

Recursos Rurais

Serie Cursos



Serie Cursos



IBADER
Instituto de Biodiversidade
Agraria e Desenvolvimento Rural

Volume 1 número 1 Setembro 2004

Recursos Rurais

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

Comité Editorial

Dirección

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

Secretaría

M^a Elvira López Mosquera
Inst. Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural
Departamento de Producción Vexetal
Universidade de Santiago de Compostela

Membros

Carlos Alvarez López
Inst. Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural
Departamento de Enxeñería Agroforestal
Universidade de Santiago de Compostela

Rafael Crecente Maseda
Departamento de Enxeñería Agroforestal
Universidade de Santiago de Compostela

Elvira Díaz Vizcaíno
Inst. Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural
Departamento de Botánica
Universidade de Santiago de Compostela

María Luisa Fernández Marcos
Inst. Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural
Departamento de Edafoloxía
Universidade de Santiago de Compostela

Agustín Merino García
Inst. Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural
Departamento de Edafoloxía
Universidade de Santiago de Compostela

Antonio Rigueiro Rodríguez
Inst. Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural
Departamento de Producción Vexetal
Universidade de Santiago de Compostela

Luciano Sánchez García
Inst. Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural
Departamento de Producción Animal
Universidade de Santiago de Compostela

Dirección para envíos postais:

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



IBADER
Instituto de Biodiversidade
Agraria e Desenvolvemento Rural

Comité Científico Asesor

Dr. Juan Altarriba Farrán
Dpto. Producción Animal
Universidad de Zaragoza

Dr. José Manuel Barreiro Fernández
Dpto. de Organización de Empresas
Universidade de Santiago de Compostela

Dr. Christian Buson
Institut de l'Environnement
Liffrèe, Francia.

Dr. Emilio Chuvieco Salinero
Dpto. de Geografía
Universidad de Alcalá de Henares

Dr. Estanislao De Luis Calabuig
Dpto. de Ecología
Universidad de León

Dr. Francisco Díaz-Fierros Viqueira
Dpto. de Edafología
Universidad de Santiago de Compostela

Dr. Javier Esparcia Pérez
Dpto. de Geografía
Universidad Politécnica de Valencia

Dra. Dalila Espirito Santo
Instituto Superior de Agronomía
Universidade Técnica de Lisboa

Dra. María Teresa Felipó Oriol
Dpto. de Edafología
Universidad Politécnica de Cataluña

Dr. Eduardo Galante
Centro Iberoamericano de la Biodiversidad
Universidad de Alicante

Dr. Domingo Gómez Orea
Dpto. de Proyectos y Planificación Rural
Universidad Politécnica de Madrid

Dr. Helena Granja
Dpto. de Geología
Universidade do Minho

Dr. Jesús Izco Sevillano
Dpto. de Botánica
Universidad de Santiago de Compostela

Dr. Knut Kryzywinski
Botanisk Institut
Universidad de Bergen, Noruega

Dr. Jaume Lloveras Vilamanyá
Producción Vegetal
Universidad de Lleida

Dr. Edelmiro López Iglesias
Dpto. de Economía Aplicada
Universidade de Santiago de Compostela

Dr. Felipe Macías Vázquez
Dpto. de Edafología
Universidade de Santiago de Compostela

Dr. Manuel Madeira
Instituto Superior de Agronomía
Universidade Técnica de Lisboa

Dr. Francisco Maseda Eimil
Dpto. de Enxeñaría Agroforestal
Universidad de Santiago de Compostela

Dr. Guillerma Meaza Rodríguez
Dpto. de Geografía
Universidad del País Vasco

Dr. Diego Rivera Núñez
Dpto. de Botánica
Universidad de Murcia

Dr. Antonio Rodero Franganillo
Dpto. de Producción Animal.
Universidad de Córdoba

Dr. Isidro Sierra Alfranca
Dpto. de Producción Animal
Universidad de Zaragoza

Dr. Louis Trabaud.
Dpto. de Ecología.
Universidad de Montpellier

Dr. Eduardo Vigil Maeso
Dpto. de Producción Animal
Universidad de Zaragoza

Recursos Rurais

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

SERIE CURSOS nº 1 Setembro 2004

Xestión de Solos Forestais: Produción Sostible e Calidade Ambiental

Curso realizado polo IBADER, Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural e o Departamento de Edafoloxía e Química Agrícola da Universidade de Santiago de Compostela, ca colaboración da Dirección Xeral de Montes e Industrias Forestais da Consellería de Medio Ambiente da Xunta de Galicia, o Concello de Lugo, TRAGSA, Asociación Galega Monte-Industria, Sociedad de Ciencias del Suelo e Sociedad de Ciencias Forestales

