

SE CONSIGUE UNA MEJORA ESTRUCTURAL, FÍSICA Y QUÍMICA, DEL SUELO POR EL INCREMENTO DE N, P Y K Y MO

Efecto de la aplicación de compost de alperujo en suelos de olivar

El alperujo presenta propiedades físico-químicas que pueden ser útiles si se usan en la agricultura como abono orgánico. Uno de los métodos más utilizados para la adecuación de los residuos orgánicos con fines agrícolas, como es el caso del alperujo, es el compostaje, que presenta una serie de ventajas tanto ambientales como agrícolas y económicas (Soliva *et al.*, 2008). La siguiente experiencia tiene lugar mediante la preparación de una pila de compost y su posterior aplicación en parcelas de olivar, observando el efecto que produce en el suelo tras su aplicación a lo largo de cuatro años.

C. García-Ortiz Civantos* ⁽¹⁾,
A. Fernández-Hernández ⁽¹⁾,
M. A. Sánchez-Monedero ⁽²⁾.

⁽¹⁾ Centro Venta del Llano del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Agroalimentaria y de la Producción Ecológica. Mengíbar (Jaén).

⁽²⁾ Departamento de Conservación de Suelos y Aguas y Manejo de Residuos Orgánicos. CEBAS-CSIC. (Murcia).

La industria de extracción del aceite de oliva tiene una gran importancia económica y social en muchos países mediterráneos, tanto en términos de riqueza como de tradición. España es el principal productor mundial, seguido de Italia, Turquía, Siria y Túnez. Un tercio de la producción mundial del aceite de oliva total se concentra en Andalucía, lo que representa casi el 80% de la producción nacional y más del 40% de la producción de aceite de oliva europeo.

El sistema de extracción de aceite de oliva más generalizado en la actualidad a nivel nacional es el sistema de centrifugación de dos fases, mediante el cual la producción anual de alperujo en España oscila entre los 3,5 y 6 millo-

nes de toneladas por campaña (Aragón y Palancar, 2001), de las cuales el 90% se obtienen solo en Andalucía.

En la industria de extracción del aceite de oliva se generan una cantidad de subproductos con poder contaminante debido principalmente a su alto contenido de sustancias orgánicas, que incluyen azúcares, taninos, polifenoles, polialcoholes, pectinas, lípidos, proteínas (Lesage-Messen y col., 2001) y cantidades significativas de N y K (Cegarra y col., 2000).

Los alperujos son por tanto residuos semi-sólidos formados por restos de pulpa y hueso triturado de aceituna, junto con el agua de vegetación, y se caracterizan por tener un contenido graso del 3 al 9%, una humedad comprendida entre el 55 y 75%, y niveles considerables de materia orgánica, potasio, micronutrientes y sustancias húmicas, pero con bajos contenidos en nitrógeno, una elevada relación C/N y altos contenidos en lignina, ácidos grasos y sustancias fenólicas (Albuquerque *et al.*, 2004).

Los enormes volúmenes producidos de estos residuos, unidos a la elevada concentración de carbohidratos y al alto contenido en hume-

dad que presentan, así como a la variabilidad de sus características asociadas a los orígenes o regiones en donde se han producido, hacen que la gestión de los mismos resulte compleja y económicamente costosa (Roig *et al.*, 2006).

Entre las principales alternativas de aprovechamiento de los residuos de almazara a nivel industrial se han desarrollado tecnologías para generar biocombustibles y energía eléctrica. También sirven como subproductos para obtener carbón activado, polifenoles naturales, enzimas, aceite (Azbar *et al.*, 2004) y pueden así mismo ser usados como fuente de proteínas en la alimentación animal. Sin embargo, para estos tipos de aprovechamiento, se requiere contar e invertir en infraestructura a nivel industrial y acondicionar los subproductos.

El alperujo presenta propiedades físico-químicas que pueden ser útiles si se usan en la agricultura como abono orgánico. El empleo directo de residuos orgánicos frescos en agricultura presenta una serie de inconvenientes como son fitotoxicidades (por compuestos orgánicos, elementos y sustancias minerales, etc.), deficiencia de oxígeno en el entorno radicular y ele-



vación de la temperatura en la rizosfera, entre otros (Khalil, 2008), por lo que dichos residuos deben ser sometidos a tratamientos previos a su utilización.

