

Estudio del carbono de la biomasa microbiana en suelos alterados

María Teresa Iglesias (*)

Resumen: Iglesias, M.T. *Estudio del carbono de la biomasa microbiana en suelos alterados. Lazaroa 29: 117-123 (2008).*

En este trabajo se estudia el carbono de la biomasa microbiana, en suelos de la Comunidad de Madrid, uno afectado por un incendio forestal y otro suelo agrícola que hasta hace 10 años recibió la aplicación repetida de biosólidos, ambos se comparan con respectivos suelos control. El C de la biomasa microbiana es una de las fracciones más perjudicadas por el efecto del fuego, no obstante se observa un ligero incremento al poco tiempo del incendio, efecto que desaparece con el tiempo, no obteniendo resultados significativos entre testigo y quemado. Los suelos enmendados también presentan valores mayores de biomasa microbiana, con respecto a la relación C de la biomasa microbiana/C orgánico, es mayor en suelos tratados que en el control.

Palabras clave: Suelo quemado, Suelo enmendado con biosólidos, C de la biomasa de microbiana.

Abstract: Iglesias, M.T. *C microbiana biomass in altered soils. Lazaroa 29: 117-123 (2008).*

The goal of the present survey was to evaluate the changes of microbial biomass C in soils located at Madrid Community, after forest fire and agricultural soils amended with biosolids

The microbial biomass was a pool negatively affected by fire. When compared with control soils, we observed an increase in organic C, and microbial biomass C in both of soils. The microbial C/organic C decreases in soils treated with biosolids, but in burnt soils only show a light increase early after fire.

Keywords: Burnt soils, Biosolid amended soils, Microbial biomass C.

INTRODUCCIÓN

La biomasa microbiana constituye el componente vivo de la materia orgánica del suelo y representa la fracción lábil, y por lo tanto responde rápidamente al efecto de perturbación o recuperación del suelo (RICE & *al.*, 1996; ROSS & *al.*, 2001). Los microorganismos juegan un papel importante en el desarrollo y conservación del suelo. Las alteraciones en la biomasa microbiana, como el descenso de la misma, parece estar determinado por propiedades de las comunidades microbianas, su tipología y actividad, así como por las condiciones climáticas a las que se ve sometido el suelo, más que a sus características edáficas (VAN GESTEL & *al.*, 1991).

En los ecosistemas mediterráneos el fuego se ha convertido en un grave problema, como consecuencia una gran variedad de procesos y propiedades del suelo se ven alteradas por su efecto, puesto que una cantidad

variable de cenizas se depositan en el suelo y van a constituir una fuente potencial de nutrientes. El fuego afecta al C orgánico tanto cuantitativa como cualitativamente, dependiendo de su intensidad (MATAIX-SOLERA & *al.*, 2002; FERNÁNDEZ & *al.*, 1997; ALMENDROS & *al.*, 1984). La calidad y la cantidad de la materia orgánica se van a ver afectadas, así como el C de la biomasa microbiana, ya que las nuevas condiciones edafoclimáticas van a alterar los microorganismos del suelo (DÍAZ-RAVIÑA & *al.*, 1992; BAATH & *al.*, 1995; GONZÁLEZ PÉREZ & *al.*, 2004).

Las prácticas agrícolas han sido consideradas una de las causas principales de la degradación del suelo (KIEFT, 1994), la materia orgánica va a verse ampliamente afectada, pero son las propiedades bioquímicas las más sensibles a la hora de reflejar un cambio en el manejo del suelo (DICK, 1994). Con la aplicación de biosólidos, se aportan metales pesados al suelo, y sus

* Universidad Francisco de Vitoria, Ctra Pozuelo-Majadahonda km 1,800, 28223 Pozuelo de Alarcón (Madrid), m.iglesias.prof@ufv.es.

efectos puede perdurar muchos años, y por tanto la biomasa microbiana, que representa la fracción lábil de la materia orgánica, responde rápidamente al efecto de perturbación o recuperación del suelo (RICE & *al.*, 1996; HERNÁNDEZ & *al.*, 1997; PRIETO FERNÁNDEZ & *al.*, 1998; ACEA Y CARBALLAS, 1999; ROSS & *al.*, 2001). Con la aplicación de estas sustancias al suelo, éste se enriquece en materia orgánica y permite dar a salida a dichos residuos obteniéndose con ello un beneficio medioambiental y se contribuye activamente al secuestro de carbono (MATAIX & *al.*, 2007). En cuanto a la biomasa microbiana hay estudios donde se aparecen efectos negativos a largo plazo por la presencia de contaminantes (BROOKES Y MCGRATH, 1984; MORENO & *al.*, 1999).