Recursos Rurais

Serie Cursos · Número 1 · Setembro 2004-ISSN 1698-5427

Relatorios do Curso de verán

Xestión de solos forestais: Produción sostible e calidade ambiental

I. Propiedades e limitacións dos solos para a xestión forestal

Calvo de Anta R.:

Solos forestais das rexións temperadas 1

Carballas M^a. T.:

Microbioloxía e bioquímica do solo forestal 5

Fernández de Ana-Magán F. J.:

O papel dos fungos nos solos forestais 9

Rodríguez Soalleiro R.:

Condicións das masas forestais e a súa relación coas propiedades dos solos I 13

Sánchez Rodríguez F.:

**Condicións das masas forestais e a súa relación coas propiedades dos solos II:
Fertilidade e nutrición 17**

II. Xestión de solos forestais

Serrada Hierro R.:

A preparación do solo na repoboación forestal 21

Martins A.:

**Efeitos da preparación do terreno nas propiedades do solo e na resposta das
plantas em sistemas forestais e agro-forestais 35**

Gallardo Lancho J. F.:

Propiedades dos solos forestais de montaña 39

Dans del Valle F., Molina Martínez B.:

**A xestión do solo no sistema PEFC de certificación e a súa incidencia na
selvicultura 45**

Madeira, M. A.V.:

**A promoção da produción florestal através da gestão dos residuos de abate e da
fertilização 47**

III. Conservación e recuperación dos solos forestais

Macías F.:

**Recuperación dos solos degradados, reutilización de residuos e secuestro de
carbono. Unha alternativa integral de mellora da calidade ambiental 49**

Vega J. A.:

Recuperación de solos en montes incendiados 57

Merino A., Balboa M.:

**Aproveitamento da biomasa forestal e a súa implicación sobre a conservación
dos solos 61**

IV. Solos forestais e calidade ambiental

Díaz-Fierros Viqueira F.:

Erosión do solo e calidade da auga en sistemas forestais 65

Meiwes K.J., Meesenburg H. H.:

Solos forestais nun ambiente de choiva ácida e estratexias para recuperalos 69

Farrell E. P.:

The Carbon Cycle in Forest Ecosystems 73

Álvarez Rodríguez E.:

Contaminación por oligoelementos en sistemas forestais 77

Rigueiro Rodríguez A.:

Manexo do solo e biodiversidade vexetal 91

Pérez Moreira, R.:

Valor e valoracións do solo 93

M^a Tarsy Carballas

Microbiología y bioquímica del suelo forestal

Recibido: 4 Septiembre 2004/ Aceptado: 16 Octubre 2004
© IBADER- Universidade de Santiago de Compostela 2004

La Microbiología del suelo, ciencia relativamente reciente que estudia los organismos del suelo y su actividad, y la Bioquímica del suelo, que trata de las reacciones bioquímicas que tienen lugar en el suelo, en las que intervienen los microorganismos y sus enzimas, son dos disciplinas que se complementan. En su acepción más moderna, no sólo incluyen la microfauna y la microbiota, sino también la mesofauna y algunos organismos de la macrofauna. Todos estos organismos tienen funciones específicas importantes como descomponedores y mineralizadores de los restos vegetales y animales que llegan al suelo, sino también como mezcladores de estos restos con la materia mineral del suelo.

La microbiota edáfica, constituida por todos los organismos vivos menores de 5.000 m³ que viven en el suelo, comprende tres grandes grupos: bacterias (en el que se incluyen actualmente los actinomicetos y algunas algas), hongos y algas, que a su vez se subdividen en función de sus fuentes de carbono y de energía o en su supervivencia en presencia o en ausencia de oxígeno. Las bacterias y hongos son fundamentalmente organismos mineralizadores mientras que las algas son organismos productores. Cada grupo de organismos tiene funciones específicas en los ciclos de los elementos: degradación de celulosa, almidón, lignina, etc., fijación de nitrógeno atmosférico, proteolisis, amonificación, nitrificación, etc., mineralización del S orgánico, oxidación y reducción de sulfatos, etc., oxidación o reducción del hierro, etc., pero al mismo tiempo, sus funciones se complementan. Los hongos pueden formar

asociaciones simbióticas, denominadas micorrizas, con las raíces de plantas superiores, que son muy importantes para la nutrición y crecimiento de los árboles, distinguiéndose fundamentalmente las ectomicorrizas y las endomicorrizas, con características diferentes y características, a su vez, de distintas familias de árboles forestales, aunque un único árbol puede estar asociado con varias especies de hongos.

