

Aplicaciones de los en la restaura

La demanda de materia orgánica y nutrientes minerales en diversos ámbitos de la restauración ecológica representa una gran oportunidad para la reutilización de residuos orgánicos. Sin embargo, su incorporación plena en la gestión y el desarrollo de nuevos productos requiere un profundo conocimiento de los condicionantes socio-económicos, técnicos, logísticos y biológicos de su uso.



Hasta fechas relativamente recientes, la reutilización de los residuos orgánicos, incluyendo los de origen humano, era una práctica habitual. Teofrasto (*Historia de las Plantas*, Libro II Cap. 5) consideraba el estiércol de origen humano como el de mayor calidad. Más recientemente (S. XVIII), en la Huerta de Valencia y ante la falta de estiércol de origen animal, se recurrió al ‘contrato estercolar’ de composición de calles, por el que los labradores recogían

la basura urbana a cambio de grava para empedrar el suelo (Palop, 1999). Un ejemplo similar lo tenemos en el Bajo Segura, comarca en la que durante esta época se suplía la carencia de estiércol mediante la monda de acequias de aguas negras y vivas (Bernabé, 1982). El posterior distanciamiento entre productores y usuarios, y la expansión de los fertilizantes inorgánicos provocó una disminución de la demanda de este tipo de productos, y por tanto su acumulación, confinamiento y

vertido. El incremento de la producción de residuos orgánicos, resultado de normativas ambientales más estrictas, ha hecho inviable el tratamiento dado a este tipo de residuos en las últimas décadas. De nuevo se plantea la reutilización agrícola -por ejemplo en el caso de biosólidos o lodos de depuradora-, pero en el marco de un uso más racional y prudente. Sin embargo, existen otros sectores en los que el uso de compuestos con elevado contenido de materia orgánica y nutrientes puede

* Investigación financiada por Ministerio de Ciencia y Tecnología-FEDER (Proyectos 1FD97-1117-C03 y REN2000-0181-P4-03) y empresa SELCO.

residuos orgánicos ción ecológica*



resultar beneficioso, entre ellos el de la restauración ecológica. La restauración ecológica tiene como objetivo contribuir a la recuperación y a la gestión de la integridad ecológica, es decir, planificar y desarrollar las actuaciones pertinentes para promover la recuperación de los ecosistemas degradados, sean éstos antiguos cultivos agrícolas abandonados, matorrales sometidos durante siglos al carboneo, montes con elevada recurrencia de incendios, laderas erosionadas por el sobrepastoreo, etc. (Figura 1; Cortina y Vallejo, en prensa).

En el marco de diversos proyectos de investigación, incluyendo colaboraciones con la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales y la Conselleria de Medio Ambiente de la Comunidad Valenciana, y las empresas Tragsa, Selco-Ecopurín® y Trabisa S.L. hemos examinado diferentes aspectos de la reutilización de residuos orgánicos en la restauración ecológica. Éstos incluyen:

- La aplicación directa (sea en de forma generalizada o en aplicación localizada).
- La reutilización como sustrato artificial para la producción de planta forestal (Figura 2, Cuadro 1).
- El desarrollo de nuevos productos ecotecnológicos, incluyendo *mulches*, enmiendas para mantas protectoras, etc.

De manera general, el aporte de productos ricos en materia orgánica y nutrientes tiene un efecto beneficioso sobre la fertilidad del suelo y por tanto sobre el estado nutricional de los vegetales, su crecimiento, e incluso su valor forrajero. La aplicación de aguas residuales y biosólidos en el sector forestal se ha desarrollado enormemente en países como EEUU, Australia o Nueva Zelanda, debido al carácter comercial de muchos de sus bosques.

También en nuestro país se ha recurrido a los residuos orgánicos, particularmente residuos municipales (Seva et al., 1996; Valdecantos et al., 1996; Roldán et al., 1996) y biosólidos (Cortina, et al., 2001; Valdecantos et al., 2001; Valdecantos y Cortina, en prensa) para aumentar la fertilidad de suelos degradados, y acelerar y dirigir la restauración. Sin duda, el ámbito en el que la reutilización de resi-

duos orgánicos se ha incorporado más plenamente en la gestión es el de la restauración de canteras (Bradshaw y Chadwick, 1988; Alcañiz et al., 1999). Diversos factores han contribuido a este fenómeno, incluyendo la extrema infertilidad de los regolitos disponibles tras las actividad extractiva, las dificultades técnicas abordables, y la percepción social de que se trata de ambientes degradados; sin olvidar la tenacidad y profesionalidad de un nutrido grupo de investigadores y gestores.

