, 2002; Climent *et al.*,

1996), tanto desde el punto de vista ecológico como económico, (Raviv, 1998). Al mismo tiempo que colabora en la gestión de los residuos sólidos, el compostaje es el sistema que más respeta el ciclo de conservación de la materia y el que mayor aplicación encuentra en Agricultura, (Soliva, 2001).

En la actualidad, el compostaje es un proceso sin un grado de complejidad tecnológica excesivo, poco contaminante y con mayor aceptación social en comparación a otras técnicas de procesamiento de residuos.

Por otra parte, existe permanentemente en la agricultura la idea de mejorar los sistemas o hacerlos más eficientes. Este es el caso de viveros donde lo que se busca es generar plántulas y plantines sanos con alto poder de supervivencia y adaptación a la hora del trasplante. La búsqueda de alternativas técnicas, económicas y ecológicamente viables, con vista a mejorar dichos aspectos se ha hecho una práctica frecuente. En relación a esto último, diversos autores (por ejemplo Burdett, 1990) describen las características que deberían reunir en general los plantines forestales para ser exitosos en términos de 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 (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).

2. EL COMPOSTAJE: DEFINICIONES.

El compostaje es un proceso biológico termófilo en donde la materia orgánica es descompuesta por una gran cantidad de microorganismos. Bacterias, hongos, protozoos, ácaros, miriápodos, entre otros organismos aeróbicos, digieren los compuestos orgánicos transformándolos en otros más simples (Rynk, 1992). Es un proceso de descomposición oxidativa de los constituyentes orgánicos de los materiales de desecho, que se lleva a cabo bajo condiciones controladas y origina un producto que representa grandes beneficios cuando es adicionado al suelo (Peña, 2002). Bajo condiciones de aireación, humedad y temperaturas controladas y combinando fases mesofílicas (temperatura y humedad medias) y termófilas (temperatura superior a 45° C), transforma los residuos orgánicos degradables, en un producto estable e higienizado, aplicable como abono o sustrato. Es decir, el compostaje es:

- Una técnica de estabilización y tratamiento de residuos orgánicos biodegradables. El calor generado durante el proceso (fase termófila) va a destruir las bacterias patógenas, huevos de parásitos y muchas semillas de especies no deseadas que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado.
- Una técnica biológica de reciclaje de materia orgánica que al final de su evolución da humus, factor de estabilidad y fertilidad del suelo.
- El resultado de una actividad biológica compleja, realizado en condiciones particulares; el compostaje no es, por tanto, un único proceso. Es, en realidad, la suma

de una serie de procesos metabólicos complejos procedentes de la actividad integrada de un conjunto de microorganismos. Los cambios químicos y especies involucradas en el mismo varían de acuerdo a la composición del material que se quiere compostar.

El producto obtenido al final de un proceso de compostaje, el compost, posee un importante contenido en materia orgánica y nutrientes, pudiendo ser aprovechado como abono orgánico o como sustrato, Abad y Puchades, 2002).

El proceso de compostaje (Fig. 1) se basa en la actividad de microorganismos que viven en el entorno, ya que son los responsables de la descomposición de la materia orgánica. Para que estos microorganismos puedan vivir y desarrollar la actividad descomponedora se necesitan unas condiciones óptimas de temperatura, humedad y oxigenación.

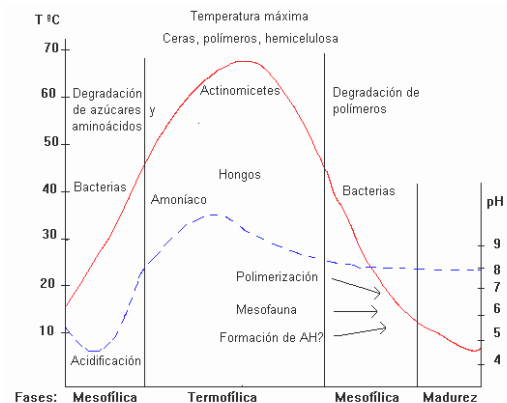


Figura 1. Etapas del proceso de compostaje donde se muestra la evolución de la temperatura (°C, línea roja), pH (línea azul) y los diferentes microorganismos y procesos involucrados en cada etapa (Modificado de Costa et al. 1991).