Un papel importantísimo en los procesos bioquímicos que se producen en el suelo corresponde a las enzimas, proteínas catalizadoras que promueven reacciones químicas sin sufrir una alteración permanente. Son responsables de las distintas transformaciones que sufren las fracciones orgánicas del suelo, interviniendo independientemente de los microorganismos vivos o coexistiendo sus acciones con las acciones microbianas. Participan tanto en reacciones de degradación como en procesos de síntesis.

El suelo, con sus componentes y sus propiedades, es el hábitat natural de los organismos que viven en él. No obstante, de acuerdo con la definición de materia orgánica del suelo, según la cual “está constituida por una mezcla de residuos de plantas y animales en distintos estados de descomposición, sustancias sintetizadas microbiológicamente y/o químicamente a partir de los productos de la descomposición y cuerpos de microorganismos vivos y muertos y los restos de su descomposición”, los organismos vivos, al menos los componentes de la meso y microfauna y de la microbiota, forman parte de la materia orgánica del suelo. Por esta razón, la relación que existe entre los organismos del suelo y la materia orgánica del mismo es muy estrecha.

La supervivencia, desarrollo y diversidad de todos estos organismos depende de los propios organismos y de determinados factores del suelo como son la humedad, la temperatura, la aireación, la acidez y el suplemento de nutrientes y energía. Su distribución espacial también depende de estos factores y de la profundidad del suelo, probablemente por la relación de esta con la distribución de la materia orgánica.

Todos los microorganismos, considerados en conjunto, desempeñan una función muy importante en su hábitat natural porque influyen sobre ciertas propiedades del suelo e intervienen en los grandes procesos edáficos: meteorización de minerales, mineralización de la materia orgánica, humificación, agregación y ciclo de los nutrientes, promoviendo la solubilización o liberación de nutrientes para las plantas y otros organismos, la formación de sustancias húmicas y complejos órgano minerales estables y la formación de una estructura más o menos estable, aunque también promueven la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera y su contrapartida, el secuestro o fijación de carbono estable en el suelo.

El estudio de la microbiota del suelo comprende su identificación, la determinación del número de microorganismos, de su biomasa, de su actividad metabólica (mineralización del carbono y del nitrógeno orgánicos) y enzimática, y de su diversidad (estructura de la comunidad microbiana).

La identificación de los microorganismos se realiza *in situ* o por su aislamiento del suelo, cultivo de los microorganismos e identificación por características morfológicas, fisiológicas o bioquímicas.

La determinación del número de microorganismos se realiza por recuento directo o por recuento indirecto mediante el método de la placa de agar o recuento de colonias y el método de las diluciones.

La biomasa microbiana se evalúa por métodos directos (estimación del número de microorganismos, que se multiplica por el volumen y la densidad de los microorganismos) o indirectos (fumigación-incubación, fumigación-extracción, método fisiológico, medida del ATP, clorofila, lipopolisacáridos (LPS), ergosterol, glucosamina, etc.). Por algunos de los métodos indirectos se determinan el carbono y el nitrógeno de la biomasa microbiana y el flujo de los principales nutrientes a través de esta biomasa, que constituye no sólo una de las fracciones más lábiles de la materia orgánica sino también una reserva de nutrientes que se pone a disposición de las plantas a la muerte de los microorganismos.

Para la medida de la actividad de la población microbiana pueden usarse diversos índices, siendo los más comunes la tasa de respiración, la medida de actividades enzimáticas específicas y la medida de la carga de energía adenilato.

La tasa de respiración, midiendo el oxígeno consumido o el CO₂ desprendido en la oxidación de la materia orgánica, es una técnica que se usa con mucha frecuencia, no sólo para medir la actividad biológica global del suelo, sino también para la determinación de la cinética de mineralización de la materia orgánica del suelo o de una sustancia determinada añadida al suelo. Mediante esta técnica se puede hacer el seguimiento del metabolismo de la sustancia añadida y la incorporación de los metabolitos en los distintos compartimentos de la materia orgánica o del nitrógeno o fósforo orgánicos del suelo, cuando esta sustancia está marcada con isótopos radiactivos o estables del carbono, nitrógeno o fósforo.