En la aplicación de residuos orgánicos en medios no tan degradados se presentan algunas dificultades adicionales.

Condicionantes sociales. Los medios forestales presentan algunas ventajas respecto a los agrícolas, como es la lejanía a núcleos de población. Sin embargo, las molestias asociadas a la aplicación de residuos orgánicos (olores, insectos) pueden dar al traste con la intervención más prudente y justificada. Existen técnicas para atenuar algunos de estos inconvenientes (como la mezcla con cenizas para la reducción de olores; Rosenfeld y Henry, 2000) o la mejora de la calidad de los residuos mediante compostaje). Aunque estas alternativas pueden suponer un aumento sustancial de los costes, mejorarían considerablemente la aceptación social de estas prácticas y contribuirían a reducir algunos de sus riesgos.

Condicionantes técnicos y logísticos. Algunas características de medios degradados como los reseñados anteriormente, los hacen diferentes de canteras abandonadas y plantaciones forestales comerciales, en los que la aplicación de residuos orgánicos se en-

cuentra más extendida. Estas diferencias plantean condicionantes técnicos y logísticos muy relevantes. Por ejemplo, la distancia y el mal estado de las vías de acceso a los lugares de aplicación obligan a que la normalización de la gestión forestal de residuos orgánicos pase por el desarrollo de un plan de ámbito territorial, que implique la coordinación de diversos sectores y administraciones. Por otra parte, en estos medios conviene conservar y potenciar los mecanismos de regeneración espontánea (es decir, evitar en lo posible la alteración de la vegetación y el suelo existente), lo que impide la aplicación del residuo en toda la superficie, dificulta su incorporación, obliga a aplicar el residuo en una sola intervención, etc. Sin embargo, a partir del desarrollo de un proyecto piloto (Cuadro 1) hemos podido comprobar que, con maquinaria fácilmente disponible en medios rurales, se puede aplicar satisfactoriamente un residuo en el marco de una repoblación forestal, y que pequeñas modificaciones de la maquinaria existente permitirían aumentar considerablemente el rendimiento.

Condicionantes económicos. La restauración suele realizarse con presupuestos muy ajustados y sólo una mejora sustancial de los resultados puede justificar la incorporación de nuevas prácticas o tecnologías. Según nuestras estimaciones, con la utilización de maquinaria poco sofisticada la aplicación de biosólidos en una repoblación forestal puede duplicar el



Figura 1. Ejemplo de terreno degradados susceptibles de recibir residuos orgánicos. Corresponsiente a un clima termo mediterráneo semiárido (Xixona, Alacant), el objetivo de la restauración sería recuperar la cubierta vegetal, así como introducir algunas especies arbustivas desaparecidas en el pasado.

coste económico de la misma. Pero este coste se podría reducir fácilmente a un tercio del mismo con maquinaria adecuada. Además, se debe tener en cuenta que el coste de aplicación estimado (desde 23 • por tonelada) es asimilable al de una aplicación agrícola (18 • tonelada⁻¹) y menor que el de la utilización de vertedero (36 • tonelada⁻¹).

Condicionantes biológicos. El elevado contenido de sales que presentan algunos residuos orgánicos puede suponer un fuerte limitante para el desarrollo y supervivencia de los vegetales. Este factor es particularmente relevante en medios mediterráneos, en los que la sequía estival intensifica el efecto de las sales. Algunas especies vegetales típicas de medios forestales, especialmente durante la fase de establecimiento, pueden ser sensibles a la salinidad, por lo que este aspecto se debe tener en cuenta al considerar la calidad y dosis del residuo que se va a aplicar. Según nuestra experiencia, dosis elevadas de biosólidos (unos 6

Kg peso seco de biosólido procedente de digestión anaerobia aplicado con un 80 % de humedad en el fondo del hoyo de plantación, lo que corresponde a unos 6.000 Kg ha⁻¹ con un marco de plantación de 1.000 plantas ha⁻¹, o cerca de 200.000 Kg ha⁻¹ si se considera sólo la superficie del hoyo) pueden tener efectos negativos sobre especies como la encina y el pino carrasco en condiciones de campo (D. Fuentes, datos inéditos). También se debe tener en cuenta que la aplicación de residuos con elevado

contenido de humedad, si no va acompañada de una mezcla íntima con el suelo, puede dar origen a la aparición de grietas en la superficie del suelo y oquedades a escasa profundidad que favorezca la desecación del sistema radicular de plantas introducidas. Las alternativas para evitar esta situación pasan por aplicar residuos con contenidos de humedad más bajos, mezclar residuo y suelo –en ambos casos con el consiguiente encarecimiento de la actuación- o dejar pasar un cierto tiempo entre la aplicación del residuo y la introducción de las plantas. Finalmente, la mejora localizada de las propiedades físico-químicas del suelo puede promover un aumento de la competencia de plantas ruderales o de la propia vegetación espontánea, que dificultaría el establecimiento de las especies que se desea introducir. Las soluciones serían más sencillas en el primer caso (eliminación de competencia mediante binas, escardas o uso de herbicidas) que en el segundo.