Son muchos y muy complejos los factores que intervienen en el proceso biológico del compostaje, estando a su vez influenciados por las condiciones ambientales, tipo de residuo a tratar y el tipo de técnica de compostaje empleada. Los factores más importantes son:

Temperatura. Se consideran óptimas las temperaturas del intervalo 35-55 °C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas. A temperaturas muy

altas, muchos microorganismos interesantes para el proceso mueren y otros no actúan al estar esporulados.

Humedad. En el proceso de compostaje es importante que la humedad alcance unos niveles óptimos del 40-60 %. Si el contenido en humedad es mayor, el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico, es decir se produciría una putrefacción de la materia orgánica. Si la humedad es excesivamente baja se disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso es más lento. El contenido de humedad dependerá de las materias primas empleadas. Para materiales fibrosos o residuos forestales gruesos la humedad máxima permisible es del 75-85 % mientras que para material vegetal fresco, ésta oscila entre 50-60%.

pH. Influye en el proceso debido a su acción sobre microorganismos. En general los hongos toleran un margen de pH entre 5-8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia (pH= 6-7,5).

Oxígeno. El compostaje es un proceso aeróbico, por lo que la presencia de oxígeno es esencial. La concentración de oxígeno dependerá del tipo de material, textura, humedad, frecuencia de volteo y de la presencia o ausencia de aireación forzada.

Relación C/N equilibrada. El carbono y el nitrógeno son los dos constituyentes básicos de la materia orgánica. Por ello para obtener un compost de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada entre ambos elementos. Teóricamente una relación C/N de 25-35 es la adecuada, pero esta variará en función de las materias primas que conforman el compost. Si la relación C/N es muy elevada, disminuye la actividad biológica. Una relación C/N muy baja no afecta al proceso de compostaje, perdiendo el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco. Es importante realizar una mezcla adecuada de los distintos residuos con diferentes relaciones C/N para obtener un compost equilibrado. Los materiales orgánicos ricos en carbono y pobres en nitrógeno son la paja, el heno seco, las hojas, las ramas, la turba y el aserrín. Los pobres en carbono y ricos en nitrógeno son los vegetales jóvenes, las deyecciones animales y los residuos de matadero.

Población microbiana. El compostaje es un proceso aeróbico de descomposición de

la materia orgánica, llevado a cabo por una amplia gama de poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetes.

3. USOS DE LOS COMPOSTS.

3.1 Ventajas.

Recuperación y mejora del suelo: La utilización del compost como enmienda orgánica o producto restituidor de materia orgánica en los terrenos de labor tiene un gran potencial e interés en nuestro país, ya que la presencia de dicha materia orgánica en el suelo en proporciones adecuadas es fundamental para asegurar la fertilidad y evitar la desertización. Además, cabe comentar que la materia orgánica en el suelo produce una serie de efectos de repercusión agrobiológica muy favorable.

Mejora las propiedades físicas del suelo: La materia orgánica contribuye favorablemente a mejorar la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola (serán más permeables los suelos pesados y más compactos los ligeros), aumenta la permeabilidad hídrica y gaseosa, y contribuye a aumentar la capacidad de retención hídrica del suelo mediante la formación de agregados.

Mejora las propiedades químicas: La materia orgánica aporta macronutrientes N, P, K y micronutrientes, y mejora la capacidad de intercambio de cationes del suelo. Esta propiedad consiste en absorber los nutrientes catiónicos del suelo, poniéndolos a largo plazo a disposición de las plantas, evitándose de esta forma la lixiviación. Por otra parte, los compuestos húmicos presentes en la materia orgánica forman complejos y quelatos estables.

