

Edafología. Volumen 7-2. Mayo 2000. pag 103-111.

BIOTRANSFORMACIÓN Y VALORIZACIÓN AGRÍCOLA DE SUBPRODUCTOS DEL OLIVAR -ORUJOS SECOS Y EXTRACTADOS- MEDIANTE VERMICOMPOSTAJE

H. SAINZ, E. BENÍTEZ, R. MELGAR, R. ALVAREZ, M. GÓMEZ Y R. NOGALES

Dpto Agroecología. Estación Experimental del Zaidín. CSIC, c/ Profesor Albareda, 1, 18008- Granada

Resumen: El presente estudio plantea la posibilidad de biotransformar los orujos secos y extractados, subproductos generados por la industria del olivar, mediante el desarrollo de un proceso de vermicompostaje. Para ello se llevó a cabo un experimento de laboratorio, en el cual 300 g de este subproducto, sólo o acondicionado con estiércol de vaca y/o biosólido residual urbano, fue inoculado con 5 lombrices (*Eisenia andrei*) no cliteladas, siendo vermicompostados, bajo condiciones controladas, durante 160 días. En todos los substratos ensayados, las lombrices se desarrollaron óptimamente, lo que provocó la mejora de la calidad agrícola de los orujos secos y extractados. Los productos finales obtenidos (vermicomposts) presentaron mayores niveles de humificación y nutrientes, menores pH y escasa fitotoxicidad, cumpliendo la mayoría de ellos con las especificaciones que contempla nuestra legislación sobre composts

INTRODUCCIÓN

El cultivo del olivar y la industria de obtención del aceite de oliva tienen una extraordinaria importancia económica y social en los países de la cuenca mediterránea. Sin embargo, estas actividades generan grandes cantidades de subproductos y/o residuos cuya eliminación constituye uno de los mayores problemas medioambientales en estas áreas. En los últimos años han experimentado un notable auge y han constituido un importante avance en el desarrollo tecnológico el empleo de sistemas de extracción de aceite de oliva mediante centrifugación por dos fases. Estos sistemas evitan la

producción de alpechines, generando únicamente un subproducto "orujo 2 fases o alperujo" que presenta un mayor contenido hídrico que los tradicionales orujos de 3 fases. Los orujos de 2 fases son utilizados como materia prima para la extracción del aceite de orujo, tras lo cual se obtiene un nuevo subproducto denominado "orujo seco y extractado". Los orujos secos y extractados pueden ser utilizados como combustible, aunque generalmente son depositados en vertederos cercanos a las orujeras, lo que representa un problema medioambiental y económico para esas industrias. Además, esta solución no permite aprovechar las sustancias contenidas en los orujos secos y extractados que pueden tener un gran interés desde un punto de vista agrícola. Por ello, y como alternativa a su abandono en vertedero, se plantea su utilización como abonos o enmiendas del suelo, aunque ello puede plantear problemas debidos a la alta relación C/N (45-50) y a la presencia de sustancias fitotóxicas (grasas, compuestos fenólicos) en esos subproductos; factores que pueden repercutir negativamente en el desarrollo de los cultivos (Nogales et al., 1995).

Por tales motivos y previamente a su aplicación al suelo, los orujos secos y extractados deben ser biotransformados y madurados con objeto que su uso agrícola no plantee problemas. Entre otros, presentan un gran interés los procesos de vermicompostaje; procesos ecobioteconológicos de bajo coste que utilizan la capacidad de algunas lombrices epigeicas para transformar residuos en abonos orgánicos estabilizados y humificados (vermicomposts), con buena estructura y elevada riqueza en nutrientes (Nogales et al., 1996; Elvira et al., 1998). Estos procesos, aplicados a diferentes residuos agrícolas, ganaderos y urbanos (Albanell et al., 1988; Benitez et al., 1999; Elvira et al., 1999; Nogales et al., 1999), han sido escasamente utilizados para biotransformar subproductos del olivar (Moreno et al., 2000)

En relación a esta cuestión, el presente estudio plantea la posibilidad de biotransformar los orujos secos y extractados, sólo o acondicionados con otros residuos orgánicos, mediante el desarrollo de un proceso de vermicompostaje. La viabilidad del proceso fue evaluada mediante la valoración periódica del crecimiento y reproductividad de las lombrices inoculadas y los cambios químicos y fitotóxicos experimentados en los diferentes substratos ensayado.

