

FLUCTUACION ESTACIONAL Y DINAMICA MICROBIANA EN UNA CATENA AFECTADA POR EL ABANDONO DEL CULTIVO EN LA CUENCA DEL GUADALENTIN (MURCIA)

A. CERDÀ, A. GARCÍA-ALVAREZ, L.H. CAMMERAAT y A.C. IMESON

Fysisch Geographisch Bodemkundig Laboratorium. Universiteit van Amsterdam. Nieuwe Prinsengracht, 130, 1018 VZ Amsterdam, Holanda

RESUMEN. - La distribución espacial de la actividad biológica muestra una clara influencia del uso del suelo. Las zonas con vegetación potencial, *Pinus halepensis*, tienen altos niveles de carbono microbiano ($1.200 \mu\text{g C g}^{-1}$), mientras que los suelos situados entre macollas de *Stipa tenacissima* y el campo abandonado tienen niveles intermedios ($300 \mu\text{g C g}^{-1}$). El suelo cultivado siempre presenta muy baja biomasa microbiana ($<150 \mu\text{g C g}^{-1}$). Excepto en este caso, se ha comprobado un crecimiento de la biomasa de carbono microbiano desde junio a febrero.

En parte, la estabilidad de los agregados confirma las diferencias existentes a nivel espacial, en las que la zona de *Pinus halepensis* favorece agregados más estables. La secuencia para el resto de las unidades sería: matorral de esparto > terreno abandonado > cultivo.

La estabilidad de los agregados del suelo muestra una clara relación espacial con la biomasa de carbono microbiano. Estacionalmente esta dependencia también existe, aunque con un periodo de retraso que es diferente para cada tipo de suelo.

ABSTRACT. - Soil biological activity is partly determined by human activity. Areas with *Pinus halepensis*, have the highest microbial carbon contents ($1.200 \mu\text{g C g}^{-1}$), while soils situated between tussocks of *Stipa tenacissima* and the abandoned fields have values of $300 \mu\text{g C g}^{-1}$. Always, cultivated soils have a very low or negligible microbial activity ($<150 \mu\text{g C g}^{-1}$). In every case, except in the ploughed field, an increase in microbial carbon biomass occurs between June and February.

The aggregate stability shows a similar spatial distribution as the microbial biomass. *Pinus halepensis* has soils with more stable aggregates than elsewhere. The soil in the area between tussocks of *Stipa tenacissima* is slightly more stable than the cultivated soil. Abandoned areas show intermediate behaviour, although this varies from season to season.

The soil aggregate stability shows a clear spatial correspondence with microbial carbon biomass. This occurs at different season, although there is a period of delay that may be different for each soil type.

Key words: Land abandonment, Microbial biomass, Aggregate stability, Seasonal fluctuations

1. Introducción

En un trabajo anterior tratamos sobre la variabilidad espacial de la agregación del suelo, recogiendo un mosaico de situaciones que representan distintos grados de intervención humana en el paisaje (Cerdà *et al.*, 1994). Una de las alternativas incluidas es la del abandono del terreno, que cada vez se extiende más por las zonas consideradas marginales de nuestro país.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que, desde el punto de vista de la agregación, el abandono no supone una evolución rápida hacia estados que garanticen una mejora del comportamiento frente a los fenómenos de erosión, de notoria importancia en las condiciones climáticas del sureste español, en el que está localizada nuestra área de estudio.

Entre los objetivos perseguidos con nuestro trabajo, figura también el de estudiar los factores que intervienen en la agregación del suelo, los cuales -por su naturaleza- están sometidos a una dinámica espacial y temporal abordable desde distintas escalas de observación.

Los agregados del suelo representan un holon estructural, en términos de la teoría de sistemas jerárquicos (Simon, 1973; Allen y Starr, 1982) y constituyen una interfase en la que confluyen los componentes abióticos y bióticos del medio edáfico. La aproximación jerárquica ya ha sido utilizada en los estudios sobre agregación (Dexter, 1988; Oades y Waters, 1991) y permite establecer de forma recurrente la relación entre distintos niveles dentro de un sistema complejo que, como el suelo, está jerárquicamente estructurado y opera en una gama amplia de escalas espacio-temporales.

