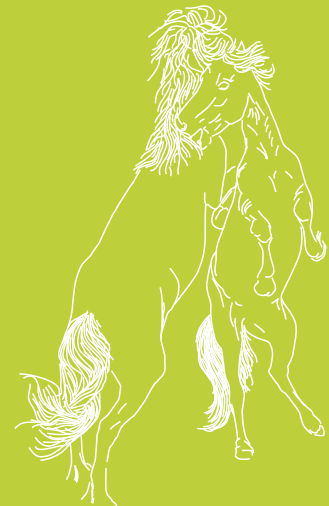


# Recursos Rurais

revista oficial do IBADER



número 9 decembro 2013  
ISSN 1885-5547

2013

Servizo de Publicacións e Intercambio Científico  
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

# Recursos Rurais

Revista oficial do Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural (IBADER)

## Redacción e Administración

IBADER (Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural) - Universidade de Santiago de Compostela. Campus Universitario s/n. E-27002 Lugo - Galicia (Spain). Teléfono 982 824 500 Fax 982 824 501

## Comite Editorial:

### Dirección

Pablo Ramil Rego  
Inst. Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural  
Departamento de Botánica  
Universidade de Santiago de Compostela

### Secretaría

M<sup>a</sup> Elvira López Mosquera  
Inst. Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural  
Departamento de Producción Vexetal  
Universidade de Santiago de Compostela

## Membros

Miguel Angel Alvarez (INDUROT, Univ. de Oviedo) - Carlos Alvarez López (Univ. de Santiago de Compostela) - Rafael Crecente Maseda (Univ. de Santiago de Compostela) - Elvira Díaz Vizcaíno (Univ. de Santiago de Compostela) - María Luisa Fernández Marcos (Univ. de Santiago de Compostela) - Antonio Iglesias Becerra (Univ. de Santiago de Compostela) - Agustín Merino García (Univ. de Santiago de Compostela) - Juan Piñeiro Andión (Centro de Investigaciónes Agrarias de Mabegondo) - Antonio Rigueiro Rodríguez (Univ. de Santiago de Compostela) - Elvira Sahuquillo (Univ. da Coruña) - Carlos Vales (Centro de Extensión Universitaria e Divulgación Ambiental de Galicia).

## Comite Científico Asesor:

Dr. Juan Altarriba Farrán (Dpto. Producción Animal, Univ. de Zaragoza)  
Dr. José Manuel Barreiro Fernández (Dpto. de Organización de Empresas, Univ. de Santiago de Compostela)  
Dr. Christian Buson (Institut de l'Environnement Liffre, Francia)  
Dr. Emilio Chuvieco Salinero (Dpto. de Geografía, Univ. de Alcalá de Henares)  
Dr. Mario Cunha (Universidade do Porto)  
Dr. Estanislao De Luis Calabuig (Dpto. de Ecología, Univ. de León)  
Dr. Francisco Díaz-Fierros Viqueira (Dpto. de Edafología, Univ. de Santiago de Compostela)  
Dr. Javier Esparcia Pérez (Dpto. de Geografía, Univ. Politécnica de

Valencia)  
Dra. Dalila Espirito Santo (Instituto Superior de Agronomía, Univ. Técnica de Lisboa)  
Dra. María Teresa Felipó Oriol (Dpto. de Edafología, Univ. Politécnica de Cataluña)  
Dr. Francisco Fraga López (Dpto. de Física Aplicada, Univ. de Santiago de Compostela)  
Dr. Eduardo Galante (Centro Iberoamericano de la Biodiversidad, Univ. de Alicante) - Dr. Domingo Gómez Orea (Dpto. de Proyectos y Planificación Rural, Univ. Politécnica de Madrid) - Dra. Helena Granja (Dpto. de Geología, Univ. do Minho) - Dr. Jesús Izco Sevillano (Dpto. de Botánica, Univ. de Santiago de Compostela)  
Dr. Knut Kryzywinski (Botanisk Institut, Universidad de Bergen, Noruega)  
Dr. Jaume Lloveras Vilamanyá (Dpto. Producción Vegetal, Univ. de Lleida)  
Dr. Edelmiro López Iglesias (Dpto. de Economía Aplicada, Univ. de Santiago de Compostela)  
Dr. Felipe Macías Vázquez (Dpto. de Edafología, Univ. de Santiago de Compostela)  
Dr. Manuel Madeira (Instituto Superior de Agronomía, Univ. Técnica de Lisboa)  
Dr. Francisco Maseda Eimil (Dpto. de Enxeñaría Agroforestal, Univ. de Santiago de Compostela) - Dra. Guillerma Meaza Rodríguez (Dpto. de Geografía, Univ. del País Vasco)  
Dr. Jose Pedro Pinto de Araujo (IPVC, Portugal)  
Dr. Jorge Luiz Ramella (UDESC, Brasil)  
Dr. Diego Rivera Núñez (Dpto. de Botánica, Univ. de Murcia)  
Dr. Antonio Rodero Franganillo (Dpto. de Producción Animal, Univ. de Córdoba)  
Dr. Luciano Sánchez García (Univ. de Santiago de Compostela)  
Dr. Isidro Sierra Alfranca (Dpto. de Producción Animal, Univ. de Zaragoza)  
Dr. Louis Trabaud (Dpto. de Ecología, Univ. de Montpellier, Francia)  
Dr. Eduardo Vigil Maeso (Dpto. de Producción Animal - Univ. de Zaragoza)

## Copyright

O envío dun manuscrito implica: que o traballo non foi publicado con anterioridade, excepto como resumo ou como parte dun libro, revista ou tese doutoral; que non se está considerando a súa publicación noutro medio; que todos os autores e se for preciso as autoridades do centro onde desenvolven o seu traballo, aceptan a súa publicación; cando o manuscrito sexa aceptado para a súa publicación, os autores aceptan ceder automaticamente o copyright á revista; o manuscrito non será de novo publicado en

calquera medio ou idioma sen o consentimento dos titulares do copyright. Todos os artigos publicados nesta revista están protexidos por copyright. Sen a autorización escrita dos titulares do copyright, queda prohibida a reprodución total ou parcial por calquera medio gráfico ou electrónico do contido de **Recursos Rurais**.

**Recursos Rurais** non se responsabiliza da opinión nin dos contidos dos artigos.

## Suscripción e Intercambios

Servizo de Publicacións e Intercambio Científico. Universidade de Santiago de Compostela, Campus Universitario Sur, E-15782 Santiago de Compostela. Teléfono 981 593 500. Fax 981 593 963

## Envío de manuscritos

IBADER, Universidade de Santiago de Compostela, Campus Universitario s/n. E-27002 Lugo, Galicia (Spain)  
ibader@usc.es

## Edición Electrónica

Unha edición electrónica desta revista está dispoñible en <http://www.ibader.org>

## Sumario electrónico

<http://www.usc.es/spubl/revistas.htm>

## Edita

Servizo de Publicacións  
Universidade de Santiago de Compostela

## Imprime

Imprenta Universitaria  
Universidade de Santiago de Compostela

## Deseño da cuberta e Maquetación

L. Gómez-Orellana

## Depósito Legal C-3.048-2005

ISSN 1885-5547

## © IBADER - USC

Na actualidade, a revista Recursos Rurais inclúese nas seguintes bases de datos: Latindex, ICYT (CSIC), Rebiun e Cirbib.

# Recursos Rurais

Revista oficial do Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural (IBADER)

número 9 decembro 2013 ISSN 1885-5547

2013  
Servizo de Publicacións e Intercambio Científico  
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

# Recursos Rurais

Revista oficial do Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural (IBADER)

O Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural (IBADER) é un instituto mixto universitario, situado na cidade de Lugo e conformado pola Universidade de Santiago de Compostela, a Consellería de Medio Ambiente, a Consellería de Política Agroalimentaria e Desenvolvemento Rural da Xunta de Galicia e o Instituto Lucense de Desenvolvemento Económico e Social (INLUDES).

Unha das actividades do IBADER é a publicación e difusión de información científica e técnica sobre o medio rural desde unha perspectiva pluridisciplinar. Con este obxectivo publícase a revista Recursos Rurais orientada a fortalecer as sinerxías entre colectivos vinculados ao I+D+I no ámbito da conservación e xestión da Biodiversidade e do Medio Ambiente dos espazos rurais, os Sistemas de Producción Agrícola, Gandeira, Forestal e a Planificación do Territorio, tendentes a propiciar o Desenvolvemento Sostible dos recursos naturais.

Recursos Rurais estrutúrase en dúas series. A serie Científico-Técnica publica artigos, revisións, notas de investigación e reseñas bibliográficas. Os artigos, revisións e notas deben ser orixinais, sendo avaliados previamente polo Comité Editorial e o Comité Científico Asesor. A serie Cursos e Monografías publica reunións, seminarios e xornadas técnicas e de divulgación, así como a promocionar a difusión de Teses de Doutoramento, revisións ou á reedición de obras fundamentais.