Uno de los métodos más utilizados para la adecuación de los residuos orgánicos con fines

de materia orgánica y componentes húmicos, denominado compost, que puede ser utilizado sin riesgo en agricultura, por ser inocuo y no contener sustancias fitotóxicas, y que favorece además el crecimiento y desarrollo de las plantas (Moreno y Moral, 2008).

Junto con ésta, incorporamos a la mezcla de partida otros materiales con el objetivo de aumentar la cantidad de N (estiércol de oveja) ya que el alperujo presenta una elevada relación C/N, de forma que tenga lugar un inicio adecuado del proceso de compostaje ya que se ne-



Esparciendo compost en parcelas de ensayo con máquina esparcidora.



Inicio de preparación de mezcla de las materias primas en pila de compost.

agrícolas, como es el caso del alperujo, es el compostaje (Moreno y Moral, 2008), destacando dicho proceso tanto desde el punto de vista ecológico como económico (Bernal *et al.*, 2009).

El compostaje presenta una serie de ventajas tanto ambientales como agrícolas y económicas (Soliva *et al.*, 2008).

Desde el punto de vista ambiental, una de las aplicaciones a considerar para este proceso es el tratamiento de residuos orgánicos, reduciendo su humedad, peso, volumen y peligrosidad, permitiendo así reciclar los recursos contenidos en ellos; además, el compostaje permite controlar las emisiones de CO₂ a la atmósfera de manera más fácil que otros tipos de tratamientos no biológicos, como la incineración (López y Boluda, 2008).

Por otro lado, el proceso de compostaje conduce a un producto estabilizado, maduro e higienizado, con un alto conteni-

Material y métodos

Preparación del compost

La siguiente experiencia tiene lugar mediante la preparación de una pila de compost y su posterior aplicación en parcelas de olivar, observando el efecto que produce en el suelo tras su aplicación a lo largo de cuatro años.

La preparación del compost se realiza con distintas materias primas, entre ellas la más importante a nivel de su gestión es el alperujo.

cesitan valores próximos a 30 y materiales estructurantes (restos de poda triturados) para darle porosidad y consistencia a la misma.

El compost se prepara el primer año con la composición y proporciones (en peso seco) que aparecen en la **figura 1** con objeto de conseguir una relación C/N inicial próxima a 30 y manteniendo las proporciones durante los cuatro años siguientes.

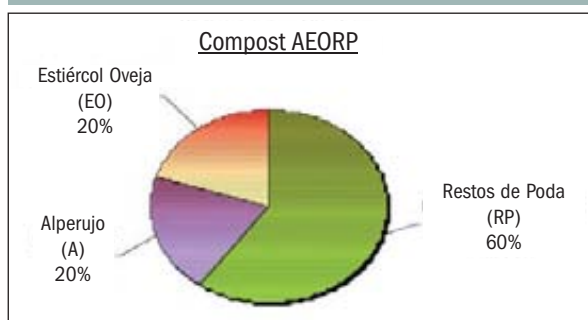
El sistema de compostaje empleado fue el de pila móvil. Se han realizado volteos durante la fase biooxidativa con una periodicidad quincenal de forma que nos ha permitido regular la presencia de oxígeno para mantener el proceso aeróbico necesario durante toda su duración, permitiendo al mismo tiempo mantener las poblaciones de microorganismos aeróbicos activos para una correcta evolución del mismo.

El seguimiento del proceso se realizó *in situ* por la medida de la temperatura y humedad, realizando los riegos necesarios cuando la humedad está por debajo de 20%.

Una vez concluida la fase biooxidativa el compost se dejó en reposo durante un periodo de maduración de dos meses. La realización de

FIGURA 1.

Composición de la pila de compost.



CUADRO I.

Cronología del proceso de compostaje.

Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
			Inicial			17 semanas		Maduro		

los compost tuvo lugar en IFAPA Centro Venta del Llano en Mengíbar (Jaén) de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.