En el ámbito mediterráneo existe una fluctuación estacional derivada de las variaciones de temperatura y precipitación que se producen a lo largo del año, siendo la aridez estival la característica más destacable. Esta dinámica estacional condiciona de forma significativa los procesos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar en el medio edáfico. En lo que se refiere a la agregación, la sucesión de períodos secos y húmedos -y su intensidad- interviene sobre todo en la formación de los agregados del suelo (ciclos de contracción-expansión) (Oades, 1993). Sin embargo, en la mayoría de los suelos, los procesos de estabilización están caracterizados por la intervención del componente biótico. Su participación puede producirse por dos vías:

- Algunos organismos son capaces de unir mecánicamente las partículas del suelo, como sucede en el caso de las raíces o hifas de hongos (Aspiras *et al.*, 1971; Harris *et al.*, 1966; Tisdall y Oades, 1982).

- La mayoría de los microorganismos y algunos grupos de la meso y macrofauna (enquitréidos, lumbrícidos, etc.) pueden producir sustancias cementantes, bien por síntesis directa o bien como consecuencia de la degradación de los restos orgánicos (Barois *et al.*, 1993; Lynch y Bragg, 1985; Tisdall y Oades, 1982).

En cualquier caso, la estabilización biológica de los agregados está sometida a fluctuaciones derivadas de la dinámica que se establece entre los que forman parte de la biocenosis edáfica. En ese contexto, el estudio de la biomasa microbiana (que incluye los grandes grupos sistemáticos de la microflora edáfica: Bacterias, Actinomicetos, Hongos y Algas), simultáneo al de la evolución de los agregados, supone una aproximación integradora en la que el soporte abiótico y los procesos biológicos en el medio edáfico, se organizan en un nivel superior de la jerarquía estructural. Desde esa perspectiva hemos planteado nuestro trabajo.

2. Area de estudio

Una descripción detallada de la zona de estudio se presenta en la primera parte de nuestro trabajo, (Cerdà *et al.*, 1994). La catena seleccionada en Cañada de Cazorla, cuenca del Río Guadalentín (Murcia), está compuesta por cuatro zonas con diferente uso del suelo: CULTIVADO (roturado en la actualidad), ABANDONADO (desde noviembre de 1982), PINO (manchas de *Pinus halepensis*) y STIPA (superficie entre macollas de *Stipa tenacissima*).

3. Material y Métodos

Los cambios estacionales, tanto de la estabilidad de los agregados como de la biomasa microbiana se han medido para tres estaciones diferentes. Las muestras fueron recolectadas los meses de junio y octubre de 1993, y febrero de 1994, en las cuatro unidades seleccionadas.

La *estabilidad de los agregados* del suelo se cuantificó mediante el test CND (*Counting the Number of Drop-impacts*), el más utilizado de entre los realizados por goteo (Imeson y Vis, 1984). El experimento consiste en contabilizar el número de impactos de gotas necesarios para destruir agregados de 4 a 4,8 mm de diámetro colocados sobre un tamiz de 2,8 mm de luz. Una descripción más detallada de la técnica aparece en (Cerdà *et al.*, 1994).

La *biomasa microbiana* se ha evaluado mediante la determinación de la biomasa de carbono. Esta se ha realizado según el método de fumigación-extracción (Vance *et al.*, 1987). Dicho método tiene su fundamento en que la fumigación con cloroformo (CH-Cl₃) de una muestra de suelo, provoca

la muerte de los microorganismos y libera una fracción representativa del C que forma parte de su biomasa. Este puede ser extraído mediante una solución de K_2SO_4 , y valorar su contenido posteriormente.

4. Resultados

4.1. Estabilidad de los agregados

En las tres estaciones estudiadas, es la unidad PINO la que mantiene los agregados más estables. Incluso una importante proporción de ellos son capaces de resistir más de 100 impactos de gota: 5, 30 ó 35 % según estaciones. En cambio, en las restantes situaciones estudiadas, CULTIVADO, ABANDONADO y STIPA la estabilidad de los agregados es muy baja (Fig. 1).