La cantidad de biomasa microbiana del suelo y los cambios estacionales sufridos por ella, van a estar influidos por la cantidad de materia orgánica del suelo, por factores climáticos, uso de la tierra y por las características físico-químicas del suelo (DALAL, 1998; ZOOG & *al.*, 1997). Lo que la convierte en un indicador altamente sensible de los cambios sucedidos en el suelo, siendo por ello utilizada para predecir cambios en la materia orgánica por distintas prácticas en el suelo (POWLSON & *al.*, 1987; SPARLING, 1992). Por ello, el objetivo que nos proponemos es el estudio de la biomasa microbiana en un suelo a los dos, ocho, catorce y veinte meses de un incendio forestal y en un suelo agrícola a los diez años de la última aplicación de biosólidos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se lleva a cabo en dos zonas de la Comunidad de Madrid. Para ello se seleccionaron dos suelos, uno forestal desarrollado a partir de granito, (*Leptosol Dístico*, FAO, 1990, 1999) situado al noroeste de Madrid con robledales como vegetación natural, aunque las muestras de suelos se tomaron bajo roble (*Quercus pyrenaica*) y bajo enebro (*Juniperus oxycedrus*), y otro agrícola, (*Luvisol Cálxico*, FAO, 1990, 1999) situado al noreste, para evaluar las modificaciones en la biomasa microbiana.

El diseño experimental consistió en el estudio de un suelo quemado que se incendió a finales de verano, del que se tomaron muestras en otoño y primavera: a los dos, ocho, catorce y veinte meses del incendio. En las proximidades del suelo quemado, se muestreó un suelo sin afectar que consideramos suelo control. Se efectuaron tres repeticiones por tratamiento.

El segundo diseño experimental consistió en los siguientes tratamientos: control (C), fertilización mineral tradicional (M), enmienda con biosólido 50 Mg ha⁻¹ (B1 y B3 respectivamente) y 100 Mg ha⁻¹ (B2 y B4 respectivamente). Se efectuaron tres repeticiones por tratamiento.

El suelo agrícola durante 8 años recibió aportes repetidos de biosólidos 50 Mgha⁻¹ (B1 y B3) y 100 Mgha⁻¹: (B2 y B4), dicho biosólidos se aplicaron superficialmente y luego se mezclaron con el suelo y la toma de muestras para el estudio se efectuó a los 10 años de la última aplicación de biosólidos. Las muestras fueron tomadas al azar del horizonte superficial (0-10 cm), se conservaron en frío hasta llegar al laboratorio, donde se pasaron por tamiz de 2,5 mm y se conservaron a 4°C y en oscuridad hasta su análisis.

Se determinó el pH (1:2,5 p/v) y el C orgánico por oxidación con dicromato potásico y posterior valoración con sulfato ferroso amónico (Nelson y Sommers 1982). El C de la biomasa microbiana se midió por el método de la fumigación-extracción adaptado de Vance et al. 1987. Las muestras antes de la fumigación con CH₃Cl se rehumedecieron al 60% de su capacidad de campo, para asegurar su efectividad.

Para el estudio estadístico se empleó Statgraphics Plus, efectuando un análisis de la varianza (ANOVA), en el que se presentan los p-valores para aceptar o rechazar la diferencia significativa entre medias para cada variable (p<0,05 las medias de las muestras difieren significativamente). Se aplicó el método de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para determinar las medias que son significativamente diferentes. Se estudia el test de rangos múltiples para decidir que medias son las significativamente diferentes cuando se comparan por pares de medias para los diferentes niveles de los factores. Si los distintos niveles de un mismo factor no son significativamente diferentes hay homogeneidad. El estudio del diseño de un factor de efectos aleatorios, nos permite con el test Fisher p< 0,05, mostrar que hay diferencias significativas para una variable por tratamiento, con lo que admitiremos que hay variabilidad en los valores de cada variable. Se ha aplicado un procedimiento de comparación múltiple para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