Mejora la actividad biológica del suelo: La materia orgánica del suelo actúa como fuente de energía y nutrición para los microorganismos presentes en el suelo. Estos viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización. Una población microbiana activa es índice de fertilidad de un suelo.

Aplicabilidad al suelo: Tanto el compost como los estiércoles sin compostar son buenas enmiendas con valor fertilizante para los suelos. Normalmente el estiércol se añade al suelo directamente,

proporcionándole calidades comparables a las que alcanzaría con el compost.

Ahora bien, existen beneficios complementarios por la utilización de compost, como son:

- El proceso de compostaje convierte el contenido en nitrógeno presente en los estiércoles en una forma orgánica más estable. Por tanto, esto produce menores pérdidas de nitrógeno, el cual permanece en una forma menos susceptible de lixiviarse y, por tanto, de perder amonio.
- La mayoría de los estiércoles tienen una elevada relación carbono/nitrógeno. Cuando se aplican al suelo directamente, el exceso de carbono en los estiércoles hace que el nitrógeno en el suelo quede inmovilizado y, por tanto, no disponible para el cultivo. El compostaje disminuye la relación carbono/nitrógeno a niveles aceptables para la aplicación al suelo.
- El calor generado mediante el proceso de compostaje reduce la viabilidad de las semillas que pudieran estar presentes en dicha enmienda.

Destruye los patógenos: La destrucción de patógenos durante la fase termófila (fase de altas temperaturas) permite, mayoritariamente, la utilización no contaminante del abono orgánico.

Producto comercializable: Una de las características más atractivas del compostaje es que existe un mercado para el producto. Entre los compradores potenciales se incluyen los agricultores que practican agricultura ecológica u horticultura más o menos intensiva, fruticultores, particulares que poseen viviendas con jardín, dueños de pastizales, operadores de campos de golf y propietarios de viveros. Ahora bien, se debe ser cuidadoso en la utilización de determinados tipos de compost (ej. biosólidos) de los cuales no se tenga la certeza de que se hayan cumplido plenamente todos los controles necesarios. El precio de los compost varía considerablemente en función de las características, envasado y calidad, materiales de partida utilizados y destino del producto terminado, puesto que aún hoy en día, se le considera como un producto residual en unos casos o como producto de lujo en otros. El precio depende igualmente del mercado local.

3.2. Desventajas.

Entre las desventajas que se le atribuyen al compost están:

Las de **tipo económico:** A la hora de plantearse un compostaje hay que tener en cuenta que este proceso supone una cierta inversión, ya que se necesitan una serie de equipos (principalmente maquinaria) y a veces unas mínimas instalaciones.

Disponibilidad de terreno: No hay que olvidar que dentro del proceso de compostaje hay que prever un terreno para almacenar los materiales de partida, otro para mantener los compost durante la fase de maduración y otro para almacenar los productos ya terminados, además del espacio dedicado al compostaje propiamente dicho (Fig. 2).

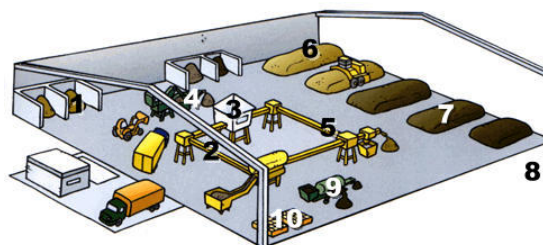


Figura 2. Esquema mostrando las diferentes zonas y espacios de una planta de compostaje completa: 1. Recepción de la fracción orgánica de la basura; 2. Criba cilíndrica que rueda y separa la materia orgánica del desecho basto; 3. Cabina de selección manual; 4. Recepción de la fracción vegetal y trituración; 5. Mezcla y homogenización; 6. Disposición en pilas; 7. Volteado de las pilas y control de las condiciones ambientales del proceso; 8. Recogida de los lixiviados y de las aguas pluviales; 9. Cribado del compost maduro y 10. Compost (maduración) (Tomado de la página web de la Planta de Compostaje de Botarell; <http://www.gencat.cat/mediamb/ea/virtual/e-botare.htm>).