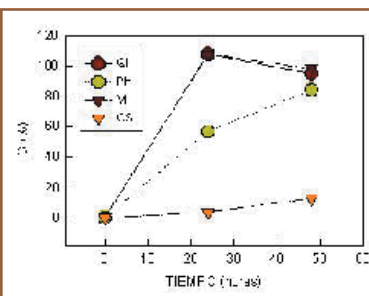


Figura 2. Un test para evaluar la calidad de los substratos orgánicos es la cuantificación de la germinación de semillas de una planta de referencia. Los resultados suelen expresarse en función de la germinación observada en agua (que correspondería al 100 %). En este caso se evaluó la germinación de semillas de *Lolium perenne* en extractos 1:5 (P:V) de los compost producidos a partir de la mezcla de la frac-

ción sólida resultante del proceso integral de tratamiento de purines ECOPURIN®, y residuos de poda y roza de encinar (QI) y pinar (PI), residuos de poda de viña (VI) y paja de cebada (CS). Los tres compost producidos a partir de residuos leñosos mostraron tasas de germinación satisfactorias (especialmente QI y VI). Por el contrario, CS mostró una tasa de germinación muy baja, probablemente asociada a la inmadurez del mismo.

SOLUCIONES Putzmeister para productos difíciles



Las Bombas industriales Putzmeister son equipos claves en las mejores instalaciones del mundo. En ellos se unen **innovación** y una larga **experiencia**.

Los silos de almacenamiento y las bombas industriales Putzmeister transportan los productos más difíciles de forma ecológica en:

- Depuradoras de Aguas Residuales
 - Reciclaje de Residuos
 - Centrales Térmicas
- Dragado de ríos y lagunas
 - Minería y Siderurgia
- Otras industrias (química, papel, etc...)

Especialistas en el manejo de pulpas y fangos con la mejor técnica.



Putzmeister Ibérica, S.A.
Camino de Hormigueras, 173
28031 Madrid
Tlfno: 91 428 81 00
Fax: 91 428 81 06

Cuadro 1. Proyectos de investigación completados o en curso en los que participa el grupo de investigación del Departamento de Ecología de la Universidad de Alicante centrados en la reutilización de residuos orgánicos en medios forestales.

<i>Valorización de la fracción sólida resultante del proceso integral de tratamiento de purines ECOPURIN®.</i>
En colaboración con CEAM. Financiado por SELCO-ECOPURIN®.
<i>Análisis de la aplicabilidad de los lodos de depuradora en el sector forestal valenciano.</i> En colaboración con CEAM, CIDE, EPSAR, TRAGSA. Financiado por MEC-FEDER.
<i>Bases científicas para la aplicación de biosólidos en montes mediterráneos – BIOMON.</i> En colaboración con U. Barcelona, EPSAR. Financiado por MEC-FEDER
<i>Restoration of Degraded Ecosystems in Mediterranean Regions – REDMED.</i>
En colaboración con CEAM. Financiado por CEC DG XII

Cuadro 2. Niveles máximos del contenido de metales pesados y compuestos orgánicos potencialmente contaminantes en biosólidos según diferentes normativas (en mg Kg⁻¹ sms excepto Dioxinas, en ng TE Kg⁻¹ sms).