MATERIAL Y MÉTODOS

Lombrices, residuos orgánicos y tratamientos efectuados

Se utilizaron lombrices no cliteladas de la especie *Eisenia andrei* (Bouché, 1972), procedentes de un stock localizado en la Estación Experimental del Zaidín. Los orujos secos y extractados fueron suministrados por la Empresa Orujera COLGRA, DOS, S.L., Atarfe, Granada. Como residuos orgánicos acondicionantes del orujo se ensayaron estiércol de vaca maduro y biosólidos (lodos) residuales, digeridos anaerobicamente y deshidratados, procedentes de la planta depuradora de aguas residuales urbanas EDAR Churriana-Sur de Granada.

Se ensayaron 7 tratamientos constituidos por los siguientes substratos orgánicos: i) orujo seco (O), ii) estiércol vacuno maduro (E) utilizado como control, iii) 2 mezclas de orujo seco y estiércol vacuno (O:E) a unas proporciones de 8:1 y 2:1 ps:ps, iv) 2 mezclas de orujo seco y extractado y biosólido residual (O:B) a unas proporciones de 16:1 y 8:1 ps:ps y v) mezcla de orujo seco con estiércol de vaca y biosólido residual a una proporción 16:1:1 ps:ps:ps.

Desarrollo experimental

Los diferentes substratos (300 g peso seco) fueron colocados en potes cilíndricos de PVC, de 12 cm de diámetro y 10 cm de altura, siendo inoculados con 5 lombrices no cliteladas. A continuación, los potes se humedecieron (80-85% de humedad) y se taparon con una tela porosa para facilitar el intercambio de gases. Posteriormente los potes se llevaron a una cámara oscura, con condiciones controladas de temperatura (24-26 °C), manteniéndose los substratos a una humedad comprendida entre 80 y 85%. Se efectuaron 4 repeticiones por tratamiento. Las lombrices no tuvieron alimento adicional a lo largo del período experimental que fue de 160 días. A los 40, 80, 120 y 160 días, se procedió a la cuantificación del número de lombrices, se comprobó su estado de desarrollo sexual (presencia o no de clitelo) y se determinó el peso total de ellas (biomasa).

Análisis efectuados

Tanto en los substratos iniciales como en los productos obtenidos al final del proceso de vermicompostaje se realizaron los siguientes análisis: pH, conductividad, carbono orgánico total y nitrógeno total según los métodos del M.A.P.A., 1986. El fósforo y potasio total fueron determinados, después de la mineralización de las muestras con $\text{SO}_4\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}_2$, según la metodología descrita por C.I.I., 1969. Las fracciones humificadas (ácidos húmicos, AH y ácidos fúlvicos, AF) fueron extraídas de los substratos con solución alcalina (0.1M $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ -0.1M NaOH), separando ambas fracciones mediante la

acidificación del extracto a pH 1 (Dabin, 1971). La relación de humificación (RH) se calculó como el porcentaje de la suma de los ácidos húmicos y fúlvicos respecto al carbono orgánico total (Roletto et al., 1985). La fitotoxicidad de los sustratos iniciales y productos finales se realizó según el método descrito por Zucconi et al (1981) modificado. Para ello se prepararon extractos acuosos de los sustratos (relación 1:5), sobre los que se germinaron, durante 24 h, semillas de berro (*Lepidium sativum*, L), valorándose un índice de germinación (IG) como resultado del producto del porcentaje de germinación de las semillas y el crecimiento de sus radículas. Los datos fueron evaluados estadísticamente realizando análisis de varianza (ANOVA) utilizando el programa STATGRAPHICS Plus.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A los 40 días del inicio del proceso de vermicompostaje, las lombrices inoculadas en los diferentes sustratos ensayados habían alcanzado su madurez sexual, mostrando clitelo ([Tabla 1](#)). Posteriormente, el número de lombrices y la biomasa total de ellas aumentó acusadamente. Este aumento fue debido a que las lombrices inicialmente inoculadas presentaron, en todos los sustratos ensayados, un alto potencial reproductivo. Además, las capsulas presentaron una elevada fertilidad y como consecuencia de ello, una generación filial de lombrices se desarrolló adecuadamente en los diferentes sustratos.