Las de **tipo climatológico:** Si el clima es muy frío, el proceso se alarga debido a las bajas temperaturas, e incluso, a veces, se para, debido a la imposibilidad de hacer funcionar los equipos adecuadamente a causa de las heladas y nevadas. Las lluvias excesivas también pueden dar lugar a problemas de encharcamientos y anaerobiosis si no hay un buen drenaje y una inclinación adecuada del terreno.

Las de **tipo medioambiental**: Estas desventajas se pueden evitar con una buena práctica a la hora de realizar el proceso y con una buena elección del terreno donde se van a almacenar, tanto los materiales iniciales como los compost en fase de maduración, ya que es en este periodo donde hay más peligro que las pérdidas de nitrógeno, en forma de nitratos, contaminen las aguas subterráneas.

Las de **valor fertilizante**: Si los compost son sometidos a malas prácticas (ej. acumulación del producto final en el exterior, sometido a la acción de lluvias que promueven su lavado), el contenido en nitrógeno que estos poseen es muy bajo. Si bien no es una desventaja *per se*, otro punto a ser tenido en cuenta es que las cantidades que hay que aplicar de compost son superiores a las que habría que aplicar cuando se usan fertilizantes químicos de síntesis, debido a que en un compost los nutrientes se encuentran en formas muy complejas que necesitan sufrir en el suelo un proceso de mineralización para ser asimilados por las plantas. Adicionalmente, la liberación de nutrientes por parte del compost es lenta. En cantidades altas, este tipo de enmiendas puede resultar negativo para las plantas, recomendándose generalmente sustratos con 30 a 50% de compost.

El **contenido de semillas**: En un principio se sugirió que la resistencia de las semillas al proceso de compostaje estaba relacionada por un lado a las temperaturas que se alcanzaban en el proceso y por otro a las diferencias entre semillas de distintas especies. Actualmente se ha demostrado que también la presencia de "puntos fríos" (ciertas zonas que no alcanzan dentro de una pila de compost las temperaturas propias del proceso), el número de volteos y el contenido de humedad de la pila de compostaje influyen en la cantidad de semillas viables en el compost. Además, durante la etapa de madurez, sobre todo si se realiza al aire libre, el compost puede contaminarse con semillas dispersadas por el viento. La introducción de semillas de especie exóticas con el compost como vector, tanto en producción agrícola extensiva e intensiva, y en la restauración de ambientes degradados, puede ocasionar daños ambientales y económicos. En este sentido algunos países han establecido reglamentaciones para la comercialización del compost

respecto al número de semillas viables (ver Tabla 1).

Tabla 1. Reglamentaciones vigentes sobre contenido de semillas en compost expresadas en semillas litro⁻¹ para los diferentes países (Tomado de Kowaljow & Varela, 2010).

| País | Número de semillas permitido | Fuente |
|-------------|----------------------------------|--------------------------------------------|
| Holanda | 2 semillas litro ⁻¹ | DHV, 1999; Brinton, 2000 |
| Alemania | 0,5 semillas litro ⁻¹ | CAS2, 2000; Brinton, 2000 |
| Reino Unido | 5 semillas litro ⁻¹ | CAS2, 2000; Brinton, 2000 |
| Australia | 0 semillas litro ⁻¹ | CAS2, 2000; Brinton, 2000 |
| España | 2 semillas litro ⁻¹ | Comisión Nacional de Medio Ambiente – 2000 |

4. APLICACIÓN DEL COMPOSTAJE A LA OBTENCIÓN DE PRODUCTOS ALTERNATIVOS A LOS SUSTRATOS TRADICIONALES Y LA PRODUCCIÓN DE PLANTINES.