La medida de la tasa de respiración suele hacerse en respirómetros, algunos de los cuales pueden utilizarse también para estudiar la cinética de mineralización del nitrógeno orgánico del suelo, midiendo el nitrógeno inorgánico del suelo a diferentes intervalos de tiempo. Igual que en el caso del C, puede hacerse el seguimiento del metabolismo de diversas sustancias nitrogenadas y la incorporación de los metabolitos en los mismos compartimentos, utilizando sustancias marcadas con isótopos radiactivos o estables.

La medida de la actividad enzimática de determinadas enzimas no se correlaciona con la tasa de respiración o con el número de microorganismos debido a que cada medida responde a procesos metabólicos o ciclos de nutrientes específicos. Para evaluar la actividad microbiana se han propuesto diversas ecuaciones que combinan la actividad de varias enzimas. La actividad de las enzimas se mide *in vitro*, bajo condiciones controladas.

La diversidad de la comunidad microbiana se determina actualmente por técnicas que no conllevan el uso de medios de cultivo y que permiten el análisis estructural y funcional de la totalidad de las comunidades microbianas. Entre estas técnicas se encuentran el análisis de ácidos grasos de los fosfolípidos, el análisis de ácidos nucleicos (ADN y ARN) usando técnicas de biología molecular adaptadas para este fin y los métodos de análisis de la diversidad funcional tales como el BIOLOG.

Tanto en los suelos agrícolas como en los forestales, el mantenimiento de la productividad, directamente relacionada con la calidad o salud del suelo, es esencial para el desarrollo sostenible. El concepto de calidad o salud del suelo se identifica con la "capacidad del suelo para funcionar como un sistema viviente vital, para sostener la productividad biológica, promover la calidad del aire y del agua y mantener la salud de plantas, animales y hombres". Por el contrario, la degradación del suelo es definida por la FAO como "un proceso que rebaja la capacidad actual y potencial del suelo para producir cuantitativa y/o cualitativamente bienes y servicios". Significa, por lo tanto una pérdida de calidad, que puede deberse a cambios adversos en las propiedades físicas, químicas o biológicas, cambios que en la naturaleza puede producirse simultáneamente. La búsqueda de indicadores de la calidad o de la degradación de los suelos es un objetivo nada fácil de alcanzar por el número de parámetros y propiedades del suelo implicados y porque estos indicadores han de ser buenos, sensibles y fáciles de medir y de interpretar. La materia orgánica, que interviene en la mayor parte de los procesos edáficos fundamentales para el buen funcionamiento del ecosistema, puede ser un buen indicador de la calidad del suelo porque su pérdida cuantitativa o cualitativa advierte de una posible degradación del suelo; sin embargo, en muchos casos estas variaciones no son fáciles de poner de manifiesto de forma rápida. A falta de un indicador general, se utiliza el análisis de diferentes parámetros físicos, físico-químicos o químicos para detectar diferentes tipos de degradación.

Teniendo en cuenta que la distribución y densidad de la población microbiana vienen determinadas por un conjunto

de factores bióticos y abióticos y que, por consiguiente, los microorganismos reflejan las condiciones del medio, cuando el ecosistema es alterado, bien por causas naturales bien por la acción del hombre, la comunidad microbiana, que presenta una elevada tasa de renovación, va a reaccionar rápidamente para adaptarse a las nuevas condiciones del medio. Algunos microorganismos morirán y otros sobrevivirán y proliferarán, observándose como resultado final cambios en su composición cuantitativa y cualitativa, que se reflejarán en una nueva estructura de la comunidad, y cambios en el funcionamiento de la comunidad microbiana. Por esta razón, el uso de los parámetros microbiológicos como indicadores de la calidad o de la degradación del suelo presentan muchas ventajas sobre los parámetros físicos y químicos porque permiten evaluar globalmente la influencia de los múltiples factores que interactúan en el medio edáfico y son indicadores muy sensibles, capaces de detectar a muy corto plazo la degradación producida por mecanismos y procesos diversos.

Para contrarrestar los inconvenientes que pueden presentar estos indicadores biológicos es imprescindible determinar previamente el nivel de base del parámetro utilizado y su variación natural. Asimismo, para determinar si el impacto de un proceso de degradación sobre la microbiota edáfica es significativo, se pueden utilizar como criterios la magnitud del impacto y la duración del mismo.

La aplicación de productos fitosanitarios en los bosques, la proximidad de estos a determinadas fábricas, minas, carreteras, los incendios forestales, el uso de retardantes u otros productos en la extinción de los incendios, la lluvia ácida, etc., puede conducir a la contaminación del suelo con metales pesados u otros productos que pueden ser tóxicos para los microorganismos o pueden causar modificaciones importantes en el medio edáfico que, en general, conducen a diversos tipos de degradación del suelo.