Así, en el sustrato control (estiércol de vaca) el número máximo de lombrices y la biomasa total se alcanzó a los 80 días del inicio del proceso de vermicompostaje (143 lombrices, 7.8 g). Sin embargo al final del proceso no se detectaron lombrices en el sustrato, lo que implicaría que todo el sustrato había sido ya consumido y degradado, y las lombrices murieron por falta de alimento. En el orujo sólo (O), el número máximo de lombrices se alcanzó a los 120 días del inicio del experimento (129 lombrices) e incluso algunas de las lombrices nacidas (11 en total) alcanzaron su madurez sexual. Al final del experimento, se contabilizaron un total de 106 lombrices no cliteladas. La pérdida del clitelo junto con el descenso del número de lombrices al final del proceso evidenciaría que casi todo el sustrato había sido ya consumido y sería necesario adicionar más orujo con objeto de mantener el crecimiento y desarrollo reproductivo de las lombrices contenidas en él.

Los sustratos que contenían orujo mezclado con estiércol y/o biosólido residual presentaron una tendencia similar a la observada en el sustrato que incluía exclusivamente orujo seco y extractado, ya que por lo general y con la excepción de la mezcla orujo:estiércol 8:1, el mayor número de lombrices se

observó a los 120 días del inicio del proceso, evidenciándose asimismo un descenso al final del periodo experimental ([Tabla 1](#)). Comparativamente, hubo un mayor número de lombrices en las mezclas de orujo con estiércol de vaca que en las mezclas de orujo con biosólido o con estiércol y biosólido. Pese a las diferencias observadas, todos los sustratos que contuvieron orujo, solo o acondicionado, serían adecuados para ser utilizados en sistemas de vermicompostaje, ya que posibilitaron el crecimiento y desarrollo reproductivo de las lombrices, que incluso fue superior al observado en el sustrato que contenía exclusivamente estiércol de vaca.

La acción combinada de las lombrices y microorganismos provocó un descenso significativo del contenido del carbono orgánico en todos los sustratos ensayados ([Tabla 2](#)). Porcentualmente los mayores descensos correspondieron a la mezcla orujo:estiércol 2:1 (52%) y los menores a la mezcla orujo:estiércol:lodo (26%). El descenso del carbono orgánico fue más acusado para la fracción de materia orgánica no humificada, aunque también el C de los ácidos húmicos disminuyó significativamente, mientras que el C de los ácidos fúlvicos tendió a aumentar al final del proceso de vermicompostaje. Como consecuencia de estos descensos y junto con el aumento experimentado de los niveles de nitrógeno ([tabla 3](#)), particularmente en los sustratos que contenían orujo seco, los productos finales presentaron relaciones C/N significativamente más bajas y relaciones de humificación apreciablemente más elevadas ([Tabla 2](#)) que los sustratos iniciales. Estos cambios indicarían que los productos finales se encontraban parcialmente biodegradados, y la materia orgánica de ellos presentaba una mayor estabilidad, calidad y madurez que la de los sustratos iniciales (Roletto et al., 1985; Henry y Harrison, 1996).

Comparativamente frente a los sustratos iniciales, los productos finales que contenían orujo seco y extractado tuvieron menor pH y mayor conductividad y por lo general presentaron niveles más elevados de fosforo y potasio ([Tabla 3](#)). Una tendencia similar ha sido observada en procesos de vermicompostaje utilizando otros tipos de residuos (Elvira et al., 1996, 98).