IBADER  
Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural  
Universidade de Santiago de Compostela  
Campus Universitario s/n  
E 27002 Lugo, Galicia (España)

Tfno 982 824500  
982 824502  
Fax 982 824500

ibader@usc.es  
www.ibader.org

**Recursos Rurais**  
**número 9 · decembro 2013**

Sumario/Summary

Manuel Antonio Rodríguez Guitián · Rosa Romero Franco · Carlos Real · Javier Ferreiro da Costa

**Descrición, cartografía e valor de conservación dos bosques da Devesa da Rogueira (Serra do Courel, NW Península Ibérica) 5**

*Description, mapping and conservation value of the Devesa da Rogueira forests (Courel Range, NW Iberian Peninsula)*

Rosa Romero Franco · Manuel A. Rodríguez Guitián · Ángela Resúa

**Plantas utilizadas en medicina humana y veterinaria en el municipio de Triacastela, Lugo (NW España) 35**

*Plants used in human and veterinary medicine in the Municipality of Triacastela, Lugo province (NW Spain)*

Andrea Hevia · František Vilcko · Juan Gabriel Álvarez-González

**Dynamic stand growth model for Norway spruce forests based on long-term experiments in Germany 45**

*Modelo dinámico de crecimiento de bosques de Picea abies (L.) Karst. en Alemania*

Hugo Martínez-Cordeiro · Marta Álvarez-Casas · Marta Lores · Jorge Domínguez

**Vermicompostaje del bagazo de uva: fuente de enmienda orgánica de alta calidad agrícola y de polifenoles bioactivos 55**

*Grape bagasse vermicomposting: a source of high quality organic amendment and bioactive polyphenols*

Javier Ferreiro da Costa · Pablo Ramil-Rego · Boris Hinojo Sánchez · Carmen Cillero Castro · Marco Rubinos Román · Luis Gómez-Orellana · Ramón A. Díaz Varela

**Diagnóstico y Caracterización de los Brezales Húmedos (Nat-2000 4020\*) de las Sierras Septentrionales de Galicia a partir de Criterios Científicos: Importancia para su Conservación 65**

*Diagnosis and Characterization of Wet heaths (Nat-2000 4020 \*) of Northern Galician Mountains from Scientific Criteria: Relevance to their Conservation*



Artigo

Hugo Martínez-Cordeiro · Marta Álvarez-Casas · Marta Lores · Jorge Domínguez

## Vermicompostaje del bagazo de uva: fuente de enmienda orgánica de alta calidad agrícola y de polifenoles bioactivos

Recibido: 9 outubro 2013 / Aceptado: 25 novembro 2013  
© IBADER- Universidade de Santiago de Compostela 2013

**Resumen** El bagazo de uva es un residuo vitivinícola generado en grandes cantidades en regiones como Galicia (España). Posee unas concentraciones polifenólicas elevadas que inhiben el crecimiento de raíces y plantas y son un riesgo para su aplicación como enmienda orgánica en agricultura sin un proceso de tratamiento previo. Pero los polifenoles son también compuestos bioactivos naturales, y por su carácter antioxidante y demás propiedades asociadas son sustancias a considerar en la obtención de ingredientes para la industria cosmética, farmacéutica o alimentaria. En este experimento se realizó un proceso de vermicompostaje del bagazo de uva de la variedad Albariño y se estudiaron los principales cambios físicos, biológicos y químicos (particularmente, polifenólicos) que se producen durante su degradación. Tras 42 días de vermicompostaje, las semillas aisladas presentaban todavía unas concentraciones de polifenoles importantes y de elevado interés industrial. En cuanto al bagazo vermicompostado las concentraciones polifenólicas disminuyeron rápidamente hasta el final del proceso (día 112) y se obtuvo un vermicompost final maduro, estable y de calidad para su uso como enmienda orgánica en campos de cultivo.

**Palabras clave** Residuo vitivinícola, compuestos polifenólicos, vermireactor, lombriz de tierra, vermicompost.

**Abstract** Grape marc is a winery waste generated in large quantities in regions such as Galicia (Spain). It has high polyphenol concentrations that inhibit the growth of roots and plants and that could become a risk in using it as organic amendment in agriculture without pretreatment process. Polyphenols are natural bioactive compounds that for their antioxidant properties and other associated properties are important substances considered in obtaining ingredients for cosmetic, pharmaceutical or food industry. In this experiment we performed a vermicomposting process with grape marc from the Albariño variety. The main physical, biological and chemical changes (particularly, polyphenolics) during the degradation process have been studied. After 42 days of vermicomposting, the isolated seeds still have high concentrations of polyphenols with important industrial interest. The polyphenolic content of the vermicomposted grape marc was decreasing rapidly until the end of the process (day 112); and a mature, stable and high quality vermicompost was obtained for use as organic fertilizer on crops.

**Key words** Winery waste, polyphenolic compounds, vermireactor, earthworm, vermicompost.

### Introducción

El bagazo de uva es un subproducto de la industria vitivinícola que se obtiene tras los procesos de extracción del mosto en la preparación del vino. Está formado por los tallos, piel, pulpa, semillas y racimos que quedan después del prensado de la uva. Aproximadamente, de cada 100 kg de uva procesada se obtienen entre 15 y 20 kg de residuo (Usaquén-Castro et al. 2006). Se estima que a nivel mundial la industria vitivinícola produce una cantidad de al menos 10 millones de toneladas anuales de residuo (Maier et al. 2009), de las cuales en España se producen alrededor de 1 millón de toneladas al año. Se trata de un sustrato valioso debido a un alto contenido en nutrientes, principalmente nitrógeno y potasio, esenciales para el crecimiento de plantas y desarrollo de cultivos (Bertran et al. 2004) y posee cantidades importantes de lignina, celulosa y polifenoles

---

Hugo Martínez-Cordeiro · Jorge Domínguez  
Departamento de Ecoloxía e Bioloxía Animal, Universidade de Vigo, E-36310 Vigo  
Tel: 699582447  
E-mail: hmartinez@uvigo.es

Marta Álvarez-Casas · Marta Lores  
Departamento de Química Analítica, Nutrición e Bromatoloxía, Universidade de Santiago de Compostela, E-15782 Santiago de Compostela

(Dell'Agli et al. 2004). En la actualidad, la principal aplicación del bagazo es su utilización como enmienda orgánica en los campos de cultivo, pero sin un proceso de tratamiento previo (Bustamante 2007; Cegarra & Paredes 2007). Esto produce la liberación de polifenoles en el suelo los cuales pueden inhibir el crecimiento de las raíces (Inbar et al. 1991) y en consecuencia, afectar al desarrollo de las plantas, pudiendo ser perjudicial en su uso como enmienda orgánica en campos de cultivo. Los polifenoles constituyen uno de los grupos de metabolitos secundarios más numerosos y ampliamente distribuido en el reino vegetal (Sardesai 1995). Son compuestos bioactivos naturales (Gharras 2009; Quideau et al. 2011) y por su carácter antioxidante y demás propiedades asociadas son sustancias a considerar en la obtención de ingredientes para la industria cosmética, farmacéutica o alimentaria. Los efectos beneficiosos de los polifenoles se atribuyen principalmente a sus propiedades antioxidantes, ya que pueden actuar, dependiendo de su estructuras químicas, como eliminadores de radicales libres (Rice-Evans 2001), los cuales están directamente involucrados en fenómenos de estrés oxidativo y en numerosas patologías asociadas.

Una alternativa de tratamiento del bagazo es mediante un proceso de vermicompostaje. Este trabajo demuestra que dicho proceso facilita la obtención de compuestos polifenólicos que, de modo simultáneo, se aprovechan para su uso a nivel industrial y se eliminan del producto final, con el fin de mejorar su calidad como enmienda orgánica en campos de cultivo. Los sistemas de vermicompostaje sostienen una compleja cadena trófica donde las lombrices de tierra detritívoras y principalmente epigeas interactúan de forma intensa con los microorganismos y demás fauna descomponedora. Se trata de un proceso de biooxidación, degradación y estabilización de los sustratos orgánicos mediante dos fases, una fase inicial o activa en la cual las lombrices acondicionan y fragmentan el sustrato incrementando el área expuesta para los microorganismos (Domínguez et al. 2010) y una fase de maduración en la cual los microorganismos más especializados asumen el control del proceso y degradan compuestos más complejos (Domínguez et al. 2010).

Las lombrices promueven una separación mecánica del sustrato, transformando las partes mejor asimilables en un vermicompost ya estabilizado, homogéneo, rico en nutrientes y de granulometría fina (Domínguez, 2004) que ocupa las capas inferiores. De esta manera, aumenta la concentración de semillas en las capas superficiales y se facilita así el proceso de tamizado que tiene lugar una vez finalizado el vermicompostaje. Estas semillas las partes de mayor concentración polifenólica y por lo tanto de elevado interés para usos industriales.

En general, el proceso de vermicompostaje es una tecnología rápida y de bajo coste para la gestión de residuos poco valorados de diferente naturaleza (Domínguez & Edwards, 2010) y por lo tanto, potencialmente adecuado para su uso con bagazo de uva. Con este proceso no solo se favorece su eliminación, sino que también se ofrece una alternativa económica adicional y nuevas oportunidades para el uso de este subproducto.

En función de estas características, el objetivo de este experimento consiste en realizar un estudio completo y detallado sobre el potencial del vermicompostaje como tratamiento del bagazo de uva, la posible bioconversión de este subproducto en enmienda orgánica para horticultura y como fuente de compuestos polifenólicos bioactivos de interés industrial concentrados principalmente en las semillas.

---

## Materiales y métodos

### Bagazo de uva

El bagazo de uva utilizado estaba constituido por tallos, piel, pulpa, semillas y racimos y pertenecía a la variedad Albariño (*Vitis vinifera*), cultivada en Galicia para la producción de vinos blancos de alta calidad bajo la Denominación de Origen Rías Baixas. El bagazo fue proporcionado por la bodega Mar de Frades situada en San Martiño de Meis, (Pontevedra) y se almacenó en una cámara fría a una temperatura de 4°C hasta su utilización.

### Especie de lombriz utilizada

Se utilizaron lombrices de tierra de la especie *Eisenia andrei* Bouché (1972) pertenecientes a la categoría ecológica de epigeas. Estas lombrices viven en el horizonte orgánico del suelo y son de pequeño tamaño, pigmentadas, con una alta tasa reproductiva, ciclo de vida corto, alta tasa de consumo y una gran asimilación de la materia orgánica en descomposición.

### Funcionamiento del vermireactor

El procesamiento del bagazo tuvo lugar en un vermireactor de una superficie de 6 m<sup>2</sup> (1,5 x 4 m) con una cama de vermicompost maduro para asegurar la supervivencia de las lombrices y una población ya presente de lombrices de tierra *Eisenia andrei* de 214 ± 26 individuos m<sup>-2</sup>. Las lombrices desmenuzan el residuo en las capas superficiales y se descarga el vermicompost en la parte inferior a través de un suelo perforado.