El compostaje es una técnica de estabilización de residuos orgánicos (RO) que tiene interés en el aprovechamiento de residuos y subproductos de distintas actividades como sustratos y hoy por hoy presenta un interés especial por diferentes razones:

- Fuerte demanda de sustratos y variados.
- Problemática derivada de la importación de materiales como la turba.
- Necesidad de proteger ciertos recursos.
- Problemas de rentabilidad y competitividad.
- Elevada producción de residuos y subproductos.
- Costos elevados de vertederos y de los sistemas de tratamientos

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) 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; Varela et al., 2006; Kowaljow & 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 (Guèrin et al., 2001; Ostos et al., 2008).

La recuperación de ambientes disturbados en la región Andino-Patagónica requiere en muchos casos la utilización de técnicas de asistencia a la regeneración natural (ej., tareas de plantación) por lo cual es necesaria una cierta disponibilidad de plantines. Para ciertas especies actualmente dichos requerimientos no son cubiertos con la oferta actual. De esta forma, los compost de origen urbano, existentes en la región, podrían ser utilizados para aumentar la producción de plantines en viveros.

4.1. Ejemplos de ensayos de producción de plantines con utilización de compost.

Basil et al., (2009) estudiaron 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. Estos autores determinaron el diámetro y la altura a 18, 25 y 37 meses, la biomasa aérea (peso de la porción aérea de los plantines) 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 de nutrientes en hoja fueron muy similares en todos los plantines, excepto el 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.

En función de estudiar los efectos de la incorporación de compost como sustrato de crecimiento de plantas en vivero, López et al., (2008), realizaron mezclas de distintos tipos de compost (biosólidos, residuos municipales y residuos de poda) en distintas proporciones (0-75% de volumen) junto con turba. Se trabajó con plantines de dos especies (romero, *Rosmarinus officinale* y ciprés italiano, *Cupressus sempervirens*). Los resultados mostraron que todos los compost utilizados fueron adecuados como medios de crecimiento (sustrato) en la producción de plantines de especies forestales. Las propiedades hidro físicas del medio de cultivo estuvieron relacionadas al tamaño de partículas de dichas enmiendas y su distribución. Los sustratos preparados por medio de la mezcla de turba y compost mostraron propiedades físicas adecuadas siempre y cuando la incorporación del compost representara volúmenes inferiores al 50%.

La salinidad y el tipo de enmienda también limitarían los porcentajes máximos a utilizar de cada tipo de compost. La germinación de plantines no se afectó hasta el 75% de compost en las mezclas. En comparación a la utilización de turba únicamente, el crecimiento de los plantines fue incrementado por la incorporación de compost hasta un 75%. Este incremento estuvo relacionado con el efecto fertilizante de los compost. La utilización de compost urbano podría de este modo ser una alternativa adecuada para la sustitución parcial de la turba (mayor al 50%) contribuyendo al mismo tiempo al reciclado de desechos urbanos.

Los sustratos artificiales más comúnmente utilizados para la producción de plantines se basan en compuestos como la turba, la fibra de coco y la corteza compostada. Pese a sus innegables ventajas, estos compuestos muestran algunas limitaciones relativas a su origen y a su comportamiento en condiciones de baja disponibilidad de agua. Fuentes et al. (2009) en España, evaluaron el uso de compost de estiércol de cerdo junto a sustratos artificiales de uso común y de compost de biosólidos + sustratos artificiales de uso común frente a la utilización de sustratos sin enmiendas en la producción de plantas forestales en vivero. En todos los casos se utilizó una mezcla de 50-50 (50% de enmienda y 50% de sustrato). Para la especie en estudio, pino carrasco (*Pinus halepensis*) se evidenciaron diferencias sustanciales entre los sustratos existiendo mayores tasas de germinación al utilizar enmiendas orgánicas. Todos los plantines que fueron introducidos en la mezcla de turba y fibra de coco mostraron alturas menores que los que recibieron algún tipo de compost. Varela y Martínez (datos no publicados) trabajaron en ensayos con plantines de dos años de *Nothofagus nervosa* en tubete en donde se utilizaron dos tipos de sustratos (turba+arena y compost de biosólidos+arena) y dos dosis de fertirriego en etapa de rustificación, analizándose parámetros morfológico-alométricos, de nutrientes en hoja y una variable fisiológica indicadora de la tasa de intercambio gaseoso (conductancia estomática) vieron que, luego de una estación de crecimiento:

- Plantines con biosólidos como sustrato y sometidos a la dosis más alta de fertirriego mostraron una mayor biomasa de raíces que plantines con el mismo sustrato y dosis estándar de fertirrigación. No así los plantines en los que se utilizó turba como

sustrato. Bajo la condición de dosis estándar de fertirrigación las plantas con biosólidos como sustrato presentaron una mayor biomasa de raíces.

- Bajo ambos sustratos las plantas con dosis alta de fertirrigación presentaron una mayor biomasa de tallos en comparación a las plantas bajo la dosis estándar. Adicionalmente las plantas bajo la condición estándar y biosólidos como sustrato presentaron mayor biomasa de tallo que las plantas en donde se utilizó como sustrato la turba.

- Bajo ambos sustratos las plantas con dosis alta de fertirrigación presentaron una mayor relación tallo:raíz en comparación a las plantas bajo la dosis estándar.

- En una caracterización inicial de nutrientes en hojas las plantas en donde se utilizó compost de biosólidos como sustrato presentaron mayores valores de Ca y menores de K en comparación a plantas con turba como sustrato. Las plantas bajo ambos tipos de sustratos mostraron valores similares de N, P, C, Mg, C orgánico y materia orgánica.

- En referencia a la variable indicadora del intercambio gaseoso las plantas con compost de biosólidos como sustrato presentaron mayores valores que las plantas con turba solo en una fecha a principios de la temporada de crecimiento. Del análisis de todos los ensayos descritos parece desprenderse que los compost en general se comportarían como buenos sustratos complementarios a los comúnmente utilizados en vivero como son la mezcla de turba con arena y/o fibra de coco.

5. CONSIDERACIONES FINALES. CONCLUSIONES.

Queremos enfatizar que la utilización de compost, como ya se describe en el trabajo, mejora las propiedades físicas, químicas y la actividad biológica del suelo. O sea, aporta materia orgánica que mejora la estructura y capacidad de almacenamiento de agua y nutrientes. Particularmente para su utilización como sustrato en la producción de plantas en vivero, cabe destacar que la mayoría de las publicaciones recomiendan el uso de compost en una proporción inferior al 50% en volumen para disminuir el riesgo de salinidad y compactación. Tales

porcentajes influyen positivamente en el crecimiento del diámetro, altura y masa radicular, generando plantas bien proporcionadas más allá del tamaño que tengan. El uso de cualquier tipo de compost reduce la utilización de tierra, promueve el reciclaje de residuos y es una alternativa válida sin limitaciones de explotación. Además, es válido destacar que hay mercado para su comercialización y es una importante fuente de trabajo a ser encarada por municipalidades locales y empresas que estén relacionadas con la reutilización de deshechos. En tal sentido, resulta sumamente importante dirigir recursos hacia líneas de investigación que profundicen la utilización de estos productos de gran potencial tecnológico y económico.

6. GLOSARIO TÉCNICO

Translocación: es el movimiento o traslado de los nutrientes esenciales de un sector a otro de la célula o del organismo.

Proceso oxidativo: es una reacción química muy poderosa donde un compuesto cede electrones, y por lo tanto aumenta su estado de oxidación.