En los suelos ABANDONADO y CULTIVADO hay un incremento de la estabilidad desde junio a febrero, siendo la situación de octubre intermedia. Exceptuando el incremento de la estabilidad de la agregación del verano al otoño en el campo ABANDONADO las diferencias son insigni-

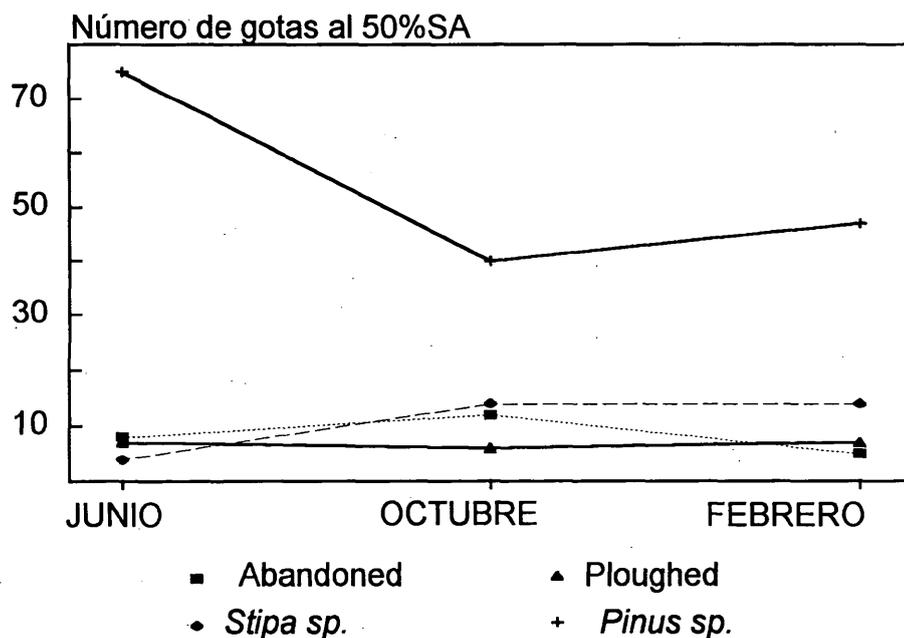


Fig. 1.

FLUCTUACION ESTACIONAL Y DINAMICA MICROBIANA

ficantes, y solo afectan a los agregados más estables, es decir, a los que necesitan mayor cantidad de gotas para ser dispersados.

En la STIPA, al contrario, la estabilidad aumenta ligeramente entre junio y octubre, pero se reduce en febrero. Esto afecta especialmente a los agregados más estables, los cuales prácticamente desaparecen, y ningún agregado resiste más de 20 impactos de gota.

En el caso del PINO, la curva de estabilidad de los agregados en junio es más estable que la de octubre o febrero, siendo las diferencias apreciables alrededor del 50 % de los agregados estables.

La dinámica temporal es muy distinta en cada situación, tanto en magnitud como en tendencia. Así, la agregación en el caso del PINO tiende a decrecer de junio a octubre, y a recuperarse ligeramente en febrero (Fig. 2).

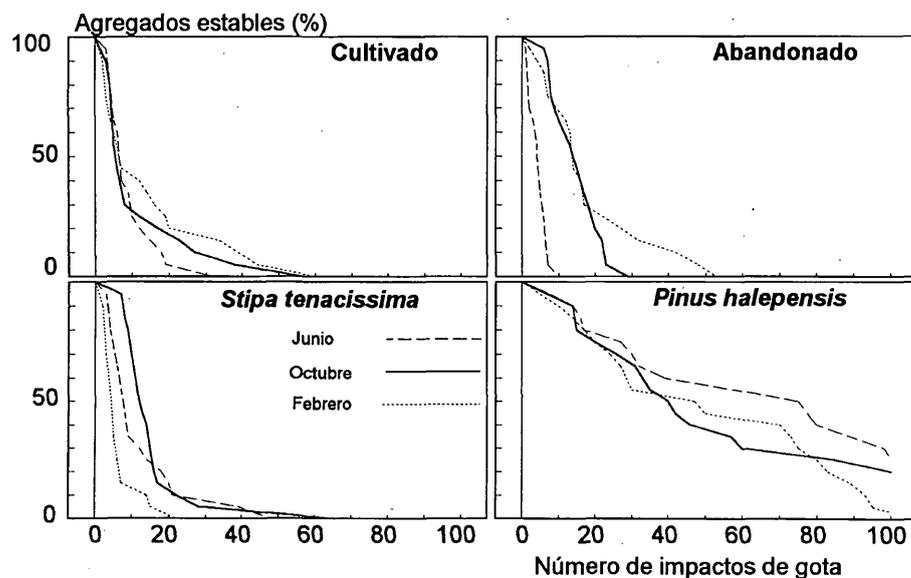


Fig. 2.