Antes de introducir el bagazo en el vermireactor se procedió a airearlo y humedecerlo durante 4 días a temperatura ambiente para conseguir una humedad óptima para las lombrices, en torno al 80-85%. Sobre la superficie de la cama de vermicompost y para separarlo del bagazo de uva se dispuso una red de plástico de 5 mm de luz de malla que permitió el paso de las lombrices a su través sin afectar de este modo al procesado del residuo y para facilitar la toma de muestras durante el proceso de vermicompostaje. Una vez introducido el bagazo en el vermireactor, se extendió sobre la red de manera homogénea y se cubrió con una malla de sombra para reducir la evaporación de agua y mantener una humedad óptima para la supervivencia de las lombrices.



## Población de lombrices

Para el seguimiento de la población de lombrices se recogieron, cada 14 días, 5 muestras que contenían cada una un espesor de 6 cm recogidos por encima de la malla donde estaba el residuo y 6 cm por debajo en el mismo sitio correspondiente a la zona de la cama. Las muestras se recogieron con un extractor cilíndrico (7,5 cm de diámetro y 12 cm de altura) a lo largo de los 112 días del proceso de vermicompostaje.

## Toma de muestras

Para el análisis de las características físicas, químicas y biológicas se recogieron de manera aleatoria, 5 muestras de 10 gramos de bagazo de uva vermicompostado y 5 muestras de 10 gramos de semillas aisladas manualmente en los días 0, 56 y 112 del vermicompostaje. Para el análisis de los polifenoles totales se recogieron de manera aleatoria, y cada 7 días, 5 muestras de 10 gramos de bagazo de uva vermicompostado, las cuales a partir del día 42 fueron tamizadas a través de 1 mm de luz de malla y se analizó solamente el vermicompost producido; y 5 muestras de 10 gramos de semillas aisladas manualmente durante el proceso de vermicompostaje. Para el análisis de polifenoles individuales presentes en semilla se recogieron de manera aleatoria 5 muestras de 10 gramos de semillas aisladas manualmente en los días 0 y 112 del vermicompostaje. Todas las muestras se almacenaron en bolsas de plástico a una temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta el momento de la realización de los análisis.

## Procedimientos analíticos

Análisis físicos, químicos y biológicos: El pH y la conductividad eléctrica se midieron en extractos de agua destilada en proporción 1:10 (peso fresco: volumen); y el contenido de materia orgánica por pérdida de peso tras la calcinación de la muestra seca a  $550 \pm 50^{\circ}\text{C}$  durante 4 horas en un horno-mufla. La concentración de C y N total se determinó en muestra seca con un analizador elemental CHNS-O EA-1108; y la concentración de P y K total en muestras secas sometidas a digestión previa y determinadas mediante Espectrometría de Emisión Óptica con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES). La actividad microbiana estimada como respiración basal se realizó a través de un equipo de botellas Oxitop® y el análisis de fibras (celulosa, hemicelulosa y lignina) se realizó según el método fibra detergente propuesto por Goering & Van Soest (1970).

Extracción de polifenoles: Se utilizó la técnica de extracción con disolventes presurizados (PSE, Pressurized Solvent Extraction) mediante un equipo de PSE comercializado por Dionex (ASE 150). Las muestras se molieron y se extrajeron con un 63% de disolvente orgánico (metanol) en agua y se concentraron 10 veces para su posterior análisis por cromatografía de líquidos, utilizando un HPLC Varian

Prostar con detector de red de diodos (DAD) y una columna Waters Nova-Pak C18 3,9 x 150 mm.

Determinación de polifenoles totales: Se determinaron por el método de Folin Ciocalteu (Singleton & Rossi, 1965) mezclando 5 mL de la muestra diluida en agua milli-Q, 100  $\mu\text{L}$  del reactivo Folin & Ciocalteu y 1 mL de una disolución de carbonato sódico (20 %  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  en  $\text{H}_2\text{O}$  Milli-Q). Se agitó en vortex y se dejó reposar 30 minutos a temperatura ambiente y oscuridad para reducir el reactivo Folin & Ciocalteu por los compuestos polifenólicos. Se realizó la lectura de las absorbancias a una longitud de onda de 760 nm (espectrofotómetro Shimadzu, UVmini-1240, Tokio, Japón) y la concentración de polifenoles totales se calculó mediante una curva de calibrado de ácido gálico. Los resultados fueron expresados como equivalentes de ácido gálico por litro ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  GAE).

Identificación y cuantificación de los polifenoles: La identificación de los diferentes polifenoles se llevó a cabo a dos longitudes de onda distintas (280 y 350 nm) a las que absorben estos compuestos en función de su estructura. A partir de la biblioteca de espectros UV y con una selección de patrones comerciales de polifenoles se compararon, tanto los espectros como los tiempos de retención de dichos patrones, con los picos cromatográficos obtenidos en la inyección de los extractos de semilla. De esta manera se pudieron identificar los cuatro polifenoles principales en las semillas durante todo el proceso (ácido gálico, catequina, epicatequina y quercetinas) y se determinó la concentración de cada uno a través de las rectas de calibrado de los patrones correspondientes

## Análisis estadístico

Se realizó una prueba t de Student de muestras pareadas para el seguimiento de la población de lombrices, para la caracterización física, química y biológica del bagazo y para la evolución de polifenoles individuales durante el proceso de vermicompostaje. Para la evolución de los polifenoles totales presentes en el bagazo vermicompostado y semillas se utilizó un ANOVA de medidas repetidas y un test a posteriori HSD de Tukey utilizando el paquete estadístico SPSS v 19.

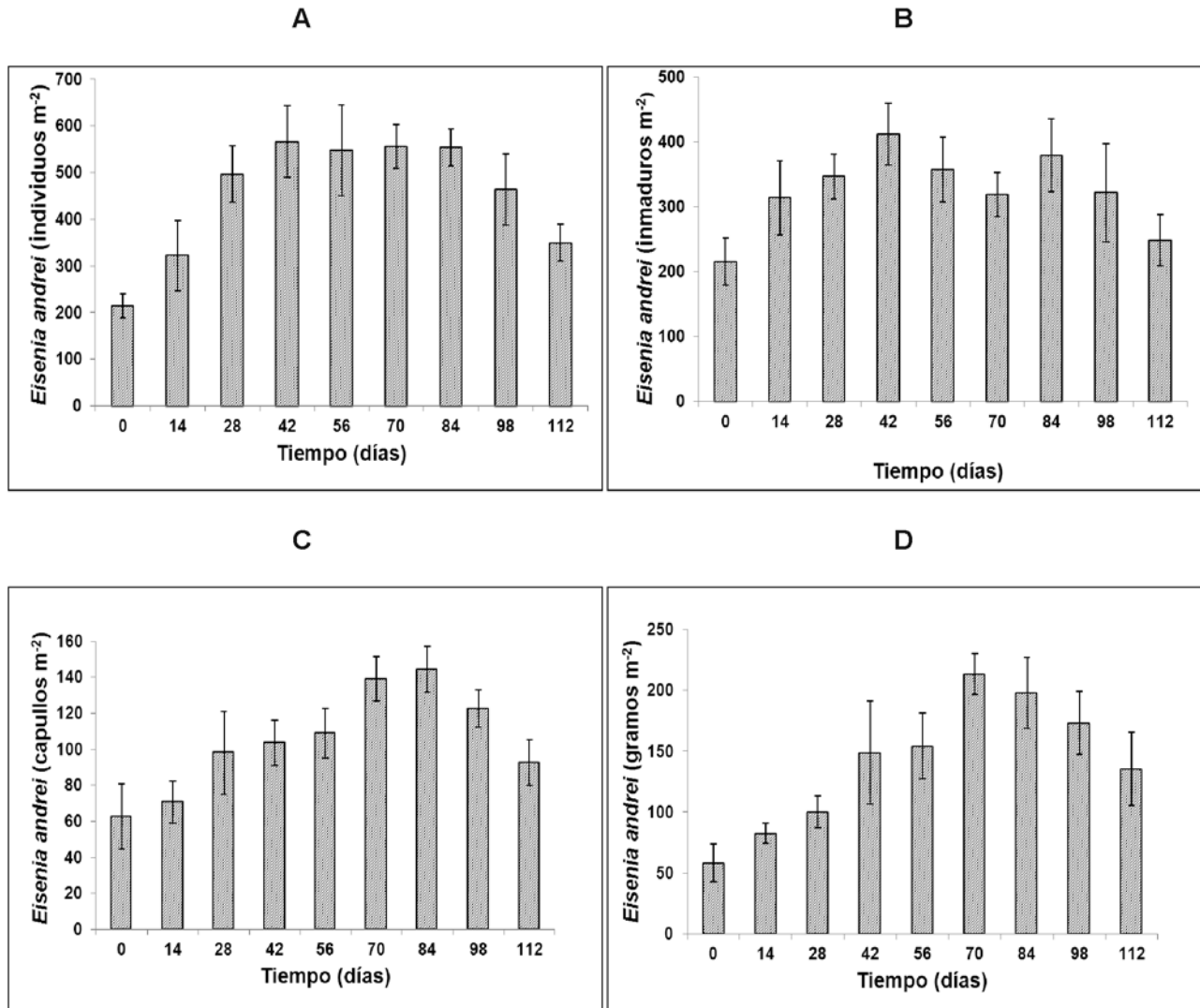
## Resultados

### Evolución de la población de lombrices

La densidad media de la población de lombrices *Eisenia andrei* a lo largo del proceso de vermicompostaje fue de  $452 \pm 59$  individuos  $\text{m}^{-2}$  (Figura 1 A). El número de individuos se incrementó hasta el día 42 en un 164 % ( $p=0,016$ ). En el día 56 la población se estabilizó manteniendo unos niveles de densidad elevados hasta el día 84, a partir del cual se apreció un importante descenso hasta el día 112 de un 37% ( $p=0,013$ ). Al igual que ocurrió con la población total de lombrices el número de individuos inmaduros (Figura 1 B) se incrementó de forma significativa desde el día 0 hasta el día 42, en este caso en un 91 % ( $p=0,038$ ). Hasta el día 84 la densidad poblacional se estabilizó y se

mantuvo sin cambios significativos ( $p=0,742$ ) registrándose a partir de este día una disminución en la población del 35% ( $p=0,014$ ). Por otro lado, la densidad media de capullos fue de  $104 \pm 14$  capullos  $m^{-2}$  (Figura 1 C). Su densidad aumentó de forma significativa hasta el día 84 en un 130% ( $p=0,007$ ). Posteriormente se aprecia un importante descenso

significativo hasta el día 112 en un 36% ( $p=0,029$ ). En cuanto a la biomasa media de la población fue de  $140 \pm 19$  g  $m^{-2}$  (Figura 1 D). Hasta el día 70 se incrementó de forma significativa en un 265% ( $p<0,0001$ ). A partir de ese momento y durante los últimos 42 días del proceso se produce un descenso importante de un 36% ( $p=0,01$ ).