EFFECTO DEL INCENDIO EN LA BIOMASA MICROBIANA

A los dos meses del incendio, en el suelo quemado bajo enebro y roble se observa un incremento significativo tanto pH como de C orgánico, respecto al suelo control (Tabla 1), debido al aporte de cenizas procedentes de la incineración de la vegetación y a la incorporación de necromasa incompletamente quemada, que compensa las pérdidas por la combustión del humus (Almendros & al., 1990). A los ocho y catorce meses, se mantienen las diferencias significativas para C orgánico, que desaparecen al final del estudio, aunque los valores de C todavía se mantengan ligeramente más altos en suelo quemado respecto al control.

Como consecuencia del paso del fuego, se aprecia una disminución significativa del C de la biomasa microbiana (BMC) a los 2 y 8 meses del mismo en el suelo bajo enebro, hecho que puede deberse a que el incendio fue de mayor intensidad, dado que esta especie que se incineró totalmente (Figura 1) y por lo tanto ha habido una disminución del contenido de agua del suelo lo que en parte limitará la actividad microbiana (GRIFFIN, 1981). Respecto al suelo bajo roble (especie resistente al paso del fuego) la BMC experimenta un incremento significativo en el mismo muestreo (Figura 1) y es que posiblemente ha habido una inoculación y crecimiento de los microorganismos presentes en los restos vegetales sin afectar por el incendio, bien porque sobrevivieron o porque están mejor adaptados a la utilización de compuestos piromórficos (PIETIKÄINENEN & FRITZE, 1995; DÍAZ-

Tabla 1
Valores de pH y C orgánico en el suelo quemado bajo roble (QR2, QR8, QR14 y QR20), enebro (QE2, QE8, QE14 y QE20) y control (CR y CE)

Suelo	CR	QR2	QR8	QR14	QR20	CE	QE2	QE8	QE14	QE20
pH H ₂ O	6,1b	7,3a	6,3b	6,0b	5,9b	6,1b	7,9a	6,7b	6,5b	6,2b
C g.kg ⁻¹	32,0b	50,0a	52,0a	65,0a	43,0ab	36,0b	52,0a	49,0ab	59,0a	49,0ab

Los valores con la misma letra no son significativos p≤0.05
 QR2, QR8, QR14 y QR20: suelo bajo roble a los 2, 8, 14 y 20 meses del incendio
 QE2, QE8, QE14 y QE20: suelo bajo enebro a los 2, 8, 14 y 20 meses del incendio
 CR: suelo control bajo roble; CE: suelo control bajo enebro

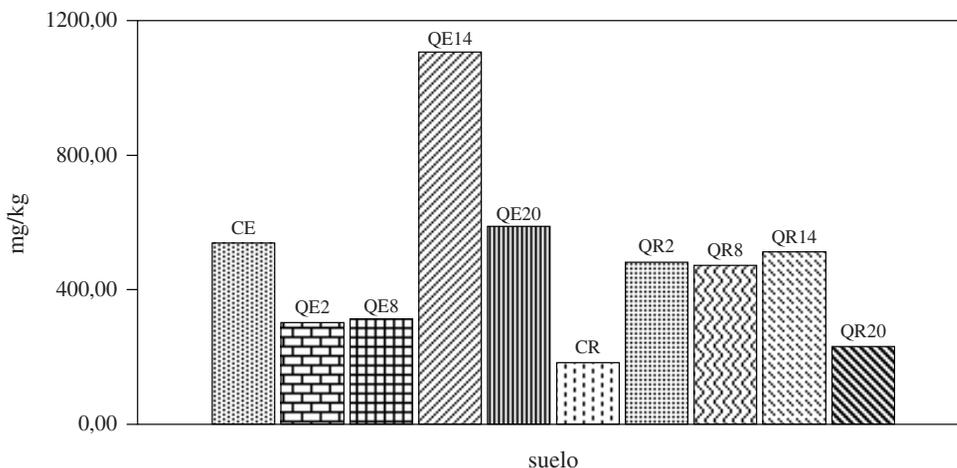


Figura 1. Biomasa microbiana de C en suelos quemados y control bajo roble y enebro.
 QR2, QR8, QR4 y QR20: suelo bajo roble a los 2, 8, 14 y 20 meses del incendio
 QE2, QE8, QE14 y QE 20: suelo bajo enebro a los 2, 8, 14 y 20 meses del incendio
 CR: suelo control bajo roble; CE: suelo control bajo enebro

RAVIÑA & al. (1992, 1996), PRIETO-FERNÁNDEZ & al. (1998). A los 20 meses los valores se asemejan al suelo control bajo ambos tipos de vegetación.