Los suelos afectados por la acción antrópica tienen comportamientos dispares. En el CULTIVADO no hay cambios apreciables con las estaciones, mientras que en el ABANDONADO tras un comportamiento semejante en junio y octubre se produce una reducción muy importante en febrero. Por el contrario, los suelos entre matas de STIPA presentan un incremento de junio a octubre y una estabilización posterior.

4.2. Biomasa de C microbiano

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto una doble pauta de variación para la biomasa de C microbiano. Si se consideran las diferentes unidades estudiadas (variación espacial), puede apreciarse como el área con vegetación de *Pinus halepensis* destaca respecto a las restantes alternativas consideradas (Fig. 3). Las diferencias son especialmente notables en el muestreo de octubre, donde los valores registrados en la zona con vegetación natural representan una cantidad casi seis veces mayor que aquellos recogidos en las zonas que le siguen (matorral de esparto y cultivo abandonado). En el lado opuesto se sitúa la zona cultivada, donde los resultados obtenidos son muy bajos y en alguna ocasión (octubre) se encuentran por debajo de los límites de detección.

La fluctuación estacional (variabilidad temporal) se manifiesta también de forma clara, a pesar de que las precipitaciones durante el período 93/94 se han visto reducidas a mínimos históricos. Los valores más bajos se registraron en las muestras tomadas en junio, coincidiendo con la época en que las temperaturas empiezan a ser elevadas y se intensifica el déficit

Biomasa de C microbiano

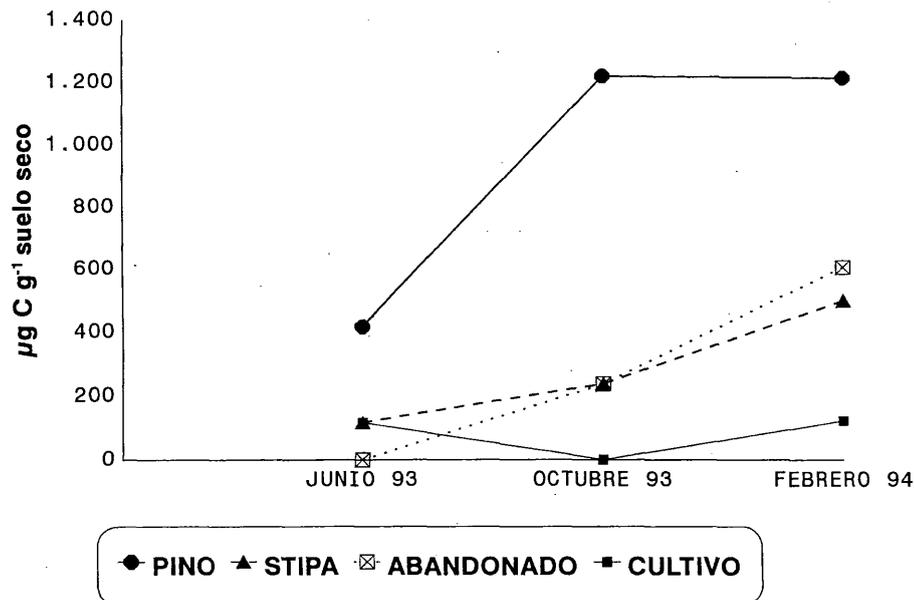


Fig. 3.

FLUCTUACION ESTACIONAL Y DINAMICA MICROBIANA

hídrico. La biomasa microbiana se incrementa durante el otoño, siendo especialmente significativo dicho aumento en el caso del PINO. Durante el invierno, los valores tienden a incrementarse en las zonas de matorral, abandono y cultivo, mientras permanecen estacionarios en el área con vegetación natural.