**Figura 1.-** Cambios en la densidad poblacional total (A) densidad de individuos inmaduros, (B), densidad de capullos (C) y biomasa (D) de lombrices (*Eisenia andrei*) durante el proceso de vermicompostaje del bagazo de uva. Los valores se corresponden con la media  $\pm$  el error estándar ( $n=5$ )

Evolución de las principales características físicas, químicas y biológicas del bagazo de uva durante su vermicompostaje

Como se puede comprobar en la Tabla 1, el pH inicial fue de  $4,36 \pm 0,04$  y aumentó de forma clara en un 91% hasta el día 56 ( $p<0,0001$ ). A partir de ese momento y hasta el día 112 el pH se hace significativamente menor, disminuyendo en un 13% hasta alcanzar un valor de  $7,10 \pm 0,03$  en el vermicompost final obtenido ( $p=0,001$ ). La conductividad

eléctrica del bagazo de uva inicial fue de  $1,34 \pm 0,15$  mS cm y se detectó un importante descenso significativo hasta el día 56 en un 63% ( $p<0,0001$ ), a partir del cual continuó disminuyendo pero de manera menos acusada finalizando con un valor de  $0,27 \pm 0,01$  mS cm ( $p=0,006$ ).

El contenido de materia de orgánica del bagazo de uva fue de  $91,21 \pm 0,30\%$  y se mantuvo sin cambios significativos hasta el día 56, reduciéndose posteriormente en un 18% hasta el final del experimento con un contenido final de  $74,98 \pm 0,34\%$  ( $p<0,0001$ ).

Características Físicas, químicas y biológicas	Día 0	Día 56	Día 112
pH	4,36 ± 0,04	8,17 ± 0,06	7,1 ± 0,003
Conductividad Eléctrica (mS cm <sup>-1</sup> )	1,34 ± 0,15	0,49 ± 0,01	0,27 ± 0,009
Materia orgánica (% peso seco)	91,21 ± 0,30	92,29 ± 0,71	74,98 ± 0,34
Carbono total (g kg <sup>-1</sup> peso seco)	484,23 ± 1,60	535,03 ± 2,48	375,96 ± 1,47
Nitrógeno total (g kg <sup>-1</sup> peso seco)	20,19 ± 0,62	20,56 ± 0,95	29,63 ± 0,13
Relación C/N	24,02 ± 0,72	26,12 ± 1,14	12,68 ± 0,07
Fósforo total (g kg <sup>-1</sup> peso seco)	4,03 ± 0,08	2,80 ± 0,1	8,36 ± 0,32
Potasio total (g kg <sup>-1</sup> peso seco)	30,46 ± 0,56	16,13 ± 0,39	11,40 ± 0,65
Actividad microbiana (mg O <sub>2</sub> . kg <sup>-1</sup> MO. h <sup>-1</sup> )	122,76 ± 0,02	138,76 ± 0,19	42,93 ± 0,005
Lignina (g kg <sup>-1</sup> peso seco)	516,32 ± 9,56	495,76 ± 8,96	323,54 ± 2,36
Celulosa (g kg <sup>-1</sup> peso seco)	225,3 ± 10,39	204,53 ± 6,77	58,26 ± 10,48
Hemicelulosa (g kg <sup>-1</sup> peso seco)	100,6 ± 1,39	90,83 ± 0,89	30,56 ± 0,54

**Tabla 1.-** Cambios en las características físicas, químicas y biológicas del bagazo de uva durante el proceso de vermicompostaje. Los valores se corresponden con la media ± el error estándar (n=3)

El contenido de carbono total del bagazo inicial fue de 484,23 ± 1,60 g kg<sup>-1</sup> peso seco. Aumentó ligeramente hasta el día 56, para luego disminuir de forma significativa en un 30% hasta alcanzar 375,96 ± 1,47 g kg<sup>-1</sup> peso seco al final del experimento (p= 0,001). Sin embargo, el nitrógeno total presentó unos valores iniciales de 20,19 ± 0,62 g kg<sup>-1</sup> peso seco aumentando en un 47% hasta la obtención del vermicompost final con un contenido de 29,63 ± 0,13 g kg<sup>-1</sup> peso seco (p= 0,008). De esta manera la relación C/N inicial fue de 24,02 ± 0,72, se mantuvo sin cambios significativos hasta el día 56 para luego disminuir significativamente en un 51% con una relación de 12,68 ± 0,07 en el último día de vermicompostaje (p= 0,006).

El contenido de fósforo total en el bagazo inicial fue de 4,03 ± 0,08 g kg<sup>-1</sup> peso seco. Tras los 112 días de vermicompostaje aumentó significativamente en un 99% y finalizó con un contenido de 8,36 ± 0,32 g kg<sup>-1</sup> peso seco (p= 0,008). En cambio, el potasio total que presentaba un contenido 30,46 ± 0,56 g kg<sup>-1</sup> peso seco en el bagazo inicial disminuyó significativamente durante todo el proceso en un 81% finalizando en el vermicompost final con un valor de 11,4 ± 0,65 g kg<sup>-1</sup> peso seco (p= 0,037).

La actividad microbiana del bagazo de uva inicial fue de 122,76 ± 0,02 mg O<sub>2</sub> Kg<sup>-1</sup> MO h<sup>-1</sup>. Aumentó ligeramente hasta el día 56 (p<0,0001) y disminuyó posteriormente en un 69% para alcanzar en el vermicompost final una tasa de respiración de 42,93 ± 0,005 mg O<sub>2</sub> Kg<sup>-1</sup> MO h<sup>-1</sup> (p<0,0001).

En cuanto a las fibras analizadas el contenido de celulosa y hemicelulosa del bagazo inicial fue 225,3 ± 10,39 y 100,6 ± 1,39 g kg<sup>-1</sup> peso seco respectivamente; su concentración varió de forma significativa tras 112 días de vermicompostaje finalizando con un contenido de celulosa de 58,26 ± 10,48 g kg<sup>-1</sup> peso seco (p= 0,011) y un contenido de hemicelulosa de 30,56 ± 0,54 g kg<sup>-1</sup> peso seco (p<0,0001). La lignina en el bagazo inicial presentó un valor 516,32 ± 9,56 g kg<sup>-1</sup> peso seco y tras los 112 días de vermicompostaje finalizó con un contenido de 323,54 ± 2,36 g kg<sup>-1</sup> peso seco (p<0,0001).

Evolución del índice de polifenoles totales (IPT) en el bagazo de uva y semillas a lo largo del proceso de vermicompostaje

El contenido de polifenoles en el bagazo de uva inicial (Figura 2 A) fue de 58 ± 5 mg GAE g<sup>-1</sup> bagazo seco. La concentración disminuyó considerablemente a lo largo del tiempo de vermicompostaje (p<0,0001). Los resultados del test a posteriori HSD de Tukey indican que la mayor diferencia en la cantidad de polifenoles presentes en el bagazo de uva se da entre los días 7 y 112 con una disminución del 98%, manteniéndose en las últimas semanas en unos niveles muy bajos en comparación con los presentados antes del inicio del vermicompostaje y alcanzando en el producto final una concentración de 1,37 ± 0,07 mg GAE g<sup>-1</sup> bagazo seco.

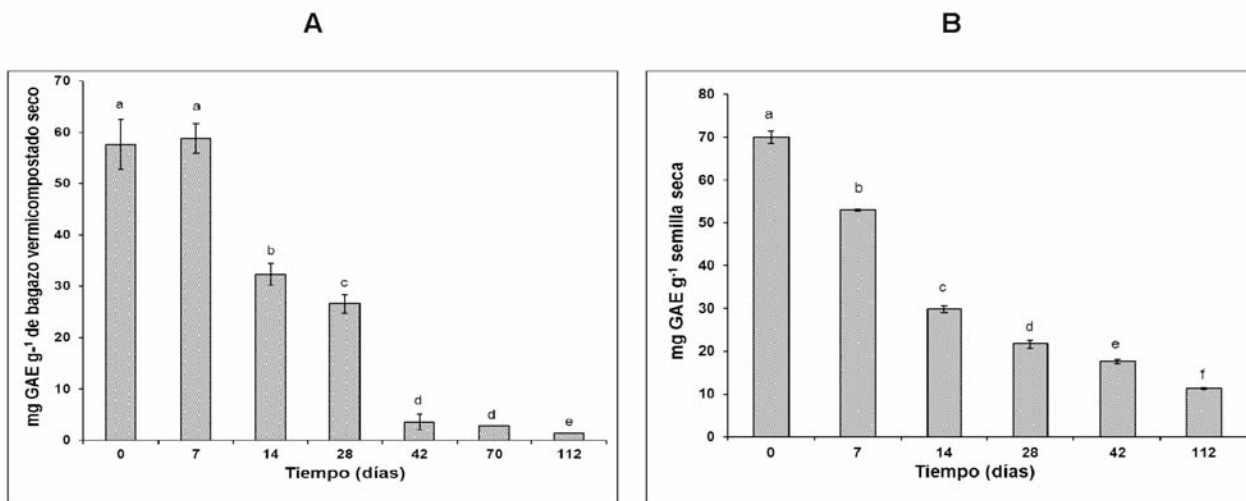
En el caso de las semillas aisladas (Figura 2 B) la concentración inicial de polifenoles fue de 70 ± 1 mg GAE g<sup>-1</sup> semilla seca. A lo largo del tiempo de vermicompostaje la concentración disminuyó de forma significativa (p<0,0001). El test a posteriori HSD de Tukey indica que la mayor diferencia en la concentración de polifenoles se da entre los días 0 y 112, entre los cuales los valores obtenidos se redujeron en un 84% alcanzando en el día 112 una concentración de 11 ± 0,1 mg GAE g<sup>-1</sup> semilla seca.

