

INFLUENCIA DE LA ESPECIE VEGETAL SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES DE UN SUELO FORESTAL MEDITERRÁNEO

Andrea Pérez-Bejarano, Jorge Mataix-Solera, Raul Zornoza Belmonte, César Guerrero Maestre, Victoria Arcenegui Baldó y Jorge Mataix-Beneyto

GEA - Grupo de Edafología Ambiental. Dpto de Agroquímica y Medio Ambiente. Universidad Miguel Hernández. Avda. del Ferrocarril-s/n. 03202-ELCHE (Alicante, España). Correo electrónico: andrea.perez@umh.es

Resumen

En una zona forestal de la provincia de Alicante (Pinoso) se tomaron 160 muestras de suelo bajo cuatro especies vegetales distintas (*Pinus halepensis*, *Quercus coccifera*, *Juniperus oxycedrus* y *Rosmarinus officinalis*). En ellas se analizó el contenido en carbono orgánico (C_{org}), el carbono de la biomasa microbiana (C_{mic}), el carbono soluble (C_{sol}) y la respiración edáfica (CO_2-C), con objeto de valorar si existen o no diferencias en dichas propiedades en función de la especie vegetal presente. Se obtuvieron diferencias en los parámetros entre las distintas especies, excepto en el C_{mic} . Se obtuvieron elevados valores de C_{mic} bajo las cuatro especies, poniendo de manifiesto el importante papel que juegan las especies arbustivas en ambientes semiáridos. Además se estudiaron los cocientes CO_2-C/C_{mic} o cociente metabólico (qCO_2) y el C_{mic}/C_{org} . Por otro lado, se evaluó la influencia de la hidrofobicidad en los parámetros edáficos. En cuanto a la relación existente entre las propiedades analizadas, se encontraron correlaciones entre el contenido en C_{org} y el C_{mic} . También se ha observado una relación entre el contenido en C_{org} y la hidrofobicidad, especialmente en muestras tomadas bajo *Pinus halepensis*.

Palabras clave: *Materia orgánica, Biomasa microbiana, Respiración edáfica basal, Hidrofobicidad*

INTRODUCCIÓN

Las propiedades microbiológicas han mostrado ser buenos indicadores de la calidad del suelo. Esto ha generado una gran expansión en la búsqueda de las posibilidades de usar estos parámetros para evaluar los procesos degradativos y la viabilidad de las estrategias de restauración (GOBERNA et al., 2006). Las fracciones biológicamente activas de la materia orgánica del suelo son importantes para la comprensión de la descomposición potencial de los materiales orgánicos y el ciclo dinámico de los nutrientes (FRANZLUEBBERS et al., 2001). En suelos de cli-

mas semiáridos, el establecimiento de la cubierta vegetal es fundamental para evitar procesos degradativos y de desertificación. Es necesaria una mejor comprensión de la habilidad de las plantas para promover los procesos microbiológicos del suelo en estas condiciones (GARCÍA et al., 2005), especialmente cuando estas especies son susceptibles de ser empleadas en restauración de zonas degradadas.

Las propiedades edáficas analizadas en este estudio suelen estar relacionadas entre sí e influenciadas por la vegetación (GARCÍA et al., 2005; GOBERNA et al., 2006). En ecosistemas áridos y semiáridos, como el de este estudio, en los que la

disponibilidad espacial y temporal de agua y nutrientes es extrema, las plantas dominantes provocan cambios en las propiedades del suelo que llevan a interacciones locales complejas entre la vegetación y el suelo (WILSON & AGNEW, 1992).

La materia orgánica del suelo está formada por restos de origen vegetal y animal, que sufren transformaciones bajo la acción de microorganismos y fauna del suelo. La biomasa microbiana forma parte del carbono orgánico del suelo y está formada por microorganismos que intervienen en gran número de procesos edáficos. La composición de la comunidad microbiana en los ecosistemas semiáridos se ve afectada por la vegetación presente (ROLDÁN et al., 1994). El carbono soluble suele indicar el carbono fácilmente mineralizable por ser más accesible para los microorganismos. La respiración edáfica es utilizada para medir la actividad microbiana del suelo (NANNIPIERI et al., 1990), concretamente la relacionada con el proceso de descomposición de la materia orgánica. Estos parámetros están relacionados entre sí puesto que la materia orgánica actúa como fuente energética y nutricional de los organismos del suelo, influyendo tanto en su distribución como en su actividad. Del análisis de estos cuatro parámetros se pueden calcular además el cociente metabólico ($q\text{CO}_2$, relación entre respiración edáfica y biomasa microbiana) y el cociente entre el carbono de la biomasa microbiana y el carbono orgánico. Ambos parámetros son utilizados como índices eco-fisiológicos. Se suelen emplear como indicadores de situaciones de estrés ambiental, y también pueden ser buenos indicadores del equilibrio de un ecosistema.