4.3. Biomasa y estabilidad de agregados: fluctuación estacional

Cuando se consideran de forma conjunta, se pone de manifiesto una estrecha relación entre la estabilidad de agregados y la biomasa microbiana, tanto en su distribución en las diferentes unidades estudiadas, como en lo que se refiere a la variación estacional (Fig. 4). El coeficiente de correlación de rangos de Spearman entre ambas variables es alto ($r_s = 0,72$), y ello da idea de su nivel de relación. Cabe hacer, no obstante, alguna salvedad en el caso de la vegetación natural. En el muestreo de junio, la relación biomasa/estabilidad (con independencia del significado de los valores absolutos) se invierte respecto a las restantes estaciones.

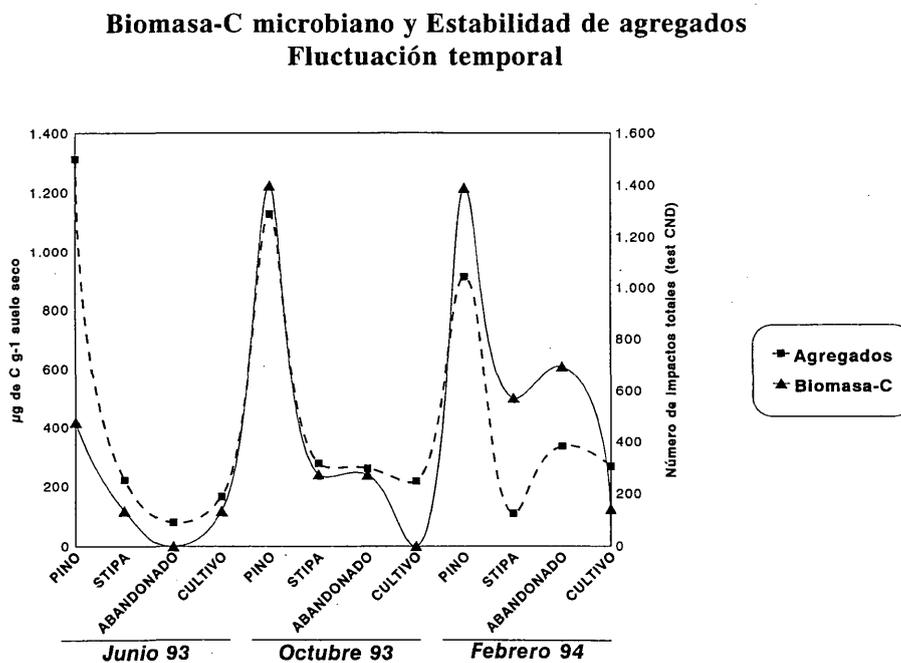


Fig. 4.

De los resultados obtenidos cabe deducir que la estabilidad de la agregación guarda una estrecha relación con la biomasa, si bien conviene matizar la cuestión ya que existen comportamientos particulares, incluso aparentemente contrapuestos, entre estas dos variables.

En términos relativos, durante el verano y el otoño, la actividad microbiana es relativamente menor a la estabilidad de los agregados, excepto para el caso del PINO en la muestra de octubre. Pero en febrero hay un aumento considerable de la actividad, y, excepto en el caso del cultivo, todos los suelos presentan de forma generalizada un crecimiento de la biomasa microbiana, mientras que la estabilidad de los agregados tiende a mantenerse.

5. Discusión y conclusiones

A partir de los resultados obtenidos cabe deducir que la estabilización de los agregados del suelo depende, en gran medida, de su componente biótico. Ello se justificaría por la estrecha y directa relación encontrada entre estabilidad de agregados y biomasa microbiana.

Sin embargo, es conveniente hacer alguna matización a la afirmación inicial. Ya hemos dicho que la agregación constituye una interfase entre las fracciones mineral y orgánica del suelo, en la que numerosos organismos desarrollan su actividad. En ese sentido, podemos decir que la agregación representa una variable de síntesis.

En la estabilización de los agregados, al margen de su tamaño, intervienen agentes cementantes que, por su naturaleza, pueden ser orgánicos, inorgánicos y complejos organo-minerales. Los agentes orgánicos tienen una perdurabilidad variable y, en función de ella, se distinguen tres categorías: transitorios, temporales y persistentes (Tisdall y Oades, 1982). En los suelos donde los agentes cementantes orgánicos contribuyen notoriamente a la estabilización de los agregados, el tiempo de residencia de tales compuestos regula la dinámica de la agregación. Y, a la vez, el tiempo de residencia está condicionado por la actividad de los microorganismos que sintetizan y destruyen los compuestos orgánicos.