Evolución de los polifenoles individuales en las semillas de uva a lo largo del proceso de vermicompostaje

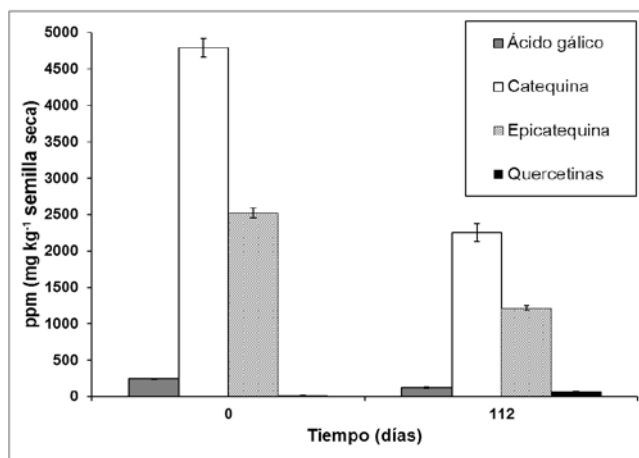
Los principales polifenoles identificados en las semillas aisladas a una longitud de onda de 280 nm fueron ácido gálico, catequina y epicatequina y a una longitud de onda de 350 nm se identificaron las quercetinas (Figura 3). Al comienzo del proceso, la concentración del ácido gálico fue de 240 ± 3 mg kg<sup>-1</sup> semilla seca. Su concentración descendió de forma significativa en un 50% a lo largo de los 112 días y finalizó con un valor de 120 ± 10 mg kg<sup>-1</sup> semilla seca (p< 0,0001). La catequina en las muestras de semillas

del día 0 registró una concentración de  $4790 \pm 120 \text{ mg kg}^{-1}$  semilla seca y disminuyó también de manera significativa hasta el día 112 en un 49%, alcanzando una concentración final de  $2420 \pm 120 \text{ mg g}^{-1}$  semilla seca ( $p < 0,0001$ ). En el caso de la epicatequina su concentración en el día 0 fue de  $2510 \pm 60 \text{ mg kg}^{-1}$  semilla seca y disminuyó hasta el día 112 de manera significativa en un 52%, finalizando el proceso

con una concentración de  $1210 \pm 30 \text{ mg kg}^{-1}$  semilla seca ( $p < 0,0001$ ). En cuanto a la concentración de quercetinas se registró un valor inicial de  $10 \pm 0,5 \text{ mg kg}^{-1}$  semilla seca. En este caso la concentración aumentó de forma significativa a lo largo del tiempo en un 490% hasta alcanzar en el día 112 del proceso una concentración final de  $59 \pm 3 \text{ mg kg}^{-1}$  semilla seca ( $p < 0,0001$ ).



**Figura 2.-** Cambios en la concentración de polifenoles totales (mg/GAE g<sup>-1</sup> peso seco) en las muestras de bagazo vermicompostado (A) y semillas (B) analizadas. Las letras diferentes representan diferencias significativas (test HSD de Tukey,  $p < 0,05$ ). Los valores se corresponden con la media  $\pm$  el error estándar ( $n = 5$ )



**Figura 3.-** Cambios en la concentración de ácido gálico, catequina, epicatequina y quercetinas en las semillas durante el proceso de vermicompostaje. Los valores se corresponden con la media  $\pm$  el error estándar ( $n=5$ )

## Discusión

Los resultados del proceso de vermicompostaje muestran una buena actividad de las lombrices de tierra *Eisenia andrei* durante el experimento. La fase activa finalizó entre los días 42 y 70 de vermicompostaje, momento a partir del cual la densidad y biomasa de la población empieza a decrecer. En esta fase la concentración de nutrientes es elevada y teniendo en cuenta que el bagazo es una fuente de nitrógeno importante aumentan significativamente el

peso y la tasa reproductiva de las lombrices (Evans & Guild 1948). En la etapa de maduración, durante las semanas siguientes, disminuyeron las partes del bagazo más fácilmente biodegradables por las lombrices, que pasaron a ocupar un papel secundario; y la densidad de individuos, la densidad de capullos y la biomasa decrecieron considerablemente. Durante este periodo son los microorganismos los que asumen el control del vermicompostaje en las etapas finales del proceso (Domínguez et al. 2010).

En cuanto a los parámetros físicos, químicos y biológicos estudiados, el pH aumenta en las etapas iniciales del proceso. El pH está relacionado con los niveles de nitrógeno amoniacal, así un aumento de éste suele conllevar un aumento de pH y viceversa (Atlas & Bartha 2002), estabilizándose en este caso en las etapas finales del experimento. Según Edwards (1998), el pH óptimo para el desarrollo vegetal se sitúa entre 5,5 y 6, valores cercanos a los obtenidos; al mismo tiempo una concentración de sales elevada puede limitar el desarrollo vegetal (Brownell & Schneider 1985). En este caso la conductividad eléctrica registró una disminución progresiva y se estabilizó en valores muy por debajo de  $8 \text{ mS cm}^{-1}$ , que es el límite de supervivencia para las lombrices (Edwards 1988). A lo largo del vermicompostaje, una fracción de la materia orgánica contenida en el bagazo se mineraliza (Hartestein & Hartestein 1981; Mitchell et al. 1982; Gómez-Brandón et al. 2010), de esta manera, descienden las concentraciones de materia orgánica y carbono total, y por lo tanto la relación C/N, cuyo valor en este experimento es próximo al óptimo para considerar un buen grado de madurez, en torno a un valor de 12 (Jiménez & García 1989). Estos valores son comparables a los observados en un experimento previo con bagazo (Gómez-Brandón et al. 2010) donde se registra la misma tendencia tras la fase activa del vermicompostaje. Como consecuencia de la mineralización de la materia orgánica, se favorece la concentración de nutrientes como el nitrógeno y fósforo en las etapas finales del proceso, aunque en el caso del potasio desciende de manera progresiva, posiblemente debido a que es un nutriente muy móvil y fácilmente lixiviado por las acciones de riego durante el vermicompostaje.

La actividad microbiana, ampliamente relacionada con todos los procesos estudiados se incrementó durante la fase activa, posiblemente como consecuencia de la alta disponibilidad de compuestos fácilmente biodegradables y por la acción excavadora de las lombrices de tierra que favorecen esta actividad. La disminución de su actividad tiene lugar en las últimas semanas del proceso, al disminuir las mejor degradables por los microorganismos. La actividad microbiana influye directamente en el contenido de fibras del bagazo. Así, se observó una reducción de lignina, hemicelulosa y celulosa a lo largo del tiempo y una disminución significativa durante la fase de maduración. En el caso de la lignina, Gomez-Brandón et al. (2010) encuentran que no se producen cambios significativos durante los primeros 15 días del proceso de vermicompostaje, posiblemente se debe a que el proceso de degradación de la lignina es lento y requiere una buena actividad microbiana a largo plazo. El bagazo de uva está constituido por un 18,2% de celulosa; 8% de hemicelulosas y un 56,7% de lignina (Cruz et al. 2004). Son moléculas recalcitrantes y solamente degradadas por microorganismos en condiciones aerobias (Dommergues & Mangenot 1970). De esta manera, se observó un descenso en su concentración lento pero constante, en parte debido a la actividad microbiana registrada durante todo el proceso.

Los polifenoles totales muestran una disminución progresiva en su concentración a lo largo del tiempo. En la literatura científica se ha demostrado que de modo general,

la actividad de las lombrices de tierra, promueve el incremento de las poblaciones microbianas (Edwards & Bohlen 1996), los cuales están especializados en degradar estos compuestos más complejos (Dominguez et al. 2010). En el caso de las semillas asiladas los polifenoles se encuentran en mayor concentración que en el bagazo vermicompostado. Esto se debe a que no pueden ser degradadas por las lombrices y por lo tanto se hacen menos disponibles para el ataque de los microorganismos. Las semillas son por lo tanto interesantes como una fuente de polifenoles de alto interés industrial y comercial.

Durante el vermicompostaje se produce una separación mecánica en el bagazo de uva vermicompostado, las partes del bagazo más fácilmente digeribles por las lombrices adquieren una granulometría más fina y ocupan las zonas inferiores. Sobre la superficie quedan principalmente las semillas, los tallos y las pieles más duras que son la fracción más recalcitrante del bagazo de uva (Berg & McClaugherty 2003) y de mayor concentración polifenólica. En las últimas semanas de la fase activa esta separación ya tuvo lugar y el óptimo de recogida de estas semillas manualmente se da aproximadamente entre los días 28 y 42 antes de que la concentración polifenólica continúe disminuyendo. La separación natural que tiene lugar durante todo el proceso optimizó a su vez la realización de un tamizado de las muestras a partir del día 42. El tamizado realizado a través de 1 mm de luz de malla permitió aislar completamente las semillas del vermicompost producido, permitiendo la obtención de la fuente más rica de polifenoles y eliminando así la parte del bagazo vermicompostado de mayor fitotoxicidad. En el vermicompost final la eliminación de estas semillas y a su vez la descomposición de estos compuestos fitotóxicos indica un buen grado de madurez (Wu et al. 2000), un hecho de suma importancia ya que el vermicompost inmaduro puede afectar negativamente al desarrollo de cultivos (Hirai et al. 1983; He et al. 1995). De esta manera se obtiene un producto estabilizado y maduro con grandes posibilidades de utilización en agricultura.