Los objetivos de este estudio son: i) estudiar si existen o no diferencias en las propiedades del suelo en función de la especie vegetal presente, ii) estudiar las relaciones entre los parámetros edáficos analizados, y iii) estudiar la relación entre estos parámetros y la hidrofobicidad, la cual fue analizada en un trabajo anterior (MATAIX-SOLERA et al., 2007) y que está presente en una parte de las muestras.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio está situada en una zona forestal de la Sierra de la Taja, en Pinoso, pro-

vincia de Alicante. El suelo es un *Xerorthent lítico* (SOIL SURVEY STAFF, 1998), con poca pendiente desarrollado sobre calizas jurásicas. El área se encuentra bajo clima mediterráneo semiárido, con un valor medio de precipitación anual de 260 mm.

La vegetación que caracteriza la zona es un bosque abierto de pino carrasco con un sotobosque de coscoja. Existen manchas importantes de enebro, romero y lentisco de gran porte. Se tomaron 160 muestras de suelo de los primeros 5 cm del horizonte A (40 muestras independientes bajo individuos de cada una de las siguientes especies: *Pinus halepensis*, *Quercus coccifera*, *Juniperus oxycedrus* y *Rosmarinus officinalis*). Los parámetros analizados en laboratorio en cada una de las muestras fueron los siguientes: carbono orgánico oxidable (C_{org}), analizado mediante el método de oxidación con dicromato potásico; biomasa microbiana (C_{mic}), para la cual utilizamos el método de fumigación-extracción de VANCE et al. (1987); el carbono soluble (C_{sol}), extraíble con 0,5M K_2SO_4 y la respiración edáfica basal, utilizando un respirómetro (Micro-Oxymax, Columbus) que mide el CO_2 liberado mediante un sensor de infrarrojos.

Posteriormente se llevó a cabo un análisis estadístico, para conocer si existían diferencias entre las muestras tomadas bajo las diferentes especies vegetales (ANOVA). También se evaluó si existían diferencias en los parámetros entre muestras hidrofílicas e hidrofóbicas (*t*-Test). También se realizaron diferentes análisis de correlación, tanto para el total de las muestras como diferenciando por especie vegetal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diferencias entre especies

En todos los parámetros, excepto en el C_{mic} y en el C_{sol} , se obtuvieron diferencias significativas entre algunas especies (Tabla 1). El contenido de C_{org} fue alto en todas las muestras, siendo mayor en las muestras tomadas bajo pino. Esto puede ser debido a que por su mayor porte aporta mayores cantidades de materia al suelo, ya que el orden de C_{org} observado en los suelos estuvo relacionado con el porte de la especie vegetal. La vegetación tiene una influencia considerable en la cantidad

	Enebro <i>J. oxycedrus</i>	Romero <i>R. officinalis</i>	Coscoja <i>Q. coccifera</i>	Pino <i>P. halepensis</i>	F- ANOVA
C _{org} (%)	7,5±2,6 ab	6,4±2,0 a	8,7±2,3bc	9,1±2,8 c	9,5***
C _{mic} (mg/kg)	1138±311 a	1136±314 a	1142±326 a	1331±434 a	2,5ns
CO ₂ -C (µg C/h/g)	3,2±1,0 a	3,7±1,9 ab	4,6±2,5 b	4,3±2,0 b	4,7**
C _{sol} (mg/kg)	442±59a	430±67a	547±63a	539±59	3,1ns
C _{mic} / C _{org} (%)	1,6±0,5 ac	1,8±0,3 a	1,3±0,3 b	1,5±0,4 bc	9,4***
qCO ₂ (mg C/g C _{mic} /h)	2,9±0,7 a	3,3±1,6 a	4,5±3,8 b	3,3±1,0 a	5,0**
Diferencias significativas a P<0,05(*); P<0,01(**); P<0,001(***) ; ns (no significativo)					
Letras distintas muestran diferencias significativas entre especies a P<0,05					

Tabla 1. Valores medios (± desv. est.) de los parámetros edáficos para cada una de las especies vegetales

de restos vegetales y exudados que recibe el suelo (CARAVACA et al., 2002). A pesar de que en el C_{mic} no se encuentran diferencias significativas entre las especies, se observa el mismo patrón respecto al porte de la especie vegetal. De hecho, como veremos más adelante, hay una buena correlación entre el C_{org} y el C_{mic} (Figura 1).