En relación al ensayo de fitotoxicidad, los índices de germinación de los sustratos iniciales fueron por lo general bajos, lo que implicaría que estos materiales presentaron fitotoxicidad. Ello sería debido a que, especialmente los subproductos generados por la industria del olivar, contienen compuestos de naturaleza fitotóxica (fenoles, lípidos y ácidos orgánicos de bajo peso molecular), los cuales presentan un marcado carácter inhibitorio de la germinación de semillas (Saviozzi et al., 1993, Moreno et al., 2000). El proceso de vermicompostaje se mostró muy eficaz para reducir e incluso suprimir la fitotoxicidad inicial de los sustratos ensayados, ya que los productos finales presentaron índices de germinación muy elevados (> 88%). Zucconi et al (1981) y Riffaldi et al. (1986) consideran que valores de índices

de germinación de *Lepidium sativum*, L superiores respectivamente al 60%, indicarían ausencia de fitotoxicidad en los residuos orgánicos, y por ello podrían ser utilizados como abonos orgánicos maduros en agricultura, sin riesgo para el normal desarrollo de los cultivos.

[Figura 1](#)

CONCLUSIONES

Los resultados expuestos en el presente estudio ponen de manifiesto que los orujos secos y extractados procedentes de la extracción del aceite de orujo pueden ser utilizados, solos o acondicionados con otros residuos orgánicos, como sustratos en procesos de vermicompostaje. El proceso de vermicompostaje mejoró la calidad agrícola de los orujos secos y extractados, ya que favoreció la tendencia a la humificación de la materia orgánica contenida en ellos, disminuyó su pH, aumentó los niveles de nutrientes y redujo drásticamente la fitotoxicidad innata de estos subproductos. Los productos finales obtenidos "vermicomposts de orujos secos y extractados", excepto en la mezcla orujo:estiércol 2:1, cumplen con las especificaciones que contempla nuestra legislación sobre contenidos mínimos en principios activos en composts (BOE, 1998), y por ello pueden ser utilizados como abonos o enmiendas orgánicas en la agricultura tradicional, bajo cubierta y ecológica.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio ha sido financiado por la CICYT a través del proyecto OLI96-2162-CO2-02. H. Sainz agradece a la AECI-Programa Mutís, E. Benitez a la Fundación Alfonso Martín Escudero y R. Alvarez a la AECI-CSIC la financiación concedida para la realización del presente estudio. Asimismo, los autores agradecen a la Empresa COLGRA DOS, S.L. el orujo suministrado y a la Empresa EMASAGRA S.A. el biosólido proporcionado, y a ambas su interés por el desarrollo del proyecto de investigación.

BIBLIOGRAFIA

Albanell, E.; Plaixats, J.; Cabrero, T. (1988). Chemical changes during vermicomposting (*Eisenia fetida*) of sheep manure mixed with cotton industrial wastes. *Biol. Fert. Soils*, 6, 266-269.

Benitez, E.; Nogales, R.; Elvira, C.; Masciandaro, G.; Ceccanti, B. (1999). Enzyme and earthworms activities during vermicomposting of carbaryl treated sewage sludge. *J. Environ. Qual.*, 28, 1099-1104

BOE (1998) Orden de 28 de mayo de 1998 sobre fertilizantes y afines. BOE num 131 del 6 de junio de 1998.

C.I.I. 1969. Métodos de referencia para la determinación de elementos minerales en vegetales. I. N, P, K, Na, Ca y Mg. *Anal. Edaf. Agrobiol.* 28, 409-430.

Bouché, M.B. (1972). Lombrices de France. Ecologie et systematique. *Annales Zoologie. Ecologie Animale*, 72, 1-671.

Dabin, B. (1971). Etude d'une méthode d'extraction de la matière humique du sol. *Sci. Sol*, 1, 47-48

Elvira, C.; Goicoechea, M.; Sampedro, L.; Mato, S.; Nogales, R. (1996). Bioconversion of solid paper mill sludge by earthworms. *Biores. Technol.*, 57, 173-177.

Elvira, C.; Sampedro, L.; Bénitez, E.; Nogales, R. (1998). Vermicomposting of sludges from paper mill and dairy industries with *Eisenia andrei*: a pilot scale study. *Biores. Technol.*, 63, 211-218.

Elvira, C.; Sampedro, L.; Nogales, R. (1999). Suitability of sludges from dairy and paper industries for growth and reproduction of *Eisenia andrei*. *Pedobiologie*, 43, 766-770.