Por otro lado, los resultados muestran que a una longitud de onda de 280 nm los principales polifenoles identificados en las semillas fueron ácido gálico, catequina y epicatequina, siendo la catequina el compuesto más abundante. En el caso de la detección a 350 nm, se observaron diferentes tipos de quercetinas como componentes mayoritario, los cuales son flavonoles abundantes en los vegetales. Las concentraciones de los polifenoles individuales siguen la misma tendencia que el índice polifenólico total por las acciones degradadores de lombrices y microorganismos. En el caso de las quercetinas, se detectó un incremento de concentración importante. Los datos se obtuvieron por suma de distintos tipos de quercetinas, que pudieron evolucionar de manera diferente. Para explicar este comportamiento desigual con respecto a los demás polifenoles, se requiere una identificación precisa de las distintas quercetinas individuales, previa reoptimización del método cromatográfico con este fin.

Diversos estudios corroboran los datos obtenidos para polifenoles, ya que se ha demostrado que las frutas, como las uvas, constituyen una de las principales fuentes de compuestos polifenólicos, especialmente ácidos benzoicos,

ácidos cinámicos, antocianidinas, flavonoles, catequinas y taninos (García-Alonso et al. 2002), los cuales se mantienen en el bagazo de uva y de manera elevada en las semillas. Además, la vinificación en blanco aumenta la proporción de polifenoles que se mantienen en el residuo. Tanto la catequina como la epicatequina, que son los principales polifenoles en semillas, tienen una capacidad secuestradora de radicales libres 10 veces superior a la de L-ascorbato y  $\beta$ -caroteno (Yilmaz 2005). También reducen la presión arterial (García-Salas et al. 2010) y presentan actividad inhibitoria de enzimas clave involucradas en el ciclo celular, inducen apoptosis en diferentes líneas celulares e inhiben la expresión de ciertos genes relacionados con tumores. Todas estas características hacen de las semillas un producto del bagazo de especial interés y con grandes aplicaciones industriales y comerciales.

---

## Conclusión

El bagazo de uva, una vez tratado mediante un proceso de vermicompostaje constituye un producto maduro, estabilizado y con grandes posibilidades de uso como enmienda orgánica para campos de cultivo. Simultáneamente, el proceso de vermicompostaje facilita el aislamiento de las semillas del bagazo y las convierte en una fuente de polifenoles bioactivos con aplicaciones interesantes para diferentes actividades industriales.

---

## Bibliografía

- Atlas, R.M & Bartha, R. (2002). Ecología microbiana y Microbiología ambiental. Addison Wesley, Madrid.
- Berg, B. & McClaugherty, C. (2003). Plant Litter: Decomposition, Humus Formation, Carbon Sequestration. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.
- Bertran, E., Sort, X., Soliva, M. & Trillas, I. (2004). Composting winery waste: sludges and grape stalks. *Bioresource Technology*. 95: 203-208.
- Brownell, K.H. & Schneider, R.W. (1985). Roles of matrix and osmotic components of water potential and their interaction with temperature in the growth of *Fusarium oxysporum* in synthetic media and soil. *Phytopathology*. 75: 53–57.
- Bouché, M. (1972). Lombriciens de France. Ecologie et systématique. *Annales de Zoologie et Ecologie Animale*, Numéro hors-série. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris.
- Bustamante, M.A. (2007). Compostaje de los residuos generados en la industria vinícola y alcoholes. Valorización agronómica de los materiales obtenidos. Tesis doctoral, Universidad Miguel Hernández de Elche.
- Cegarra, J. & Paredes C. (2007). Residuos agroindustriales. En: J. Moreno & R. Moral (Eds.). *Compostaje*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 519-553
- Cruz, J.M., Domínguez, H. & Parajo, J.C. (2004). Assessment of the production of antioxidants from winemaking waste solids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56: 5612-5620.
- Dell'Agli, M., Buscialà, A., & Bosisio, E. (2004). Vascular effects of wine polyphenols. *Cardiovascular Research*. 63, 4: 593–602.
- Dommergues, Y. & Mangenot, F. (1970). *Écologie microbienne du sol*. Masson et Cie. París.
- Domínguez, J. (2004). State of the art and new perspectives on vermicomposting research. En: C.A. Edwards (Ed.). *Earthworm ecology*. 2<sup>nd</sup> ed. CRC Press, Boca Raton. 401-424.
- Domínguez, J., Aira, M., Gómez-Brandón, M. (2010). Vermicomposting: earthworms enhance the work of microbes. En: H. Insam et al. (Eds), *Microbes at work: from wastes to resources*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 93-114.
- Domínguez, J. & Edwards C.A. (2010). Biology and ecology of earthworm species used for vermicomposting. En: C.A. Edwards et al. (Eds.). *Vermiculture technology: Earthworms, organic waste and environmental management*. CRC Press. Boca Raton, Florida. 25-37.
- Edwards, C.A. & Bohlen, P.J. (1996). *Biology and ecology of earthworms*. Chapman and Hall, London.
- Edwards, C.A. (1988). Breakdown of animal, vegetable and industrial organic wastes by earthworms. En: C.A. Edwards & E.F. Neuhauser (Eds.). *Earthworms in waste and environmental management*. SPB Academic Publishing, The Hague. 21-31
- Evans, A.C. & Guild, W.J.Mc.L. (1948). Studies on the relationships between earthworms and soil fertility. IV. On the life cycles of some British Lumbricidae. *Annals of Applied Biology*. 35: 471-484.
- García-Alonso, J., Periago, M.J, Vidal Guevara, M.L., Cantos, E. (2002). Evaluación de las propiedades antioxidantes en concentrados de uva frutas rojas. *Anales de Veterinaria (Murcia)*. 18: 103-114.
- García-Salas, P., Morales-Soto, A., Segura-Carretero, A. & Fernandez-Gutiérrez, A. (2010).
- Phenolic-compound-extraction systems for fruit and vegetable samples. *Molecules*. 15: 8813-8826.
- Gharras, H. (2009). Polyphenols: Food sources, properties and applications – A review. *International Journal of Food Science and Technology*. 44, 12: 2512–2518.
- Goering, H. K & Van Soest, P. J. (1970). Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). *Agriculture Handbook*. 379.
- Gómez-Brandón, M., Lazcano, C., Lores, M. & Domínguez, J. (2010). Papel de las lombrices de tierra en la degradación del bagazo de uva: efectos sobre las características químicas y la microflora en las primeras etapas del proceso. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, Número Especial 2: 397-408.

- Hartenstein, F., Hartenstein, E. & Hartenstein, R. (1981). Gut load and transit time in the earthworm *Eisenia foetida*. *Pedobiologia*. 22: 5–20.
- He, X.T., Logan, T.J. & Traine, S.J. (1995). Physical and chemical characteristics of selected U.S. municipal solid waste compost. *Journal of Environmental Quality*. 24: 543-552.
- Hirai, M.F., Chanyasak, V., Kubota, M. (1983). A standard measurement for compost maturity. *Biocycle*. 24: 54-56.
- Inbar, J. & Chet, Y. (1991). Detection of chitinolytic activity in the rhizosphere using image analysis. *Soil Biology & Biochemistry*. 23: 239–242.
- Jiménez, E. & García, V. (1989). Evaluation of city refuse compost maturity: a review. *Biological wastes*. 27: 115-142.
- Maier, T., Schieber, A., Kammerer, D.R., Carle, R. (2009). Residues of grape (*Vitis vinifera* L.) seed oil production as a valuable source of phenolic antioxidants. *Food Chemistry*. 112, 3: 551–559.
- Mitchell, M.J., Parkinson, C.M., Hamilton, W.E. & Dindal, D.L. (1982). Role of the earthworm *Eisenia foetida*, in affecting organic matter decomposition in microcosms of sludge-amended soil. *Journal of Applied Ecology*. 19: 805-812.
- Quideau, S., Deffieux, D., Douat-Casassus, C. & Pouységu, L. (2011). Plant polyphenols: Chemical properties, biological activities, and synthesis. *Angewandte Chemie International Edition*. 50, 3: 586- 621.
- Rice-Evans, C. (2001). Flavonoid antioxidants. *Current Medicinal Chemistry*. 8: 797–807.
- Singleton, V.L., Rossi, J.A. Jr. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*. 16; 144-158.
- Usaquén-Castro, X., Martínez-Rubio, M., Aya-Baquero, H. & González-Martínez, G. (2006). Ultrasound-assisted extraction of polyphenols from red-grape (*Vitis vinifera*) residues. *IUFOST*.
- Wu, L., Ma, L.Q., Martinez, G.A. (2000). Comparison of methods for evaluating stability and maturity of biosolids compost. *Journal of Environmental Quality*. 29: 424-429.
- Yilmaz, M. (2005). The effects of rosiglitazone and metformin on oxidative stress and homocysteine levels in lean patients with polycystic ovary syndrome. *Human Reproduction*. 20: 333-340.

# Declaración de Transferencia de copyrigh

---

Declaración de Transferencia de copyrigh

Título do artigo

Autor(s)

Sinatura do Autor

Data



# Recursos Rurais

## Revista oficial do Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural (IBADER)

Proceso de selección e avaliación de orixinais  
Os traballos presentados a Recursos Rurais serán sometidos á avaliación confidencial de dous expertos alleos ao equipo editorial, seguindo criterios internacionais. Caso dos avaliadores propoñeren modificacións na redacción do orixinal, será de responsabilidade do equipo editorial -unha vez informado o autor- o seguimento do proceso de reelaboración do traballo. Caso de non ser aceptado para a súa edición, o orixinal será devolto ao seu autor, xunto cos ditames emitidos polos avaliadores. En calquera caso, os orixinais que non se suxeiten ás seguintes normas técnicas serán devoltos aos seus autores para a súa corrección, antes do seu envío aos avaliadores.