Las muestras bajo coscoja y pino son las que mostraron mayores valores de respiración. El contenido en compuestos orgánicos influye tanto en la biomasa microbiana como en su actividad (GOBERNA et al., 2006). Un mayor contenido de C_{org} en el suelo, proporciona más fuente de energía y nutrientes para los microorganismos. Pero también la calidad de éste influye, y la mayor respiración también se puede deber al mayor contenido en C_{sol} (carbono que a priori será fácilmente mineralizable) que existe en los suelos bajo estas especies (coscoja y pino).

Las muestras bajo coscoja mostraron el valor de qCO₂ más elevado, y probablemente por un mayor contenido en C_{sol}. Altos contenidos en fracciones lábiles del carbono permitirán que los microorganismos incrementen su actividad, y incidirá en que los microorganismos no tengan que ser tan eficientes. Cabe decir que el qCO₂ es también un indicador de la eficiencia en el uso del carbono.

Diferencias entre muestras hidrofílicas e hidrofóbicas

Gracias a un estudio previo en estas muestras (MATAIX-SOLERA et al., 2007), conocemos que en el 40% de las muestras de pino y en el 30% de las de coscoja existe hidrofobicidad. Existen estudios que han demostrado que los valores más altos de hidrofobicidad se asocian a suelos con una cubierta vegetal predominante en

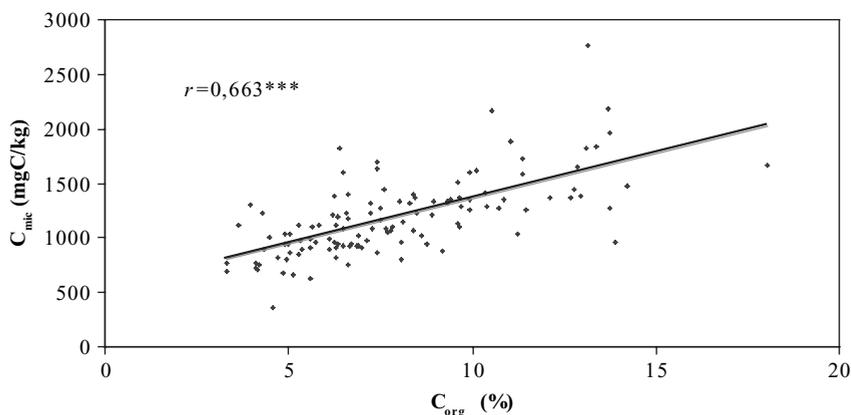


Figura 1. Correlación entre el carbono orgánico (C_{org}) y la biomasa microbiana (C_{mic}) sin diferenciar por especies

especies con una considerable cantidad de resinas, ceras y aceites aromáticos como los pinos (DOERR *et al.*, 2000; MATAIX-SOLERA & DOEER, 2004). Por otro lado se conoce la influencia que tienen sobre la hidrofobicidad las sustancias liberadas por hongos (WALLIS & HORNE, 1992).

En el caso de la coscoja, hemos observado que los contenidos en C_{org} y C_{sol} son mayores en las muestras hidrofóbicas. En el caso del pino, las muestras hidrófobas tienen valores significativamente mayores que las hidrofílicas en todos los parámetros estudiados, excepto en el cociente C_{mic}/C_{org} (Tabla 2). Posiblemente el alto contenido en C_{org} influye en el resto de parámetros estudiados. El grado de hidrofobicidad de las muestras, así como las implicaciones hidrológicas de la presencia de ésta en los suelos son discutidas en MATAIX-SOLERA *et al.* (2007).