Diseño experimental

El efecto del compost AEORP fue comparado con una fertilización inorgánica (FI), aplicados en olivar adulto de la variedad Picual cultivados en la finca experimental de IFAPA Centro Venta del Llano en Mengíbar (Jaén). Presenta un marco de plantación de 12 x 12 m, con una densidad de plantación aproximada de 70 árboles ha⁻¹, dotada de riego con goteo. Este tratamiento consta de tres repeticiones en la que cada parcela elemental está formada por dos árboles. La selección de los mismos se realizó siguiendo criterios de uniformidad en cuanto al vigor y la carga se refiere, distribuidos en un diseño experimental completamente al azar y manteniendo línea guarda entre tratamientos.

La fertilización inorgánica empleada fue de 76 kg urea ha⁻¹, 66 kg de KCl ha⁻¹ y 36 kg de superfosfato ha⁻¹, y en el mismo día se realizaba el tratamiento con compost en las parcelas adicionando 7.000 kg ha⁻¹.

Métodos analíticos

Para la caracterización del compost se realiza la determinación del pH medido en extracto acuoso 1:10 (relación p/v). Se caracterizó el compost en estado maduro mediante la medida de la concentración en nutrientes minerales (N, P, K). La medida de K, se llevó a cabo por absorción atómica, medido en emisión (métodos oficiales, tomo III), y la determinación de P por colorimetría (métodos oficiales, tomo III). El análisis del contenido de N se realizó mediante medida semiautomática de un analizador Büchi, basado en el método Kjeldhal. Los resultados son expresados en porcentaje sobre materia seca. La materia orgánica era analizada por calcificación en mufla a 450°C durante 12 h. La humedad por sequedad en estufa a 105°C hasta peso constante.

Análisis estadístico

Las diferencias entre los dos tratamientos en los distintos parámetros físico-químicos ana-

lizados fueron estudiadas mediante un análisis de la varianza de una sola vía (Anova) utilizando el test LSD para establecer diferencias significativas para $p < 0,05$, usando el programa Statistix 8.0.



Homogeneización de la mezcla inicial durante la preparación de la pila de compost.

CUADRO II.

Composición media del compost aplicado en el ensayo de campo. Resultados expresados sobre materia seca.

	Compost AEORP ^a
Humedad (%)	14,80
pH	9,09
MO (g kg ⁻¹)	504
C/N	19,8
N (%)	1,6
P (%)	0,40
K (%)	4,45
AEORP ^a (Alperujo + Estiércol de Oveja + Restos de Poda).	

Resultados**Caracterización del compost**

El proceso de compostaje de la pila de compost preparada, AEORP, se llevó a cabo desarrollando una fase de fermentación y maduración en condiciones óptimas de temperatura y humedad. En el **cuadro I** se refleja una duración del proceso de compostaje tipo y en el **cuadro II** se observan algunas de las características del compost maduro.

La temperatura es un parámetro que refleja de forma rápida, sencilla y directa la evolución del proceso de compostaje, al estar directamente relacionado con la actividad de los microorganismos encargados de dicho proceso. Cualquier problema en el proceso, falta de humedad u oxígeno, origina un cambio drástico en este parámetro. En la **figura 2** se muestra la evolución de la temperatura para la pila de compost en estudio a lo largo de los años de estudio. A lo largo del proceso se han alcanzado valores de temperatura de hasta 70°C correspondiente a la fase biooxidativa, disminuyendo hasta valores por debajo de 20°C al final de la fase de maduración.

El compost obtenido durante los años de estudio presenta contenidos de N, P y K suficientes para su empleo como fertilizante, tal y como puede observarse en el **cuadro II**. Así mismo, el contenido de materia orgánica es muy importante para enriquecer a los suelos e incrementar la fertilidad, asegurándose el aumento de la movilidad de los nutrientes y mejora del equilibrio planta-suelo. Los resultados obtenidos son similares a los descritos en bibliografía para compost de alperujo. El aporte de restos de poda como materia prima provoca un incremento de K y materia orgánica sobre el compost maduro, además de tener un pH más básico.

Ensayos en campo

Las muestras de los suelos analizados se tomaron de las parcelas elementales del ensayo para cada tratamiento (compost AEORP y abono mineral), a los tres meses de aplicación de los mismos y a unas profundidades comprendidas entre 0 y 20 cm del suelo.