En todos estos casos pueden utilizarse como indicadores de calidad o de degradación del suelo los parámetros microbiológicos definidos anteriormente, aunque en cada caso será más eficiente uno u otro.

La calidad del suelo, así como las modificaciones producidas en el medio, en particular la variación del contenido y calidad de la materia orgánica del suelo, o el posible efecto de sustancias adicionadas al suelo, pueden detectarse determinando el número de microorganismos, particularmente el recuento de viables, la biomasa microbiana, la actividad metabólica y las actividades enzimáticas.

Para la detección de la contaminación química por metales pesados pueden utilizarse las medidas de biomasa y actividad microbianas, así como el recuento de microorganismos sensibles y tolerantes a la contaminación. Sin embargo, para detectar la toxicidad y tolerancia de toda la comunidad bacteriana a los metales pesados existen técnicas más específicas, tales como las de incorporación de substratos marcados como timidina marcada con tritio y leucina marcada con ^{14}C . La medida de la tolerancia microbiana a los metales pesados, expresada en función de la concentración del metal que produce un determinado

descenso en la actividad microbiana, es un parámetro muy eficaz para detectar y cuantificar la presencia de metales pesados en el suelo y para determinar la concentración límite a partir de la cual el ecosistema edáfico puede considerarse dañado.

Otro índice microbiológico que puede usarse para la detección de suelos contaminados por metales pesados o para estudiar el efecto positivo o negativo de determinadas sustancias, por ejemplo, las usadas en la extinción de los incendios, es la diversidad microbiana, es decir, todos los métodos descritos para la determinación de la estructura de la comunidad microbiana: análisis de ácidos grasos de los fosfolípidos, análisis de ADN (ensayo de hibridación cruzada, perfiles de desnaturalización del ADN y distribución de las bases en el ADN) y el método de la diversidad funcional, BIOLOG.

Para detectar el impacto de los incendios forestales sobre el suelo, los índices microbiológicos más eficaces son la biomasa microbiana, el recuento de microorganismos, la mineralización del carbono y nitrógeno orgánicos, las actividades enzimáticas, la actividad bacteriana medida por los métodos de incorporación celular de timidina y leucina y la estructura de la comunidad microbiana. En este caso, el estudio de los componentes de la materia orgánica y del nitrógeno orgánico dan también una excelente información sobre los efectos de los incendios sobre el suelo.

Bibliografía

- Acea, M.J., Carballas, T. (1990). Principal component analysis of the soil microbial population of humid zone of Galicia (Spain). *Soil Biol. Biochem.* 22, 749-759.
- Alef, K., Nannipieri, P. (1995). *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Academic Press, Londres.
- Bååth, E., Frostegård, Å., Díaz-Raviña, M., Tunlid, A. (1998). Microbial community-based measurements to estimate heavy metal effects in soil: the use of phospholipid fatty acid patterns and bacterial community tolerance. *Ambio* 27, 58-61.
- Basanta, M.R., Díaz-Raviña, M., Carballas, T. (2003). Microbial biomass and metabolic activity in a forest soil treated with an acrylamide copolymer. *Agrochimica* 47, 9-13.
- Basanta, M.R., Díaz-Raviña, M., Cuiñas, P., Carballas, T. (2004). Field data of microbial response to a fire retardant. *Agrochimica* 48, 51-60.
- Basanta, M.R., Díaz-Raviña, M., González-Prieto, S.J., Carballas, T. (2002). Biochemical properties of forest soils as affected by a fire retardant. *Biol. Fertil. Soils* 36, 377-383.
- Carballas, M., Carballas, T., Jacquín, E. (1979). Biodegradation and humification of organic matter in humiferous atlantic soils. I. Biodegradation. *An. Edafol. Agrobiol.* 38, 1699-1717.
- Carballas, T. (2003). Los incendios forestales. En: *Reflexiones sobre el medio ambiente en Galicia* (J.J. Casares Long, coordinador), Xunta de Galicia, Santiago de Compostela, 361-415/545-547.