Normas para a presentación de orixinais

### Procedemento editorial

A Revista Recursos Rurais aceptará para a súa revisión artigos, revisións e notas vinculados á investigación e desenvolvemento tecnolóxico no ámbito da conservación e xestión da biodiversidade e do medio ambiente, dos sistemas de produción agrícola, gandeira, forestal e referidos á planificación do territorio, tendentes a propiciar o desenvolvemento sostible dos recursos naturais do espazo rural. Os artigos que non se axusten ás normas da revista, serán devoltos aos seus autores.

### Preparación do manuscrito

#### Comentarios xerais

Os manuscritos non deben exceder de 20 páxinas impresas en tamaño A4, incluíndo figuras, táboas, ilustracións e a lista de referencias. Todas as páxinas deberán ir numeradas, aínda que no texto non se incluírán referencias ao número de páxina. Os artigos poden presentarse nos seguintes idiomas: galego, castelán, portugués, francés ou inglés. Os orixinais deben prepararse nun procesador compatible con Microsoft Word®, a dobre espazo nunha cara e con 2,5 cm de marxe. Empregarase a fonte tipográfica "arial" a tamaño 11 e non se incluírán tabulacións nin sangrías, tanto no texto como na lista de referencias bibliográficas. Os parágrafos non deben ir separados por espazos. Non se admitiran notas ao pé.

Os nomes de xéneros e especies deben escribirse en cursiva e non abreviados a primeira vez que se mencionen. Posteriormente o epíteto xenérico poderá abreviarse a unha soa letra. Debe utilizarse o Sistema Internacional (SI) de unidades. Para o uso correcto dos símbolos e observacións máis comúns pode consultarse a última edición do CBE (Council of Biology Editors) Style manual.

#### Páxina de Título

A páxina de título incluírá un título conciso e informativo (na lingua orixinal e en inglés), o nome(s) do autor(es), a afiliación(s) e a dirección(s) do autor(es), así como a dirección de correo electrónico, número de teléfono e de fax do autor co que se manterá a comunicación.

#### Resumo

Cada artigo debe estar precedido por un resumo que presente os principais resultados e as conclusións máis importantes, cunha extensión máxima de 200 palabras. Ademais do idioma orixinal no que se escriba o artigo, presentarase tamén un resumo en inglés.

#### Palabras clave

Deben incluírse ata 5 palabras clave situadas despois de cada resumo distintas das incluídas no título.

#### Organización do texto

A estrutura do artigo debe axustarse na medida do posible á seguinte distribución de apartados: Introducción, Material e métodos, Resultados e discusión, Agradecementos e Bibliografía. Os apartados irán resaltados en negra e tamaño de letra 12. Se se necesita a inclusión de subapartados estes non estarán numerados e tipografaranse en tamaño de letra 11.

#### Introdución

A introdución debe indicar o propósito da investigación e prover unha revisión curta da literatura pertinente.

#### Material e métodos

Este apartado debe ser breve, pero proporcionar suficiente información como para poder reproducir o traballo experimental ou entender a metodoloxía empregada no traballo.

#### Resultados e Discusión

Neste apartado expóranse os resultados obtidos. Os datos deben presentarse tan claros e concisos como sexa posible, se é apropiado na forma de táboas ou de figuras, aínda que as táboas moi grandes deben evitarse. Os datos non deben repetirse en táboas e figuras. A discusión debe consistir na interpretación dos resultados e da súa significación en relación ao traballo doutros autores. Pode incluírse unha conclusión curta, no caso de que os resultados e a discusión o propicien.

#### Agradecementos

Deben ser tan breves como sexa posible. Calquera concesión que requira o agradecemento debe ser mencionada. Os nomes de organizacións financiadoras deben escribirse de forma completa.

#### Bibliografía

A lista de referencias debe incluír unicamente os traballos que se citan no texto e que se publicaron ou que foron aceptados para a súa publicación. As comunicacións persoais deben mencionarse soamente no texto. No texto, as referencias deben citarse polo autor e o ano e enumerar en orde alfabética na lista de referencias bibliográficas.

Exemplos de citación no texto:

Descricións similares danse noutros traballos (Fernández 2005a, b; Rodrigo et al. 1992).

Andrade (1949) indica como....

Segundo Mario & Tinetti (1989) os factores principais están....

Moore et al. (1991) suxiren iso....

Exemplos de lista de referencias bibliográficas:

#### Artigo de revista:

Mahaney, W.M.M., Wardrop, D.H. & Brooks, P. (2005). Impacts of sedimentation and nitrogen enrichment on wetland plant community development. *Plant Ecology*. 175, 2: 227-243.

#### Capítulo nun libro:

Campbell, J.G. (1981). The use of Landsat MSS data for ecological mapping. En: Campbell J.G. (Ed.) *Matching Remote Sensing Technologies and Their Applications*. Remote Sensing Society, London.

Lowel, E.M. & Nelson, J. (2003). Structure and morphology of Grasses. En: R.F. Barnes et al. (Eds.). *Forrages. An introduction to grassland agriculture*. Iowa State University Press. Vol. 1. 25-50

#### Libro completo:

Jensen, W (1996). *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. Prentice-Hall, Inc. Saddle River, New Jersey.

#### Unha serie estándar:

Tutin, T.G. et al. (1964-80). *Flora Europaea*, Vol. 1 (1964); Vol. 2 (1968); Vol. 3 (1972); Vol. 4 (1976); Vol. 5 (1980). Cambridge University Press, Cambridge.

#### Obra institucional:

MAPYA (2000). *Anuario de estadística agraria*. Servicio de Publicaciones del MAPYA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), Madrid, España.

#### Documentos legais:

BOE (2004). Real Decreto 1310/2004, de 15 de enero, que modifica la Ley de aprovechamiento de residuos ganaderos. BOE (Boletín Oficial del Estado), nº 8, 15/1/04. Madrid, España.

#### Publicacións electrónicas:

Collins, D.C. (2005). *Scientific style and format*. Disponível en: <http://www.councilscience.org/publications.cfm> [5 xaneiro, 2005]

Os artigos que fosen aceptados para a súa publicación inclúiranse na lista de referencias bibliográficas co nome da revista e o epíteto "en prensa" en lugar do ano de publicación.

#### Ilustracións e táboas

Todas as figuras (fotografías, gráficos ou diagramas) e as táboas deben citarse no texto, e cada unha deberá ir numerada consecutivamente. As figuras e táboas deben incluírse ao final do artigo, cada unha nunha folla separada na que se indicará o número de táboa ou figura, para a súa identificación. Para o envío de figuras en forma electrónica vexa máis adiante.

Debuxos lineais. Por favor envíe impresións de boa calidade. As inscricións deben ser claramente lexíbeis. O mínimo grosor de liña será de 0,2 mm en relación co tamaño final. Ilustracións en tons medios (escala de grises): Envíe por favor as impresións ben contrastadas. A ampliación débese indicar por barras de escala. Non se publicarán figuras en color.

#### Tamaño das figuras

As figuras deben axustarse á anchura da columna (8.5 centímetros) ou ter 17.5 centímetros de ancho. A lonxitude máxima é 23 centímetros. Deseñe as súas ilustracións pensando

no tamaño final, procurando non deixar grandes espazos en branco. Todas as táboas e figuras deberán ir acompañadas dunha lenda. As lendas deben consistir en explicacións breves, suficientes para a comprensión das ilustracións por si mesmas. Nas mesmas incluírase unha explicación de cada unha das abreviaturas incluídas na figura ou táboa. As lendas débense incluír ao final do texto, tras as referencias bibliográficas e deben estar identificadas (ex: Táboa 1 Características...). Os mapas incluírán sempre o Norte, a latitude e a lonxitude.

Preparación do manuscrito para o seu envío

#### Texto

Grave o seu arquivo de texto nun formato compatible con Microsoft Word.

#### Táboas e Figuras

Cada táboa e figura gardarase nun arquivo distinto co número da táboa e/ou figura. Os formatos preferidos para os gráficos son: Para os vectores, formato EPS, exportados desde o programa de debuxo empregado (en todo caso, incluírán unha cabeceira da figura en formato TIFF) e para as ilustracións en tons de grises ou fotografías, formato TIFF, sen comprimir cunha resolución mínima de 300 ppp. En caso de enviar os gráficos nos seus arquivos orixinais (Excel, Corel Draw, Adobe Illustrator, etc.) estes acompañaranse das fontes utilizadas. O nome do arquivo da figura (un arquivo diferente por cada figura) incluír á número da ilustración. En ningún caso se incluír á no arquivo da táboa ou figura a lenda, que debe figurar correctamente identificada ao final do texto. O material gráfico escaneado deberá aterse aos seguintes parámetros: Debuxos de liñas: o escaneado realizárase en liña ou mapa de bits (nunca escala de grises) cunha resolución mínima de 800 ppp e recomendada de entre 1200 e 1600 ppp. Figuras de medios tons e fotografías: escanearanse en escala de grises cunha resolución mínima de 300 ppp e recomendada entre 600 e 1200 ppp.

#### Recepción do manuscrito

Os autores enviarán un orixinal e dúas copias do artigo completo ao comité editorial, xunto cunha copia dixital, acompañados dunha carta de presentación na que ademais dos datos do autor, figuren a súa dirección de correo electrónico e o seu número de fax, á seguinte dirección:

#### IBADER

Comité Editorial da revista Recursos Rurais

Universidade de Santiago.

Campus Universitario s/n

E-27002 LUGO - Spain

Enviar o texto e cada unha das ilustracións en arquivos diferentes, nalgun dos seguintes soportes: CD-ROM ou DVD para Windows, que irán convenientemente rotulados indicando o seu contido. Os nomes dos arquivos non superarán os 8 caracteres e non incluírán acentos ou caracteres especiais. O arquivo de texto denominárase polo nome do autor.

Cos arquivos inclúa sempre información sobre o sistema operativo, o procesador de texto, así como sobre os programas de debuxo empregados nas figuras.

Copyright: Unha vez aceptado o artigo para a publicación na revista, o autor(es) debe asinar o copyright correspondente.