Metal	Según Orden 28/05/98	Valor límite (mg/Kg sms.) según R.D. 1310/1990		Nueva ⁽¹⁾ propuesta UE	EPA ⁽¹⁾
		Suelo pH < 7	Suelo pH > 7		
Cadmio	3	20	40	10	85
Cobre	450	1000	1750	1000	4300
Níquel	120	300	400	300	420
Plomo	150	750	1200	750	840
Zinc	1100	2500	4000	2500	7500
Mercurio	5	16	25	10	57
Cromo	270	1000	1500	1000	-

Compuesto Orgánico	Nueva ⁽¹⁾ propuesta UE
AOX (Adsorbibles Orgánicos Halogenados)	500
LAS (Lineal Alquilbencenos Sulfonados)	2600
DEHP (di(2-etilhexil)ftalato)	100
NPE (nonilfenol y nonilfenoletoxilatos con 1 ó 2 grupos etoxi)	50
PAH (policíclicos aromáticos hidrocarburos)	6
PCB (policlorobifenilos)	0.8
Dioxinas	
PCDD/F (policlorodibenzodioxinas y policlorodibenzofuranos)	100

⁽¹⁾Environmental Protection Agency. EE.UU. ⁽¹⁾ Referido al uso de biosólidos o lodos de depuradora.

La presencia de compuestos potencialmente tóxicos (especialmente metales pesados y compuestos orgánicos) y de patógenos, representan un riesgo potencial para la población humana. Por ello el contenido de estos compuestos ha sido objeto de normativas nacionales e internacionales (Directiva 86/278/CEE; Directiva 91/676/CEE; Real Decreto 1310/1990). En la actualidad se está debatiendo una modificación de la normativa europea al respecto, que la haría más restrictiva (Cuadro 2). Sin embargo, convendría disponer de una información detallada que permitiera que las nuevas regulaciones conside-

raran las características climáticas, edáficas y biológicas de los medios mediterráneos degradados para optimizar la gestión de estos residuos. Por ejemplo, sería deseable disponer de más información sobre un tema tan básico como la sensibilidad de plantas forestales mediterráneas a la presencia de metales pesados (Cuadro 1).

La reutilización de residuos orgánicos en diversos ámbitos de la restauración ecológica podría contribuir a mejorar los resultados de la misma. Además permitiría ampliar las alternativas para la reutilización de este recurso. Sin embargo, para la consecución de ambos fines es

necesario superar limitaciones de diversa índole. Para ello se debe potenciar la I+D+I en este campo. Programas de colaboración como los incluidos en PROFIT (Programa de fomento de la investigación técnica convocado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología; www.mcyt.es), PETRI (Programa de estímulo a la transferencia de resultados de la investigación de Ministerio de Ciencia y Tecnología), o las diversas iniciativas promovidas desde el IMPIVA (www.impiva.es), el CDTI (Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial; www.cdti.es), o el V Programa Marco de la DG XII de la Unión Europea (www.cordis.lu/eesd/calls/calls.htm) suponen una oportunidad inmejorable para el desarrollo de estas iniciativas.

Cortina¹, J., Fuentes², D., Valdecantos², A., Vallejo², V.R., Llavador³, F., Díaz-Bertrana Sánchez⁴, J.M.Martínez-Almela⁵, J.,

1. Departament d'Ecologia, Universitat d'Alacant, Ap 99, 03080 Alacant, Spain.

2. CEAM. C/ Charles Darwin, 14, Parque Tecnológico, 46980 Paterna (Valencia), Spain.

3. Entitat Pública de Sanejament d'Aigües Residuals de la Comunitat Valenciana, C/Álvaro de Bazán 10, entlo, 46010 Valencia, Spain.

4. TRAGSA, Polígono Industrial Ademuz, Ctra Ademuz km 10.5, Ap 10094, 46980 Paterna. (Valencia), Spain.

5. SELCO-Ecopurín®. Pl. Tetuán 16. 12001 Castellón

Referencias:

Alcañiz, J.M., et al. (1999). Manual de restauració d'activitats extractives amb fangs de depuradora. Recuperació de terrenys marginals. Junta de Sanejament DMA, Generalitat de Catalunya. 69 pp.

Bradshaw, A.D. y Chadwick, M.J. (1988). Restauració de terres. Manuals de la Diputació de Barcelona 4. Barcelona

Cortina, J., Vet al. (2001). El uso de biosólidos en el sector forestal valenciano. *Foresta* 13: 64-69.

Cortina, J. y Vallejo, V.R. (en prensa). Restoration ecology. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS). UNESCO.

Roldán, A., et al. *Annales des Sciences Forestieres* 53: 1099-1112.

Rosenfeld, P.E. y Henry, C.L. (2000). Wood ash incorporation with biosolid for odour reduction. *Journal of Environmental Quality*.

Seva, J.P., et al. (1996). *Options Méditerranéennes* 20: 105-121.

Valdecantos, A., et al.(1996). *Options Méditerranéennes* 20: 87-104.

Valdecantos, A., et al 2001. Proceedings of the International Conference ORBIT 2001 on biological processing of waste: a product-oriented perspective. Part I. 137-141.