

EVOLUCIÓN DE LA BIOMASA MICROBIANA DEL SUELO EN EL CICLO DEL CULTIVO DE MAÍZ¹

**María Sterren²
Cecilia Sanchez²
María Benintende³
Silvia Benintende²**

RESUMEN

Durante el ciclo de desarrollo de un cultivo se producen cambios en la humedad y temperatura edáficas, se incorporan raíces y productos rizosféricos que pueden tener una gran influencia sobre el tamaño, constitución y actividad de la biomasa microbiana. La cantidad y actividad de los microorganismos del suelo son factores clave que controlan los procesos de mineralización e inmovilización de carbono y nitrógeno. Por lo que se propuso como objetivo de este trabajo conocer la evolución de la biomasa microbiana del suelo durante el ciclo de un cultivo de maíz en siembra directa. Se realizaron muestreos de suelo a dos profundidades en seis momentos en dos situaciones: sin fertilización nitrogenada y fertilizado con 100 kg. ha⁻¹ de urea. Se trabajó sobre un suelo Argiudol Acuico de la provincia de Entre Ríos. El contenido de carbono de la biomasa (CBM) en el estrato superficial aumentó con el desarrollo de raíces y el incremento de temperatura del suelo hasta el momento en que por un estrés hídrico, se vio limitado. Al inicio del ciclo estos valores fueron de 125 mg.kg⁻¹ de CBM y alcanzaron 338 mg.kg⁻¹ en promedio en el último muestreo en el estrato superficial. En el subsuperficial los cambios, si bien no tan pronunciados, siguieron la tendencia descripta para el anterior. En este estrato el contenido de CBM aumentó de 70 mg.kg⁻¹ a 192 mg.kg⁻¹ en promedio. El nitrógeno de la biomasa microbiana osciló entre valores de 20 a 75 mg.kg⁻¹ en los primeros 20 cm. El

¹ Trabajo realizado en el marco del PID UNER N° 2058. Aceptado para publicación en 24.10.2002.

² Cátedra Microbiología Agrícola. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos. CC 24, 3100 Paraná, Entre Ríos, Argentina. E-mail: silviabe@gamma.com.ar

³ Cátedra Tecnología de Tierras y Aguas I. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Entre Ríos.

efecto provocado por la fertilización fue de disminución tanto del C como del N de la biomasa microbiana en el muestreo siguiente a la aplicación del fertilizante y luego no hubo diferencias en los siguientes muestreos. La relación C/N de la biomasa microbiana se incrementó a medida que avanzó el ciclo de desarrollo del cultivo, lo que evidencia cambios cualitativos en la población de microorganismos del suelo.

Palabras clave: *Zea mays*, carbono de la biomasa microbiana, nitrógeno de la biomasa microbiana.

ABSTRACT

EVOLUTION OF MICROBIAL BIOMASS DURING CORN GROWING SEASON

Many changes occur in the soil during corn growing such as variations in soil moisture and temperature, incorporation of roots and rhizosphere exudates. These changes may have a great influence on microbial biomass. Microorganisms control carbon and nitrogen mineralization and immobilization. The objective of this work was to investigate the evolution of soil microbial biomass during corn growing season in zero tillage. Soil samples were removed from layers ranging from 0-20 cm to 20-40 cm, in six moments along the growing season from two treatments: 1- without N fertilization, and 2- fertilized with 100 kg of urea. The field trial was carried out in an Acuic Argiudol of Entre Ríos. Microbial biomass carbon (CBM) was increased with the development of the crop roots and the temperature, until the crop underwent water stress. Throughout the growing season, CBM increased from 125 to 338 mg.kg⁻¹ in the 0-20 cm layer sample, and from 70 to 192 mg.kg⁻¹ in the 20 - 40 cm layer sample. Microbial biomass nitrogen (NBM) ranged from 20 to 75 mg.kg⁻¹ in the 0 - 20 cm layer sample. Fertilization caused a decrease of CBM and NBM immediately after fertilizer application. The C to N ratio of the microbial biomass increased along the growing season. This indicates that soil microbial composition suffered changes during this period.

Key words: *Zea mays*, microbial biomass carbon, microbial biomass nitrogen.