Todo lo anterior sirve para explicar las peculiaridades observadas en el comportamiento de la agregación frente a la evolución de la biomasa microbiana. Ya hemos comentado en el apartado de resultados que en la zona con vegetación natural (*Pinus halepensis*) la evolución de la estabilidad de los agregados tiene una pauta estacional retrasada. Ello se debe a que la densidad microbiana desciende significativamente cuando el déficit hídrico empieza a ser acusado (García Álvarez e Ibañez, 1994). En nuestra opinión, los agentes cementantes orgánicos, transitorios y temporales, están de esa manera menos sometidos a la acción de los microorganismos. Sin embargo, durante el otoño y el invierno, periodos más favorables a la proliferación de microorganismos, dichos agentes

FLUCTUACION ESTACIONAL Y DINAMICA MICROBIANA

serían degradados con mayor facilidad. Existiría pues un cierto periodo de retardo que explicaría el comportamiento observado en la fluctuación estacional de ambas variables.

Frente al abandono existe una recuperación más rápida de la densidad de microorganismos que de la agregación. Esto se explicaría porque en esta última son mucho más abundantes los factores que determinan su evolución, microorganismos incluidos. Por ello, doce años después del abandono, la biomasa recupera valores más parecidos a la etapa de matorral que a la del cultivo. En cambio, la agregación del suelo muestra rasgos más afines al cultivo (Cerdà *et al.*, 1994).

Referencias

- Allen T.F.H. y Starr, T.B. (1982): *Hierarchy. Perspectives for Ecological Complexity*. The University Chicago Press, Chicago, 310 p.
- Aspiras, R.B., Allen, O.N., Harris, R.F. y Chesters G. (1971): The role of microorganisms in the stabilization of soil aggregates. *Soil Biology and Biochemistry*, 3: 347-353.
- Barois, I., Villemin, G., Lavelle, P. y Toutain, F. (1993): Transformation of the soil structure through *Pontoscolex corethrurus* (Oligochaeta) intestinal tract. *Geoderma*, 56: 57-66.
- Cerdà, A., García-Alvarez, A. Cammeraat, L.H., y Imeson, A.C. (1994): Agregación del suelo en una catena afectada por el abandono del cultivo en la cuenca del Guadalentín (Murcia). I. Estabilidad y distribución de los agregados del suelo. En: *Efectos Geomorfológicos del abandono de tierras*, (J. M. García-Ruiz y T. Lasanta, Eds.). Sociedad Española de Geomorfología: 9-19, Zaragoza.
- Dexter, A.R. (1988): Advances in characterization of soil structure. *Soil and Tillage Research*, 11, 199-238.
- García Alvarez, A. y Ibañez, J.J. (1994): Seasonal fluctuations and crop influence on microbiota and enzyme activity in fully-developed soils of central Spain. *Arch Soil Research and Rehabilitation*, en prensa.
- Harris, R.F., Chesters, G. y Allen, O.N. (1966): Dynamics of soil aggregation. *Advances in Agronomy*, 18: 107-169.
- Imeson, A.C. y Vis, M. (1984): Assessing Soil Aggregate Stability by Water-drop Impact and Ultrasonic Dispersion. *Geoderma*, 34: 185-200.
- Lynch, J.M. y Bragg, E. (1985): Microorganisms and soil aggregate stability. *Advances in Soil Science*, 2: 133-171.
- Oades, J.M. (1993): The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. *Geoderma*, 56: 377-400.
- Oades, J.M. y Waters, A.G. (1991): Aggregate hierarchy in soils. *Australian Journal of Soil Research*, 29: 815-828.
- Simon, H.A. (1973): *The organization of complex systems*. En Patee, H.H. (Ed.): *Hierarchy Theory*, 1-28. Braziller, New York.
- Tisdall, J.M. y Oades, J.M. (1982). Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science*, 33: 141-163.
- Vance, E.D., Brookes, P.C. y Jenkinson, D.S. (1987): An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, 19: 703-707.