Decembro 2006

# Recursos Rurais

Revista oficial do Instituto de Biodiversidade Agrária e Desenvolvimento Rural (IBADER)

## Selection process and manuscript evaluation

Manuscripts submitted to **Recursos Rurais** will be subject to confidential review by two experts in the field, in line with international standard practice. In cases in which the reviewers suggest modifications to the submitted text, it will be the responsibility of the Editorial Team to inform the authors of the suggested modifications and to oversee the revision process. In cases in which the submitted manuscript is not accepted for publication, it will be returned to the authors together with the reviewers' comments. Please note that any manuscript that does not adhere strictly to the instructions detailed in what follows will be returned to the authors for correction *before* being sent out for review.

## Instructions to authors

### Editorial procedure

Recursos Rurais will consider for publication original research articles, notes and reviews relating to research and technological developments in the area of sustainable development of natural resources in the rural context, in the fields of conservation, biodiversity and environmental management, management of agricultural, livestock and forestry production systems, and land-use planning.

### Manuscript preparation

#### General remarks

Articles may be submitted in Galician, Spanish, Portuguese, French or English.

Manuscripts should be typed on A4 paper, and should not exceed 15 pages including tables, figures and the references list. All pages should be numbered (though references to page numbers should not be included in the text). The manuscript should be written with Microsoft Word or a Word-compatible program, on one side of each sheet, with double line-spacing, 2.5 cm margins on the left and right sides, Arial font or similar, and font size 11. Neither tabs nor indents should be used, in either the text or the references list. Paragraphs should not be separated by blank lines.

Species and genus names should be written in italics. Genus names may be abbreviated (e.g. *Q. robur* for *Quercus robur*), but must be written in full at first mention. SI (Système International) units should be used. Technical nomenclatures and style should follow the most recent edition of the CBE (Council of Biology Editors) Style Manual.

#### Title page

The title page should include a concise and informative title (in the language of the text and in English), the name(s) of the author(s), the institutional affiliation and address of each author, and the e-mail address, telephone number, fax number, and postal address of the author for correspondence.

#### Abstract

Each article should be preceded by an abstract of no more than 200 words, summarizing the most important results and conclusions. In the case of articles not written in English, the authors should supply two abstracts, one in the language of the text, the other in English.

#### Key words

Five key words, not included in the title, should be listed after the Abstract.

#### Article structure

This should where possible be as follows: Introduction, Material and Methods, Results and Discussion, Acknowledgements, References. Section headings should be written in bold with font size 12. If subsection headings are required, these should be written in italics with font size 11, and should not be numbered.

#### Introduction

This section should briefly review the relevant literature and clearly state the aims of the study.

#### Material and Methods

This section should be brief, but should provide sufficient information to allow replication of the study's procedures.

#### Results and Discussion

This section should present the results obtained as clearly and concisely as possible, where appropriate in the form of tables and/or figures. Very large tables should be avoided. Data in tables should not repeat data in figures, and vice versa. The discussion should consist of interpretation of the results and of their significance in relation to previous studies. A short conclusion subsection may be included if the authors consider this helpful.

#### Acknowledgements

These should be as brief as possible. Grants and other funding should be recognized. The names of funding organizations should be written in full.

#### References

The references list should include only articles that are cited in the text, and which have been published or accepted for publication. Personal communications should be mentioned only in the text. The citation in the text should include both author and year. In the references list, articles should be ordered alphabetically by first author's name, then by date. Examples of citation in the text:

Similar results have been obtained previously (Fernández 2005a, b; Rodrigo et al. 1992).

Andrade (1949) reported that...

According to Mario & Tinetti (1989), the principal factors are...

Moore et al. (1991) suggest that...

Examples of listings in References:

#### Journal article:

Mahaney, W.M.M., Wardrop, D.H. & Brooks, P. (2005). Impacts of sedimentation and nitrogen enrichment on wetland plant community development. *Plant Ecology*. 175, 2: 227-243.

#### Book chapter:

Campbell, J.G. (1981). The use of Landsat MS ata for ecological mapping. In: Campbell J.G. (Ed.) *Matching Remote Sensing Technologies and Their Applications*. Remote Sensing Society, London.

Lowell, E.M. & Nelson, J. (2003). Structure and Morphology of Grasses. In: R.F. Barnes e al. (Eds.). *Forages: An Introduction to Grassland Agriculture*. Iowa State University Press. Vol. 1. 25-50.

#### Complete book:

Jensen, W. (1996). *Remote Sensing of the Environment: An Erath Resource Perspective*. Prentice-Hall, Inc., Saddle River, New Jersey.

#### Standard series:

Tutin, T.G. et al. (1964-80). *Flora Europaea*, Vol. 1 (1964); Vol. 2 (1968); Vol. 3 (1972); Vol. 4 (1976); Vol. 5 (1980). Cambridge University Press, Cambridge, UK

#### Institutional publications:

MAPYA (2000). *Anuario de estadística agraria*. Servicio de Publicaciones del MAPYA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), Madrid, Spain.

#### Legislative documents:

BOE (2004). Real Decreto 1310/2004, de 15 de enero, que modifica la Ley de aprovechamiento de residuos ganaderos. BOE (Boletín Oficial del Estado), no. 8, 15/104, Madrid, Spain.

#### Electronic publications:

Collins, D.C. (2005). Scientific style and format. Available at: <http://www.councilscience.org/publications.cfm> [5 January 2005]

Articles not published but accepted for publication:

Such articles should be listed in References with the name of the journal and other details, but with "in press" in place of the year of publication.

#### Figures and tables

##### Numbering:

All figures (data plots and graphs, photographs, diagrams, etc.) and all tables should be cited in the text, and should be

numbered consecutively.

**Figure quality.** Please send high-quality copies. Line thickness in the publication-size figure should be no less than 0.2 mm. In the case of greyscale figures, please ensure that the different tones are clearly distinguishable. Labels and other text should be clearly legible. Scale should be indicated by scale bars. Maps should always include indication of North, and of latitude and longitude. Colour figures cannot be published.

#### Figure size

Figures should be no more than 17.5 cm in width, or no more than 8.5 cm in width if intended to fit in a single column. Length should be no more than 23 cm. When designing figures, please take into account the eventual publication size, and avoid excessively white space.

#### Figure and table legends

All figures and tables require a legend. The legend should be a brief statement of the content of the figure or table, sufficient for comprehension without consultation of the text. All abbreviations used in the figure or table should be defined in the legend. In the submitted manuscript, the legends should be placed at the end of the text, after the references list.

## Preparing the manuscript for submission

#### Text

The text should be submitted as a text file in Microsoft Word or a Word-compatible format.

#### Tables and figures

Each table and each figure should be submitted as a separate file, with the file name including the name of the table or figure (e.g. Table-1.DOC). The preferred format for data plots and graphs is EPS for vector graphics (though all EPS files must include a TIFF preview), and TIFF for greyscale figures and photographs (minimum resolution 300 dpi). If graphics files are submitted in the format of the original program (Excel, CorelDRAW, Adobe Illustrator, etc.), please ensure that you also include all fonts used. The figure or table legend should not be included in the file containing the figure or table itself; rather, the legends should be included (and clearly numbered) in the text file, as noted above. Scanned line drawings should meet the following requirements: line or bit-map scan (not greyscale scan), minimum resolution 800 dpi, recommended resolution 1200 - 1600 dpi. Scanned halftone drawings and photographs should meet the following requirements: greyscale scan, minimum resolution 300 dpi, recommended resolution 600 - 1200 dpi.

## Manuscript submission

Please submit a) the original and two copies of the manuscript, b) copies of the corresponding files on CD-ROM or DVD for Windows, and c) a cover letter with author details (including e-mail address and fax number), to the following address:

IBADER,  
Comité Editorial de la revista Recursos Rurais,  
Universidad de Santiago,  
Campus Universitario s/n,  
E-27002 Lugo,  
Spain.

As noted above, the text and each figure and table should be submitted as separate files, with names indicating content, and in the case of the text file corresponding to the first author's name (e.g. Alvarez.DOC, Table-1.DOC, Fig-1.EPS). File names should not exceed 8 characters, and must not include accents or special characters. In all cases the program used to create the file must be clearly identifiable.

## Copyright

Once the article is accepted for publication in the journal, the authors will be required to sign a copyright transfer statement.

Sumario/Summary

Manuel Antonio Rodríguez Guitián · Rosa Romero Franco · Carlos Real · Javier Ferreiro da Costa

**Descrición, cartografía e valor de conservación dos bosques da Devesa da Rogueira (Serra do Courel, NW Península Ibérica) 5**

*Description, mapping and conservation value of the Devesa da Rogueira forests (Courel Range, NW Iberian Peninsula)*

Rosa Romero Franco · Manuel A. Rodríguez Guitián · Ángela Resúa

**Plantas utilizadas en medicina humana y veterinaria en el municipio de Triacastela, Lugo (NW España) 35**

*Plants used in human and veterinary medicine in the Municipality of Triacastela, Lugo province (NW Spain)*

Andrea Hevia · František Vilcko · Juan Gabriel Álvarez-González

**Dynamic stand growth model for Norway spruce forests based on long-term experiments in Germany 45**

*Modelo dinámico de crecimiento de bosques de Picea abies (L.) Karst. en Alemania*

Hugo Martínez-Cordeiro · Marta Álvarez-Casas · Marta Lores · Jorge Domínguez

**Vermicompostaje del bagazo de uva: fuente de enmienda orgánica de alta calidad agrícola y de polifenoles bioactivos 55**

*Grape bagasse vermicomposting: a source of high quality organic amendment and bioactive polyphenols*

Javier Ferreiro da Costa · Pablo Ramil-Rego · Boris Hinojo Sánchez · Carmen Cillero Castro · Marco Rubinos Román · Luis Gómez-Orellana · Ramón A. Díaz Varela

**Diagnóstico y Caracterización de los Brezales Húmedos (Nat-2000 4020\*) de las Sierras Septentrionales de Galicia a partir de Criterios Científicos: Importancia para su Conservación 65**

*Diagnosis and Characterization of Wet heaths (Nat-2000 4020 \*) of Northern Galician Mountains from Scientific Criteria: Relevance to their Conservation*