En la **figura 3** se muestran los resultados obtenidos para el contenido en N, P y K en los suelos ensayados antes de la aplicación de compost, a los dos y cinco años después de la aplicación, observándose un aumento en la concentración de los nutrientes a lo largo de los años de tratamiento en las parcelas enmendadas con AEORP



Mutua Aseguradora con una dilatada presencia en el mercado asegurador, totalmente independiente y con importantes Fondos Propios pertenecientes a sus Mutualistas.

Mutua especializada en la contratación, gestión y tramitación de Seguros Agrarios Combinados. Somos la Mutua más antigua en el ámbito del Seguro Agrario Combinado, y de las más importantes, con más de 30.000 agricultores y ganaderos asegurados.

Nuestra vocación es el servicio a los agricultores y ganaderos que día a día tienen expuesto su esfuerzo a las inclemencias del tiempo, garantizándoles su futuro mediante la cobertura de sus producciones contra las adversidades climáticas, los accidentes y las enfermedades.

En MUTRAL, Mutua Rural de Seguros, estamos para asesorarte y ayudarte a decidir sobre la mejor opción de aseguramiento para tus producciones.

En MUTRAL, Mutua Rural de Seguros, nos preocupamos para que nuestros asegurados reciban el servicio más adecuado a la hora de un siniestro.

En MUTRAL, Mutua Rural de Seguros, puedes confiar, ya que nuestros intereses son los tuyos.



Si quieres
colaborar con
MUTRAL
solo tienes
que llamar al
915 712 021

Contacto

Orense, 68 - 10º
28080 Madrid
Telf: 91 571 20 21 - Fax: 91 571 23 61
E-mail: produccion@mutral.com
E-mail: administracion@mutral.com
E-mail: informatica@mutral.com

Sucursales

Reyes Católicos, 10 - 1º
03003 Alicante
Telf: 96 592 59 75 - Fax: 96 512 09 01
E-mail: francisco@mutral.com

C/Cirilo Amorós, 6
Centro empresarial - 46004 Valencia
Telf: 96 353 39 00 - Fax: 96 352 91 89
E-mail: vcanuto@mutral.com

Av. Francisco Javier, 9
Edif. Sevilla II - Mod 11. 41018 Sevilla
Telf: 95 466 36 62 - Fax: 95 492 41 36
E-mail: isacha@mutral.com

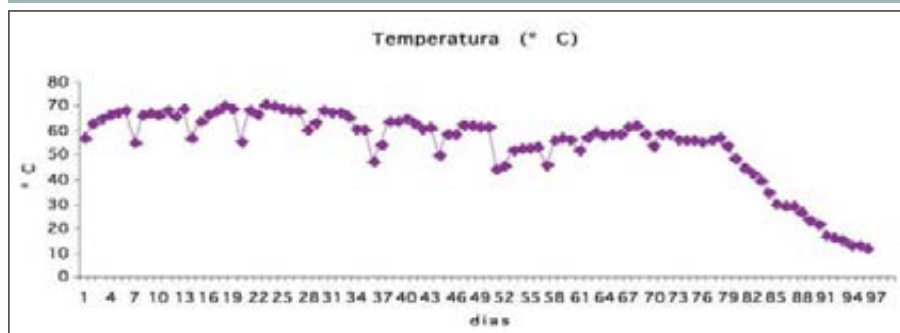
frente a las parcelas con fertilización mineral, siendo este aumento significativo en el quinto año.

El aporte que se realiza a partir del alperujo de K es muy importante debido a su elevada riqueza, por lo que hay que tener en cuenta la necesidad de una fertilización adecuada evitando intolerancia y bloqueo de otros nutrientes, hecho muy frecuente en los suelos mediterráneos (López-Granados *et al.*, 2004).

La aplicación de compost de alperujo tiene por objeto aplicar los nutrientes necesarios para el desarrollo del cultivo, desempeñando una función fertilizante. No obstante, el papel fundamental de este tipo de enmiendas es el aporte de materia orgánica que tiene lugar en los suelos tratados, tal y como se puede observar en la **figura 4**. En ella se observa cómo el contenido en materia orgánica es significativamente mayor en las parcelas en las que se aplica compost AEORP que en las parcelas tratadas con fertilizante inorgánico (FI) en las que no se muestran diferencias a lo largo de los años de estudio.