- Coine, M. (2000). *Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio*. Editorial Paraninfo, Madrid.
- Díaz-Raviña, M., Acea, M.J., Carballas, T. (1993). Microbial biomass and its contribution to nutrients in forest soils. *Soil Biol. Biochem.* 25, 25-31.
- Díaz-Raviña, M., Bååth, E., Martín, A., Carballas, T. (2004). Microbial community structure in forest soils treated with a fire retardant. *Bioresource Technology* (enviado).
- Díaz Raviña, M., Carballas, T., Acea, M.J. (1988). Microbial biomass and metabolic activity in four acid soils. *Soil Biol. Biochem.* 20, 817-823.
- Díaz-Raviña, M., Prieto, A., Acea, M.J., Carballas, T. (1992). Fumigation-extraction method to estimate microbial biomass in heated soils. *Soil Biol. Biochem.* 24, 190-195.
- Fernández, I., Cabaneiro, A., Carballas, T. (1999). Carbon mineralization dynamics in soils after wildfires in two Galician forests. *Soil Biol. Biochem.* 31, 1853-1865.
- Fisher, R.F., Binkley, D. (2000). *Ecology and management of forest soils*. 3ª ed. J.Wiley & Sons, Nueva York.
- González-Prieto, S.J., Carballas, M., Carballas, T. (1991). Mineralization of a nitrogen-bearing organic substrate model (^{14}C , ^{15}N -glycine) in two acid soils. *Soil Biol. Biochem.* 23, 53-63.
- González-Prieto, S.J., Carballas, M., Carballas, T. (1992). Incorporation of the degradation products of labelled glycine in the various forms of organic carbon and nitrogen of two acid soils. *Soil Biol. Biochem.* 24, 199-208.
- González-Prieto, S.J., Villar, M.C. (2003). Soil organic N dynamics and stand quality in *Pinus radiata* pinewoods of the temperate humid region. *Soil Biol. Biochem.* 35, 1395-1404.
- Leirós, M.C., Trasar Cepeda, C., Seoane, S., Gil Sotres, F. (1999). Defining the validity of a biochemical index of soil quality. *Biol. Fertil. Soils* 30, 140-146.
- Pankhurst, C., Doube, B.M., Gupta, V.V.S.R. (1998). *Biological indicators of soil health*. Cab International.
- Paul, E.A., Clark, F.E. (1989). *Soil microbiology and biochemistry*. Academic Press, Londres.
- Pennanen, T. (2001). Microbial communities in boreal coniferous forest humus exposed to heavy metals and changes in soil pH—a summary of the use of phospholipid fatty acids, Biolog and ^3H -thymidine incorporation methods in field studies. *Geoderma* 100, 91-126.
- Ritz, K., Dighton, J., Giller, K.E. (1994). *Compositional and functional analysis of soil microbial communities*. John Wiley & Sons, Nueva York.
- Saá, A., Trasar-Cepeda, M.C., Carballas, T. (1998). Soil P status and phosphomonoesterase activity of recently burnt and unburnt soil following laboratory incubation. *Soil Biol. Biochem.* 30, 419-428.
- Tate, R.L. (2000). *Soil microbiology and biochemistry*. Wiley & Sons, Nueva York.
- Trasar Cepeda, C., Leirós de la Peña, M.C., García Fernández, F., Gil Sotres, F. (2000). Biochemical properties of the soils of Galicia (N.W Spain): Their use as indicators of soil quality. En: *Research and perspectives of soil enzymology in Spain* (C. García y M.T. Hernández, eds.), Cap. 3, 147-173 (español), 175-206 (inglés). CSIC y CEBAS, Murcia.
- Trasar Cepeda, C., Leirós, M.C., Gil Sotres, F., Seoane, S. (1998). Towards a biochemical quality index for soils: An expression relating several biological and biochemical properties. *Biol. Fertil. Soils* 26, 100-106.
- Vázquez, F.J., Acea, M.J., Carballas, T. (1993). Soil microbial populations after wildfire. *FEMS Microbiol. Ecol.* 13, 93-104.

Recursos Rurais

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

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 sostíbel dos recursos naturais do espazo rural. Os artigos que non se axusten ás normas da revista, serán devolto 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 sangría, tanto no texto como na lista de referencias bibliográficas. Os parágrafos non deben ir separados por espazos.

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 incluír un título conciso e informativo, 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 tipografiaranse en tamaño de letra 11.

Introdución

A introdución debe indicar o propósito da investigación e prover unha referencia 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:

Mahoney, 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 Publicacións 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 incluíranse 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 lexibeis. 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 o 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 alterse aos seguintes parámetros: Debuxos de liñas: o escaneado realizarase 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, ningún 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 denominarase polo nome do autor.

Cos arquivos inclúe 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.

Febreiro 2005