En la figura 2 se observa la relación BMC/C orgánico en el suelo quemado bajo roble y enebro. Así mientras dicha relación disminuye significativamente en el suelo bajo enebro a los 2 y 8 meses del incendio, lo que sugiere un descenso de la comunidad microbiana, tanto por el efecto del fuego como por una destrucción de la vegetación y menor humedad del suelo (ROSS & al., 1997), a los 14 meses del incendio se aprecia un efímero repunte, probablemente motivado por el inicio de la revegetación en zona de enebros.

En lo que respecta al suelo bajo roble, dicha relación se mantiene con valores mayores al suelo control durante los 14 primeros meses después del incendio y se iguala a éste al final del estudio.

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE BIOSÓLIDOS EN LA BIOMASA MICROBIANA

En la Tabla 2 no se observan diferencias significativas para los valores de pH en suelo enmendado respecto al correspondiente control. Respecto al C orgánico incrementa notablemente (156%-295%) respecto al suelo control, aunque entre ellos no se aprecian diferencias significativas, principalmente en B2 y B4, suelos que presentan mayores contenidos de metales pesados y que recibieron mayor aporte de biosólidos. Como indican Mataix & al. (2007) los efectos beneficiosos de las enmiendas son en

gran parte debidos al alto contenido en C orgánico y por consiguiente en materia orgánica, la cual ejercerá un efecto positivo en múltiples propiedades del suelo.

Los contenidos en metales pesados como era de esperar son significativamente mayores en suelos enmendados que en el control, y la mayor concentración se corresponde como hemos visto anteriormente con los mayores contenidos de C orgánico, pudiendo haber una relación entre la concentración de los metales del suelo y la acumulación de materia orgánica (NORDGREN & al., 1983).

En el suelo agrícola generalmente se aprecia un incremento significativo de la biomasa (Figura 3) respecto al control, probablemente porque la carga contaminante del suelo no es suficiente para inhibir el crecimiento microbiano. A pesar de los altos contenidos en B2 y B4 de Cu, Zn, Cr, Pb y Cd, no se aprecia efecto adverso en la biomasa microbiana, sin embargo CHANDER & al. (1995) si observó el efecto negativo de cada metal individualmente en la biomasa microbiana.

La relación BMC/C orgánico (Figura 4) representa un indicador útil para detectar cambios debido a contaminantes químicos, tales como metales pesados, (CHANDER Y BROOKES, 1991), y es que estos suelos presentan una carga contaminante importante, observándose valores altos a pesar del tiempo de la última aplicación de Zn, Pb, Cd, Ni, Cr y Cu. Los valores obtenidos para esta relación (Figura 4) son inferiores en todos los casos respecto al control. Insam y Domsch (1988) atribuyen este descenso a diferencias en la calidad de la