Relación entre los parámetros edáficos analizados sin diferenciar por especies

Hay una buena correlación entre el contenido en C_{org} y el C_{mic} (Figura 1). Usualmente encontramos esta correlación en suelos en equilibrio o en los que el C_{org} es un factor limitante (ANDERSON & DOMSCH, 1993). En el caso de estos suelos, las condiciones semiáridas provocan que existan menores valores en el stock de C_{org} . Es sabido que en climas fríos y húmedos los stocks de C_{org} son mayores que en climas secos y cálidos (JENKINSON, 1988). El contenido en C_{org} también muestra correlación con el C_{sol} ($r = 0,737$; $P < 0,001$), con la hidrofobicidad ($r = 0,615$; $P < 0,001$) y con la respiración edáfica ($r = 0,412$; $P < 0,001$), aunque esta última podría ser debida a la relación entre el C_{org} y el C_{mic} (observado tras correlación parcial).

Relación entre los parámetros edáficos analizados diferenciando por especies

En todas las especies vegetales existe correlación entre el contenido en C_{org} , el C_{sol} y el C_{mic} . Esto es debido a la influencia que el contenido en C_{org} tiene en el establecimiento de las comunidades microbianas. Las muestras bajo enebro también mostraron correlación entre la respiración edáfica y el C_{mic} ($r = 0,648$; $P < 0,001$) y ambas con el C_{sol} . Esto es lógico ya que a mayor sustrato lábil, mayor biomasa microbiana y actividad. Las muestras bajo coscoja además mostraron cierta relación entre el contenido en C_{org} y la hidrofobicidad ($r = 0,513$; $P < 0,01$). De todas las especies estudiadas, en las muestras bajo pino fue donde se observó una mayor interrelación entre todos los parámetros. En esas muestras, todos los parámetros mostraron correlaciones con el C_{org} , excepto el qCO_2 . La correlación más alta en el caso del pino fue la existente entre el C_{org} y la hidrofobicidad ($r = 0,819$; $P < 0,001$). Respecto a esta última relación son numerosos los trabajos que han encontrado un patrón similar (ej.: WALLIS *et al.*, 1990; MCKISSOCK *et al.*, 1998).

CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos muestran altos contenidos en carbono orgánico bajo las cuatro especies vegetales estudiadas.
- Existen diferencias para todos los parámetros excepto para el contenido en carbono de la biomasa microbiana y carbono soluble.
- De todas las muestras, las tomadas bajo pino son las que mayor contenido en carbono

	Coscoja (<i>Q. coccifera</i>)			Pino (<i>P. halepensis</i>)		
	Hidrofílicas	Hidrófobas	t-Test	Hidrofílicas	Hidrófobas	t-Test
C_{org} (%)	9,1±2,4	10,5±2,1	*	7,7±1,9	11,3±2,8	***
C_{mic} (mg/kg)	1150±351	1218±441	ns	1147±313	1607±452	***
CO_2 -C (μg C/h/g)	3,1±0,9	12,8±0,7	ns	3,9±1,8	3,5±2,3	***
C_{sol} (mg/kg)	504±165	679±155	**	419±200	719±199	***
C_{mic}/C_{org} (%)	1,3±0,3	1,2±0,4	ns	1,5±0,4	1,5±0,5	ns
qCO_2 (mg C/g C_{mic} /h)	2,8±0,7	2,7±0,4	ns	3,6±1,8	3,0±1,2	*
n	30	10	40	24	16	40

Diferencias significativas a $P < 0,05$ (*); $P < 0,01$ (**); $P < 0,001$ (***); ns (no significativo). n = número de muestras.

Tabla 2. Comparación de parámetros entre hidrofílicas e hidrofóbicas para las muestras de suelo bajo Coscoja y Pino

orgánico presentan y en las que los parámetros estudiados están más interrelacionados.

- Existe una alta correlación entre el contenido en carbono orgánico y la hidrofobicidad, que se manifiesta claramente en las muestras tomadas bajo *Pinus halepensis*, siendo las muestras hidrofóbicas las que presentan mayores contenidos en carbono orgánico.
- Las muestras hidrofóbicas tomadas bajo pino muestran mayores valores que las hidrofílicas en los parámetros analizados (excepto la relación C_{mic}/C_{org}). Esto puede ser atribuible a la influencia del contenido en C_{org} en el resto de variables.
- A pesar de obtener diferencias significativas para el contenido de carbono orgánico entre las distintas especies, los valores relativamente altos encontrados en todas las especies y el hecho de no encontrar diferencias significativas en la biomasa microbiana pone de manifiesto el importante papel que juegan las especies arbustivas en ambientes semiáridos.