Compuesto húmico: Lo que conocemos como humus, compuestos o sustancias húmicas constituyen el producto final de la descomposición de la materia orgánica, junto con los elementos mineralizados. Los componentes predominantes del humus son los ácidos fúlvicos, los ácidos húmicos y las huminas. Muchas veces estos compuestos reciben el nombre genérico de ácidos húmicos.

Lixiviación: La lixiviación, o extracción sólido-líquido, es un proceso en el que un disolvente líquido se pone en contacto con un sólido pulverizado para que se produzca la disolución de uno de los componentes del sólido.

Anaerobiosis: Situación o proceso que se da en ausencia de oxígeno.

7. RECURSOS EN INTERNET.

<http://www.epa.gov/owm/mtb/mtbfact.htm>;

Página de la agencia de protección ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica donde pueden conseguirse publicaciones varias sobre compostaje.

http://articulos.infojardin.com/articulos/Hacer_compost.htm;

<http://www.infoagro.com/abonos/compostaje.htm>; Páginas con información básica sobre como fabricar compost.

<http://www.scielo.cl/pdf/rcsuelo/v6n2/art01.pdf>

; Publicación de Cuevas et al., 2006 comentando sobre los efectos de las enmiendas orgánicas sobre las propiedades físicas del suelo con especial referencias a la adición de biosólidos.

8. REFERENCIAS.

Abad, M. y Puchades, R. (coord.). 2002. Compostaje de residuos orgánicos generados en la hoya de Buñol (Valencia) con fines hortícola. Ed. Asociación para la Promoción Socioeconómica Interior Hoya de Buñol, Valencia.

Basil, G.; Leanza, M.; Honorato, M. 2001. Ensayo de germinación de semillas de pino con diferentes estratificaciones en frío. Patagonia Forestal. 7(4):13-15.

Basil, G.; Mazzarino, M. J.; Roselli, L; Letourneau, F. 2009. Efecto del compost de biosólidos en la producción de plantines de *Austrocedrus chilensis* (Ciprés de la cordillera). Ciencias del Suelo 27(1): 49-55.

Brinton, W.F. 2000. Compost quality standards & guidelines: An international view, Woods End Research Laboratory. USA.

Burdett, A. N. 1990. Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for forest planting stock. *Can. J. For. Res.* 20: 415-427.

Cegarra, J.; Sánchez, M. A.; Roig, A.; Bernal, M. P. 1994. Sequential extraction of heavy metals from composting organic wastes. En: Etchevers, J.D. (Ed.). pp. 158-159. Transactions of the 15th international congress of soil science, Vol. 3b. International Society of Soil Science, México.

Climent, M. D.; Abad, M.; Aragón, P. 1996. El Compost de Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Sus Características y Aprovechamiento en Agricultura. Ediciones y Promociones LAV S.L., Valencia.

Comisión Nacional del Medio Ambiente. Departamento descontaminación, planes y normas. 2000. Normas de calidad de compost. Propuesta consolidada para consulta pública. 18 pp.

Costa, F.; García, C.; Hernández, T.; Polo, A. 1991. Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Murcia. España. 181 pp.

Enricci, J. A.; Alday, G.; Massone, D. 2001. Producción de plantines en contenedores. En: Actas VI Jornadas Técnicas de Viveristas Forestales de la Patagonia. UNPSJB, Esquel, Chubut.

Fuentes, D.; Cortina, J.; Valdecantos, J.; Casanova, G. 2009. Evaluación de compost procedentes de purines para la producción de plantas forestales y ornamentales. RUA. 12 pp.

Guérin, F.; Lemaire, O.; Marfá, R.; Giuffrida, F. 2001. Growth of *Viburnum tinus* in peat-based and peat-substitute growing media, *Scientia Horticulturae* 89: 129–142

Hicklenton, P. R.; Rodd, V.; Warman, P. R. 2001. The effectiveness and consistency of source-separated municipal solid waste and bark composts as components of container growing media. *Scientia Horticulturae* 91: 365–378.