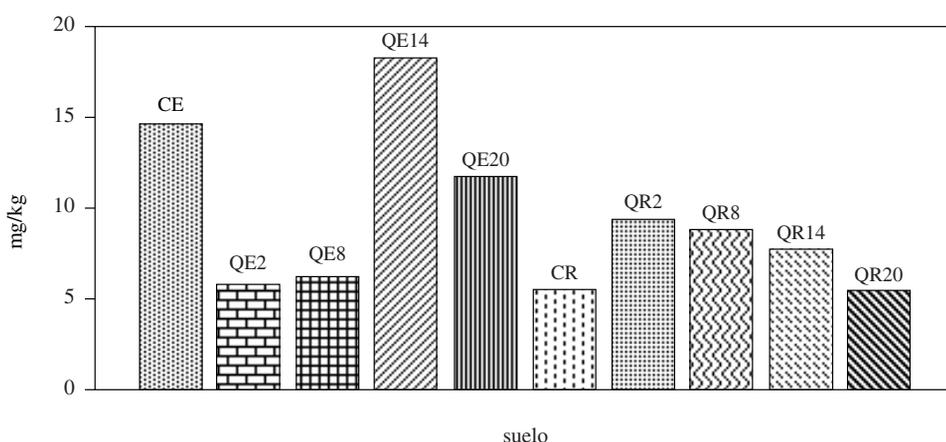


Figura 2. Valores medios de la relación BMC/C orgánico en suelos quemados
 QR2, QR8, QR4 y QR20: suelo bajo roble a los 2, 8, 14 y 20 meses del incendio
 QE2, QE8, QE14 y QE 20: suelo bajo enebro a los 2, 8, 14 y 20 meses del incendio
 CR: suelo control bajo roble; CE: suelo control bajo enebro

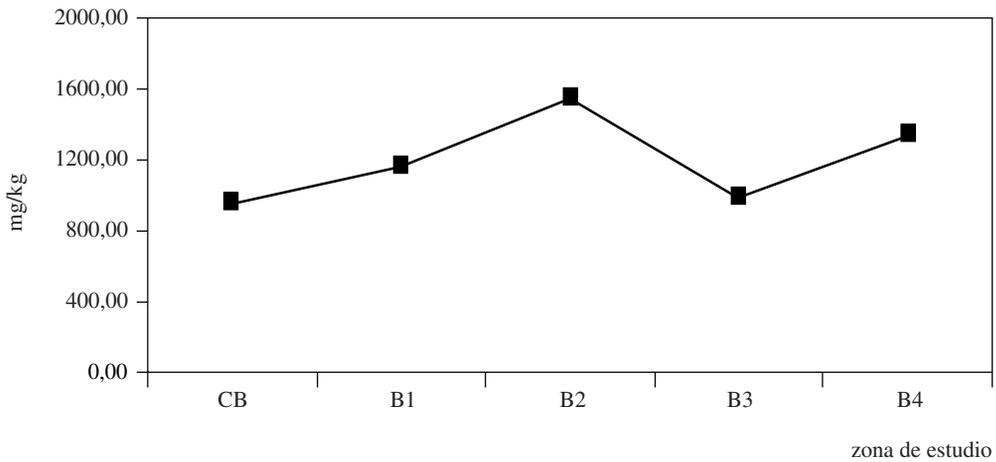


Figura 3. Valores medios de BMC en suelos agrícolas, control y enmendados con biosólidos

CB: suelo control

B1 y B3: suelo enmendado con 50 Mgha⁻¹ biosólidos

B2 y B4: suelo enmendado con 100 Mgha⁻¹ biosólidos

materia orgánica o a su disponibilidad por los microorganismos, o como indica GUERRERO & al. (2003) a que este residuo no sea fácilmente degradable.

CONCLUSIONES

Las diferencias observadas en los suelos quemados a los 2 y 8 meses, se pueden atribuir a la diferencia tanto en la calidad de la materia orgánica como a su disponibilidad por los microorganismos. Siendo seme-

jantes los valores observados para ambas vegetaciones al final del estudio.

Se observa un incremento significativo del C orgánico, valores que cambian a los veinte meses del incendio, como consecuencia del restablecimiento de la vegetación. Respecto a la BMC, aumenta en el suelo bajo roble y enebro, la tendencia es recuperar los valores del suelo sin quemar, las alteraciones se atenúan a los 14 meses probablemente debido a la incipiente recolonización vegetal y del crecimiento