Agradecimientos

Proyecto CICYT cofinanciado con fondos FEDER: CGL2004-01335/BOS. A. Pérez-Bejarano y V. Arcenegui agradecen las becas predoctorales de la "Caja de Ahorros del Mediterráneo". Al Aula de la Naturaleza de Pinoso por su colaboración.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSON, T.H. & DOMSCH, K.H.; 1993. The metabolic quotient for CO_2 (qCO_2) as a specific activity parameters to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of the soil. *Soil Biol. Biochem.* 25: 393-395.
- CARAVACA, F.; HERNÁNDEZ, T.; GARCÍA, C. & ROLDÁN, A.; 2002. Improvement of rhizosphere aggregate stability of afforested semiarid plant species subjects to mycorrhizal inoculation and compost addition. *Geoderma* 108: 133-144.
- DOERR, S.H.; SHAKESBY, R.A. & WALSH, R.P.D.; 2000. Soil water repellence: its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance. *Earth Sci. Rev.* 51: 33-65.
- FRANZLUEBBERS, A.J.; HANEY, R.L.; HONEYCUTT, C.W.; ARSHAD, M.A.; SCHOMBERG, H.H. & HONS, F.M.; 2001. Climatic influences on active fractions of soil organic matter. *Soil Biol. Biochem.* 33: 1103-1111.
- GARCÍA, C.; ROLDÁN, A. & HERNÁNDEZ, T.; 2005. Ability of different plant species to promote microbiological processes in semiarid soil. *Geoderma* 124: 193-202.
- GOBERNA, M.; SÁNCHEZ, J.; PASCUAL, A.J. & GARCÍA, C.; 2006. Surface and subsurface organic carbon, microbial biomass and activity in a forest soil sequence. *Soil Biol. Biochem.* 38: 2233-2243
- JENKINSON, D.S.; 1988. Soil organic matter and its dynamics. In: A. Wild (ed.). *Russell's Soil Conditions and Plant Growth*: 564-607. 11th ed. Longman. London.
- MATAIX-SOLERA, J.; ARCENEGUI, V.; GUERRERO, C.; MAYORAL, A.M.; MORALES, J.; GONZÁLEZ, J.; GARCÍA-ORENES, F. & GÓMEZ, I.; 2007. Water repellency under different plant species in a calcareous forest soil in a semiarid Mediterranean environment. *Hydrol. Proc.* 21: 2300-2309.
- MATAIX-SOLERA, J. & DOERR, S.H.; 2004. Hydrophobicity and aggregate stability in calcareous topsoil from fire affected pine forests in southeastern Spain. *Geoderma* 118: 77-88.
- MCKISSOCK, I.; GILKES, R.J.; HARPER, R.J. & CARTER, D.J.; 1998. Relationships of water repellency to soil properties for different spatial scales of study. *Aust. J. Soil Res.* 36: 495-507.
- NANNIPIERI, P.; GRECO, S. & CECCANTI, B.; 1990. Ecological significance of the biological activity in soil. In: J.M. Bollag y G. Strozky (eds), *Soil Biochem.* 6: 293-354. Marcel-Dekker. New York.
- ROLDÁN, A.; GARCÍA-ORENES, F. & LAX, A.; 1994. An incubation experiment to determine factors involving aggregation changes in an arid soil receiving urban refuse. *Soil Biol. Biochem.* 26: 1699-1707.
- SOIL SURVEY STAFF.; 1998. *Keys to soil taxonomy*. 8th edn. USDA-NRCS: 326. Washington DC.
- VANCE, E.D.; BROOKES, P.C. & JENKINSON, D.S.; 1987. An extraction method for measuring

- soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.* 19: 703-707.
- WALLIS, M.G. & HORNE, D.J.; 1992. Soil water repellency. *Adv. Soil Sci.* 20: 91-146.
- WALLIS, M.G.; HORNE, D.J. & MCAULIFFE, K.W.; 1990. A study of water repellency and its amelioration in a yellow-brown sand: 1. Severity of water repellency and the effects of wetting and abrasion. *New Zealand J. Agric. Res.* 33: 139-144.
- WILSON, J.W. & AGNEW, O.D.Q.; 1992. Positive-feedback switches in plant communities. *Adv. Ecol. Res.* 20: 265-336.