El aumento del contenido de materia orgánica en los suelos permitirá un mejor desarrollo estructural de los mismos dando lugar a una mayor resistencia a procesos erosivos, mayor porosidad y aireación así como un aumento en la capacidad de retención de agua (Giráldez, 1997). Así mismo, la presencia de sustancias húmicas favorecen la capacidad de absorción de nutrientes al aumentar la permeabilidad de la membrana celular provocando un incremento en los rendimientos de los cultivos. También ha sido observado un incremento de la actividad fotosintética de las plantas (González *et al.*, 2003) que favorece la germinación de las semillas, contrarrestan el efecto de algunos patógenos (Melgar, 2003) y proporciona energía y nutrientes para la flora y fauna del suelo (Porta *et al.*, 1999).

FIGURA 2.
Evolución de la temperatura (°C) durante el proceso de compostaje.



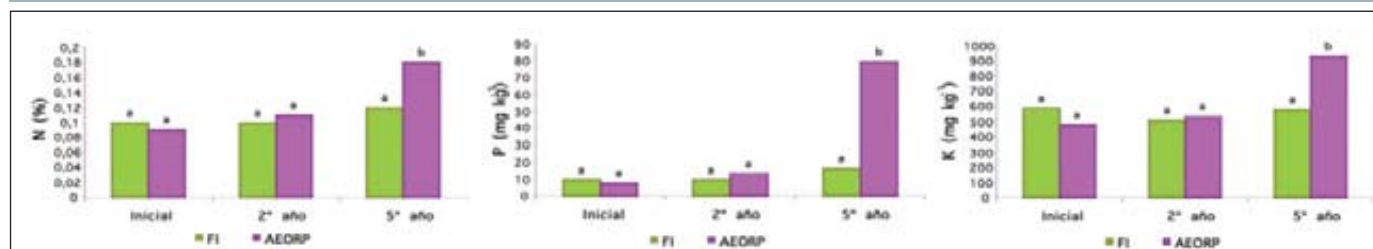
Proceso de volteo y riego de compost.

Conclusiones

A tenor de los datos obtenidos en esta experiencia se puede concluir que el compostaje de alperujo es una alternativa para la gestión medioambiental del mismo y de los restos de poda. El compost de alperujo obtenido presenta unas

características similares a otros compost preparados con diferentes residuos agroindustriales, destacando su alto contenido en elementos minerales y materia orgánica. Utilizando el compost AEORP como aporte nutricional y enmendante al suelo de olivar, se consigue una mejora estructural, física y química que se pone de

FIGURA 3.
Contenido de N, P y K en suelo para los distintos tratamientos aplicados. FI (Fertilizante Inorgánico), AEORP (Compost preparado con alperujo, estiércol de oveja y restos de poda).



* Letras diferentes en el mismo conjunto de columnas indica diferencias significativas entre tratamientos para una $p \leq 0,05$

Expertos en agricultura.



TELESCÓPICA 53I-70 FS

Para todos los marcos de plantación, para todos los tamaños de troncos,
para todas las diferentes orografías.

JCB las soluciones globales para su explotación.





Pila de compost.

manifiesto por el incremento de N, P, K y materia orgánica en el mismo.

Pero este producto orgánico obtenido (AEORP), con un contenido importante de materia orgánica, no sólo es una fuente de los tres macronutrientes principales, ya que éste es también rico en elementos secundarios y micronutrientes, que se harán disponibles para la planta debido a las propiedades quelantes de la fracción orgánica del mismo.

El uso de compost como abonos disminuirá la aplicación de fertilizantes químicos, reduciéndose así los efectos negativos derivados de su abuso. Además, pueden ser insumos de gran