Henry, C. L.; Harridon, R.B. (1996). Carbon fractions in compost and compost maturity test. En Soil organic matter: Analysis and interpretation. Fr. R. Magdoff et al., ed., SSSA Special Publication No 46, 51-67. SSSA, Madison, Wis., USA.

M.A.P.A. (1986). Métodos oficiales de análisis. Publicaciones del Ministerio de Agricultura, pesca y Alimentación. Madrid.

Moreno, R.; Benítez, E.; Melgar, R.; Polo, A.; Gómez, M.; Nogales, R. (2000). Vermicomposting as an alternative for reusing by-products from the olive oil industry. *Fresenius Environ. Bull.* 9, 1-8

Nogales, R.; Elvira, C.; Benitez, E.; Gallardo Lara, F. (1995). Uso agrícola de compost y vermicompost de basuras urbanas (I) : Procesos, madurez y calidad de los productos. *Residuos*, 26, 53-57

Nogales, R.; Elvira, C., Benitez, E.; Gallardo Lara, F. (1996). Uso agrícola de compost y vermicompost de basuras urbanas (III) : Capacidad de cesion de nutrientes al suelo y la planta. *Residuos*, 29, 61-67

Nogales, R.; Elvira, C.; Benítez, E.; Thompson, R.; Gómez, M. (1999).

Feasibility of vermicomposting dairy biosolids using a modified system to avoid earthworm mortality. *J. Environ. Sci. & Health, Part B*, 34 (1), 151-169
 Riffaldi, R., Levi-Minzi, R., Pera, A.; De Bertoldi, M. (1986). Evaluation of compost maturity by means of chemical and microbial analysis, *Waste Manag. Res.*, 4(4), 387-396.

Roletto, E., Barberis, B., Consiglio, M.; Jodice, R. (1985). Chemical parameters for evaluating compost maturity. *Biocycle* 26(2), 46-47.

Saviozzi, A., Riffaldi, R., Levi-Minzi, R., Scagnozzi, A.; Vanni, G. (1993). Decomposition of vegetation-water sludge in soil. *Biores. Technol.*, 44, 223-228

Zucconi, F., Pera, A., Forte, M.; De Bertoldi, M. (1981). Evaluating toxicity of immature compost. *Biocycle*, 22, 54-57

FIGURAS Y TABLAS.

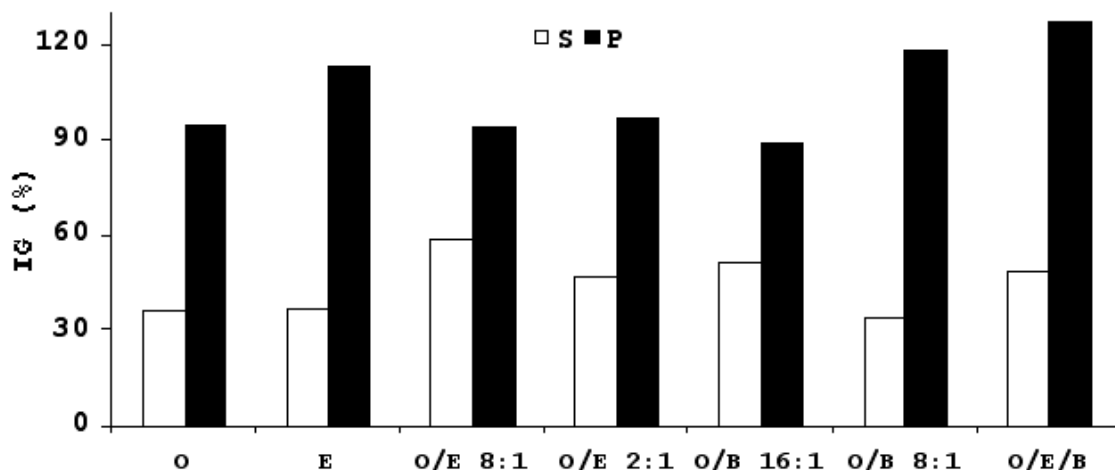


Fig. 1. Índice de germinación (SG) de semillas de berro en extractos acuosos (1:5) de los substratos iniciales (S) y productos finales (P). Valores medios de cuatro repeticiones.