Kowaljaw, E.; Mazzarino, M. J. 2007. Soil restoration in semiarid Patagonia: chemical and biological response to different compost quality. *Soil Biol Biochem* 39:1580–1588. doi:10.1016/j.soilbio.2007.01.008

Kowaljaw, E.; Varela, S. 2009. Acerca de esas plantas que no queremos: semillas de malezas en los compost. S. C. de Bariloche: Libro de resúmenes del taller. Primer Taller sobre Compostaje. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Agronomía-UBA.

Laos, F.; Mazzarino, M. J.; Satti, P.; Roselli, L.; Moyano, S.; Ruival, M.; Moller Poulsen, L. 2000. Planta de compostaje de biosólidos. Investigación y desarrollo en Bariloche, Argentina. *Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. 50: 6-89.

Laos, F.; Mazzarino, M. J.; Walter, I.; Roselli, L.; Satti, P.; Moyano, S. 2002. Composting of fish offal and biosolids in NW Patagonia. *Bioresource Technology* 82: 179-186.

Lavado, R. S.; Mazzarino, M. J. 2005. Fertilización de forestales. Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Echeverría, H. y F. O. García (editores) INPOFOS-INTA Balcarce, Pcia. Bs. Aires. 445-454. ISBN 987-521-192-3.

Lopez, R.; Cabrera, F.; Madejón, F. S.; Álvarez, J. M. 2008. Urban compost as an alternative for

peat in forestry nursery growing media. *Dynamic Soil, Dynamic Plant* (1): 60-66.

Mazzarino, M. J.; Satti, P.; Moyano, S.; Laos, F. 2004. Compost de biosólidos: Efecto del tamizado sobre la inmovilización de nitrógeno del suelo. *Ciencia del Suelo* 22 (1): 19-26.

Ostos, J. C.; López-Garrido, R.; Murillo, J. M.; López, R., 2008. Substitution of peat for municipal solid waste- and sewage sludge based composts in nursery growing media: effects on growth and nutrition of the native shrub *Pistacia lentiscus* L. *Bioresource Technol.* 99:1793-1800.

Pellegrini, V.; Fariña, M. 2001. Supervivencia y crecimiento de tres tipos de plantines de Pino ponderosa. VI Jornadas Técnicas de Viveristas Forestales de la Patagonia. Esquel. Río Negro. Actas. 25-28.

Peña, E. 2002. Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana.

Raviv, M. 1998. Horticultural uses of composted material. *Acta Horticulturae* 469: 225-234.

Rynk, R. 1992. On-farm composting handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. Cooperative Extension. New York . 186 pp.

Salifu, K. F.; Timmer, V. R. 2001. Nutrient retranslocation response of *Picea mariana* seedlings to nitrogen supply. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65(3):905–913.

Soliva, M. 2001. Compostatge i gestió de residus orgànics. *Estudis i Monografies* 21. Diputació de Barcelona, Àrea de Medi Ambient, Barcelona.

Varela, S.A.; Gobbi, M. E.; Laos, F. 2006. Banco de semillas de un bosque quemado de *Nothofagus pumilio*: efecto de la aplicación de compost de biosólidos. *Ecología Austral*. 16: 63-78.

Vogtmann, H.; Fricke, K.; Turk, T. 1993. Quality, physical characteristics, nutrient content, heavy metals and organic chemicals in biogenic waste compost. *Compost Science and Utilization* 1: 68-87.

Wilson, S. B.; Stoffellaa, P. J.; Graetzb, D. A. 2002. Development of compost-based media for containerized perennials. *Scientia Horticulturae* 93 (3-4):311-320.

Zubillaga, M. S.; Lavado, R. S. 2001. Biosolids compost as component of potting media for bedding plants. *Gartenbauwissenschaft* 66(6): 304-309.