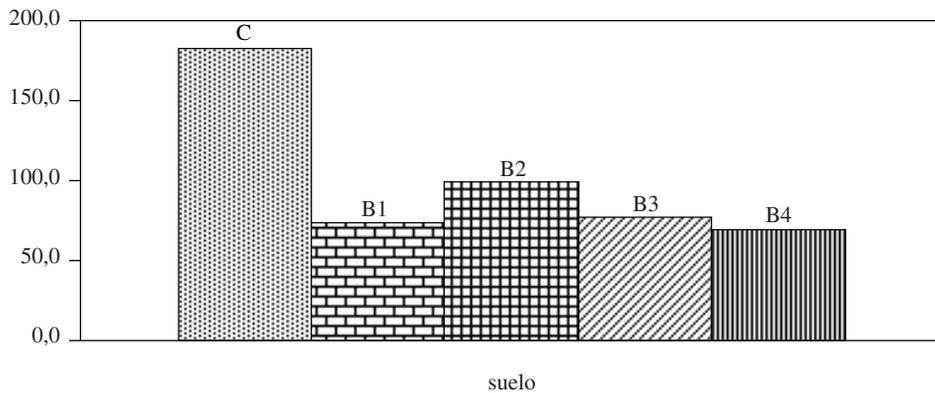


Figura 4. Valores medios de la relación BMC/C orgánico en el suelo enmendado con biosólidos

CB: suelo control

B1 y B3: suelo enmendado con 50 Mgha⁻¹ biosólidos

B2 y B4: suelo enmendado con 100 Mgha⁻¹ biosólidos

microbiano, siendo similares los valores observados en el suelo quemado a los del suelo testigo al final del estudio. La relación BMC/C disminuye los 2 primeros muestreos en el suelo bajo enebro, que es el más afectado por el fuego, mientras que en el suelo bajo roble incrementa.

A los diez años de la aplicación repetida de biosólidos en un suelo agrícola, se observa un aumento en los contenidos de C orgánico, proporcionalmente a la dosis

aplicada, así como de las concentraciones de Cu, Zn, Cr, Cd y Pb. Lo mismo le sucede a la biomasa microbiana, que incrementa significativamente en el citado suelo. Hecho que podría deberse a una adaptación de la comunidad microbiana a las condiciones del suelo. Los biosólidos parecen efectivos en el restablecimiento de la biomasa microbiana y la fertilidad del suelo, debido a cambios cualitativos de la materia orgánica, que dependerán del material aplicado.