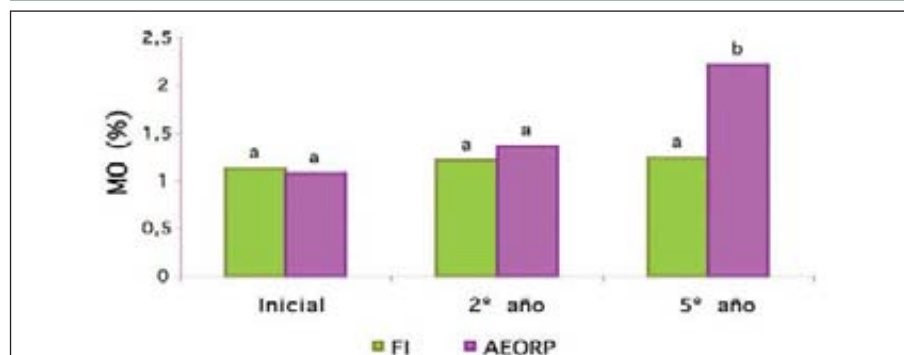
valor en agricultura ecológica donde las fuentes de materia orgánica y macroelementos constituyen un factor limitante de la producción. ●

Agradecimientos

Los Técnicos Especialistas e Investigadores que desarrollaron este trabajo agradecen el apoyo recibido por la financiación con cargo al proyecto CTM2005-05324/TECNO y CTM2009-1473-C02-02, entre CEBAS-CSIC e IFAPA Centro Venta del Llano en Mengíbar (Jaén) de la Consejería de Agricultura y Pesca (Junta de Andalucía). A las Actividades de Experimentación pertenecientes al Proyecto Transforma Olivar y Frutos Secos 2010/2013. Y al personal laboral de campo y laboratorio del IFAPA Centro Venta del Llano.

FIGURA 4.

Contenido de materia orgánica en suelo para los distintos tratamientos aplicados.



FI: (fertilizante inorgánico), AEORP: (compost preparado con alperujo, estiércol de oveja y restos de poda).

Bibliografía

Alburquerque, J.A., González, J., García, D. and Cegarra, J. 2004. Agrochemical characterisation of alperujo, a solid by-product of the two-phase centrifugation method for olive oil extraction. *Biore-source Technology*. 91:195-200.

Azbar, N., Bayram, A., Filibeli, A., Muezzinoglu, M., Sengul, F. And Ozer, A. 2004. review of waste management options in olive oil production. *Critical Review in Environmental Science and Technology*. 34:209-247.

Bernal, M.P., Alburquerque, J.A. and Moral, R., 2009. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. *Bio-resource Technology* 100:5444-5453.

Giráldez, J.V. 1997. Efectos de los diferentes sistemas de laboreo sobre las propiedades físicas del suelo. En: L. García Torres y P. González (Ed.) "Agricultura de conservación. Fundamentos agronómicos, medio ambientales y económicos". Sociedad Española de Laboreo de Conservación, Córdoba. Pp. 15-38

González Fernández, P., Ordóñez Fernández, R., de Luna Armenteros, E., 2003. Utilización como enmienda de suelos agrícolas del residuo de las almazaras conocido con el nombre de alperujo. *Mercacei*, 34, 128-129.

Kahalil, A., Domeizel, M. And Prudent, P. 2008. Monitoring of green waste composting process based on redox potential. *Bioresource Technology* 99: 6037-6045.

López, M.J. y Boluda, R., 2008. Residuos agrícolas. En: Moreno, J. y Moral, R. (Eds.). *Compostaje*. Pp. 75-92. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

López-Granados, F., Jurado-Expósito, M., Álamo, S., García-Torres, L., 2004. Leaf nutrient spatial variability and site-specific fertilization maps within olive (*Olea europaea*) orchards. *Eur. J. Agron.* 21, 209-222.

Melgar, R.; Álvarez, H.; Nogales, R. 2003. Potencialidad del compost y vermicompost de alperujo para reducir la infección de semillas de guisante por *Pythium ultimum*: resultados preliminares. En: XI Simposium Internacional del aceite de oliva. Ex-poliva 2003. OLI-21

Métodos oficiales de análisis. Tomo III, 21-38. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

Moreno, J. y Moral, R., 2008. *Compostaje*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

Porta, J.; López Acevedo, M.; Roquero, C. 1999. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. 2ª Edición. MundiPrensa, Madrid.

Roig, A., Cayuela, M. L. and Sánchez, M.M.A. 2006. An overview on olive mill wastes and their valorisation methods. *Waste Management*. 26:960-969.

Soliva, M., López, M. y Huerta, O., 2008. Antecedentes y fundamentos del proceso de compostaje. En: Moreno, J. y Moral, R. (Eds.). *Compostaje*. Pp. 75-92. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.