BIBLIOGRAFÍA

- Acea, M.J. & Carballas, T. —1999— Microbial fluctuations after soil heating and organic amendment — *Biores. Technol.* 67: 65-71.
- Almendros, a., Polo, A., Lobo, M.C. & Ibañez, J.J. —1984— Contribución al estudio de los incendios forestales en las características de la materia orgánica del suelo. II. Transformaciones controladas del humus por ignición en condiciones de laboratorio — *Rev. Écol. Biol. Sol* 21:145-160.
- Almendros, G., González, F.J., & Martín, F. —1990— Fire-induced transformation of soil organic matter from an oak forest: an experimental approach to the effects of fire on humic substances — *Soil Sci.* 149 (3): 158-168.
- Baath, E., Frostegard, A., Pennanen, T. & Fritze, H. —1995— Microbial community structure and pH response in relation to soil organic matter quality in wood-ash fertilized, clear-cut or burned coniferous forests soils — *Soil Biol. Biochem.* 27: 229-240.
- Brookes, P.C. & McGrath, S.P. —1984— Effects of metal toxicity on the size of the soil microbial biomass — *J. Soil Sci.* 35: 341-346.
- Chandler, K. & Brookes, P.C. —1991— Effects of heavy metals from past applications of sewage sludge on microbial biomass and organic matter accumulation in a sandy silty loam UK soil — *Soil Biol. Biochem.* 23: 927-932.
- Dalal, R.C. —1998— Soil microbial biomass —what do the number really mean? — *Aust. J. Exp. Agric.* 38: 649-665.
- 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: 259-264.
- Dick, R.P. —1994— Soil enzyme activities as indicators of soil quality — In: Doran, J.W., Coleman, D.C. & Stewart, B.A. (Eds.). *Defining soil Quality for a sustainable environment*. SSSA. Madison, Wisconsin. Special Publication 35: 107-124.
- FAO —1990, 1999— Mapa de suelos del mundo — Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- Fernández, I., Cabanero, A. & Carballas, T. —1997— Organic matter changes immediately after a wildfire in an Atlantic forest soil and comparison with laboratory soil heating. *Soil Biol. Biochem.* 29: 1-11.
- González-Pérez, J.A., González-Vila, F.J., Almendros, G. & Knicker, H. —2004— The effect of fire on soil organic matter, a review — *Environ. Int.* 30: 855-870
- Griffin, D.M. —1981— Water microbial stress — *Adv. Microbial Ecol.* 5: 91-136.
- Hernández, T., García, C. & Reinhardt, I. —1997— Short-term effect of wildfire on the chemical, biochemical and microbiological properties on Mediterranean pine forest soils. *Biol. Fertil. Soils* 25: 109-116.
- Guerrero, C., Mataix-Solera, J., Rodríguez, F., García-Orenes, F., Gómez, I. & Moral, R. —2003— Carbono microbiano edáfico en suelos afectados por el fuego y enmendados con diferentes residuos orgánicos — *Edafología* 10(2): 185-190.
- Insam, H. & Domsch, K.H. —1988— Relationship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites — *Microbial Ecol.* 15: 177-188
- Kieft, T.L. —1994— Grazing and plant-canopy effects on semiarid soil microbial biomass and respiration — *Biol. Fertil. Soils* 18: 155-162.
- Mataix-Solera, J., Guerrero, C., Úbeda, X., Outeiro, L., Torres, M.P., Cerdá, A., Bodi, M.B., Arcenegui, V., Zornoza, R., Gómez, I. & Mataix-Beneyto, J. —2007— Incendios Forestales y Erosion Hídrica — Comunidad Autónoma de Madrid. 196 pp.
- Moreno, J.L., García, C., Hernández, T. & Pascual, J.A. —1999— Transference of heavy metals from a calcareous soil amended with sewage-sludge compost to barley plants — *Biores. Tech.* 55: 251-258.
- Nelson, D.V. & Sommers, L.E. —1982— Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter — In: Page, A.L., Miller, R.H. & Keeney, D.R. (Eds.). *Methods of soils Analysis. Part 2. Chemical and Biological Methods*. American Society of Agronomy and Soil Science of America, Madison, Wisconsin. Pp. 539-579.
- Nordgren, A., Baath, E. & Soderstrom, B. —1983— Microfungi and Microbial Activity Along a Heavy Metal Gradient — *Appl. Environ Microbiol.* 45(6): 1829-1837.
- Pietikäinen, J. & Fritze, H. —1995— Clear-cutting and prescribed burning in coniferous forest: Comparison of effects on soil fungal and total microbial biomass, respiration activity and nitrification — *Soil Biol. Biochem.* 27:101-109.
- Powelson, D.S. & Jenkinson, D.S. —1987— Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation — *Soil Biol. Biochem.* 19: 15-164.
- Prieto-Fernández, A., Acea, M.J. & Carballas, T. —1998— Soil microbial and extractable C and N after wildfire — *Biol Fertil Soils* 27: 132-142.
- Rice, C.W., Moorman, T.B. & Beare, M. —1996— Role of Microbial biomass C and N in soil quality — In: Doran, J.W. &

- Jones, A.J. (Eds). *Methods for assessing soil quality SSSA*, Madison, Wisconsin. Special Publication 49: 203-216.
- Ross, D.J., Speir, T.W., Tate, K.R. & Feltham, C.W. —1997— Burning in a New Zealand snow-tussock grassland — effects on soil microbial biomass and nitrogen and phosphorus availability — *New Zealand J. Ecol.* 21 (1): 63-71.
- Ross, U., Joergensen, K. & Chandler, K. —2001— Effects of Zn enriched sewage sludge on microbial activities and biomass in soil — *Soil Biol. Bioch.* 33: 633-638.
- Vance, E.D., Brookes, P.C. & Jenkinson, D.S. —1987— A extraction method for measuring soil microbial biomass C — *Soil Biol Biochem* 19: 703-707.
- Sparling, G.P. —1992— Ratio of microbial biomass carbon to soil organic-carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter — *Aust. J. Soil Res.* 30: 195-207.
- Van Gestel, M., Ladd, J.N. & Amato, M. —1991— Carbon and Nitrogen mineralization from two soils of contrasting texture and micro aggregate stability: influence of sequential fumigation, drying and storage — *Soil Biol. Biochem* 23: 313-322.
- Zoog, G.P., Zack, D.R., Ringelberg, D.B., MacDonald, N.W., Pregitzer, K.S. & White, D.C. —1997— Compositional and functional shifts in microbial communities due to soil warming — *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 475-481.

Recibido: 5 mayo 2008

Aceptado: 24 junio 2008