INTRODUCCIÓN

La biomasa microbiana afecta la capacidad de un suelo para suministrar nutrientes a los cultivos a través de procesos de mineralización de compuestos orgánicos e inmovilización de parte de los productos de esa mineralización. De este modo, los microorganismos controlan el flujo de carbono y el ciclo de numerosos nutrientes.

La mayor parte de la masa microbiana está conformada por la microflora heterotrófica que comprende dos grupos: especies autóctonas que tienen actividad relativamente constante en la utilización de la materia orgánica resistente y especies zimógenas que rápidamente reaccionan al agregado de sustrato metabolizable. La existencia de estos dos tipos de especies ha sido utilizada para explicar variaciones en la actividad microbiana (9).

Durante el ciclo de desarrollo de un cultivo se producen cambios en la humedad y temperatura edáficas. Además se incorporan raíces y productos rizosféricos que pueden tener una gran influencia sobre el tamaño y la actividad de la biomasa microbiana, lo que está vinculado al flujo de carbono lábil del suelo (4, 6, 12).

Otro factor que incide sobre la población microbiana es la disponibilidad de nutrientes, que actúa de diversas formas: regula el suministro de los mismos para los microorganismos, afecta la disponibilidad de agua por efecto osmótico y altera la reacción del medio. Indirectamente afectan a través de su acción sobre el crecimiento de la planta y su sistema radical. En el trabajo de Costantini et al. (3) se citan efectos nulos o positivos del agregado de nutrientes por fertilización sobre los niveles de N de la biomasa microbiana.

El ciclo biológico de N del suelo está fuertemente ligado a la dinámica del C siendo el metabolismo de este último la fuerza conductora que gobierna esta relación (5). Ya que la cantidad y actividad de microorganismos del suelo son factores claves que controlan la mineralización e inmovilización de carbono y nitrógeno (7), resulta interesante determinar su variación en las distintas etapas de un cultivo. Una forma de cuantificarla es a través del contenido de carbono y nitrógeno de la biomasa microbiana (CBM y NBM) tal como lo plantean diversos autores (5, 16).

En el presente trabajo se propuso como objetivo conocer la evolución de la biomasa microbiana del suelo durante el ciclo de un cultivo de maíz con o sin aplicación de N.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron muestreos de suelo durante el ciclo de un cultivo de maíz en siembra directa, en un lote ubicado en la provincia de Entre Ríos, Argentina, a 60° longitud oeste y 32° latitud sur. Climáticamente el área corresponde a la región templada húmeda de llanura, caracterizada por escasas oscilaciones anuales de temperatura, con precipitación media anual de 1032 mm, distribuidos principalmente en los meses de verano, pese a lo cual es la estación donde se registran los mayores déficits hídricos.

La siembra del cultivo se realizó el 5 de setiembre y durante el ciclo del cultivo se tomaron muestras de suelo en los estadios V_e (emergencia) (28/9), V₄-V₆ (cuarta a sexta hoja con lígula visible) (22/10), V₈-V₁₀ (octava a décima hoja con lígula visible) (14/11), R₁ (emergencia de estigmas) (7/12), R₃ (grano lechoso) (23/12) y R₆ (madurez fisiológica) (16/1) (11).

En el lote se plantearon dos tratamientos: 1- cultivo sin aplicación de N y 2- cultivo fertilizado con 100 kg. ha⁻¹ de urea aplicados en el estadio V4 -V5 (11). El suelo es un Argiudol Acuico, similar a la serie Tezanos Pinto. Son suelos profundos, moderadamente bien drenados, con epipedón oscuro, de textura franco-arcillo-limoso a franco-limoso de 17 a 20 cm de espesor, 17,9 gr de C. kg⁻¹ de suelo, 1,55 gr de N kg⁻¹ de suelo y pH 6. En profundidad se encuentra un horizonte argílico oscuro, franco-arcillo-limoso a arcillo-limoso, con moteados de hierro y manganeso. Se tomaron muestras compuestas entre líneas con barreno a dos profundidades de 0-20 cm. y de 20-40 cm con tres repeticiones.

Durante el ciclo del cultivo se llevaron registros de temperatura edáfica y de precipitaciones que totalizaron unos 400 mm con déficit hídrico en los meses de noviembre y diciembre, coincidentes con los muestreos en R1 y R3.

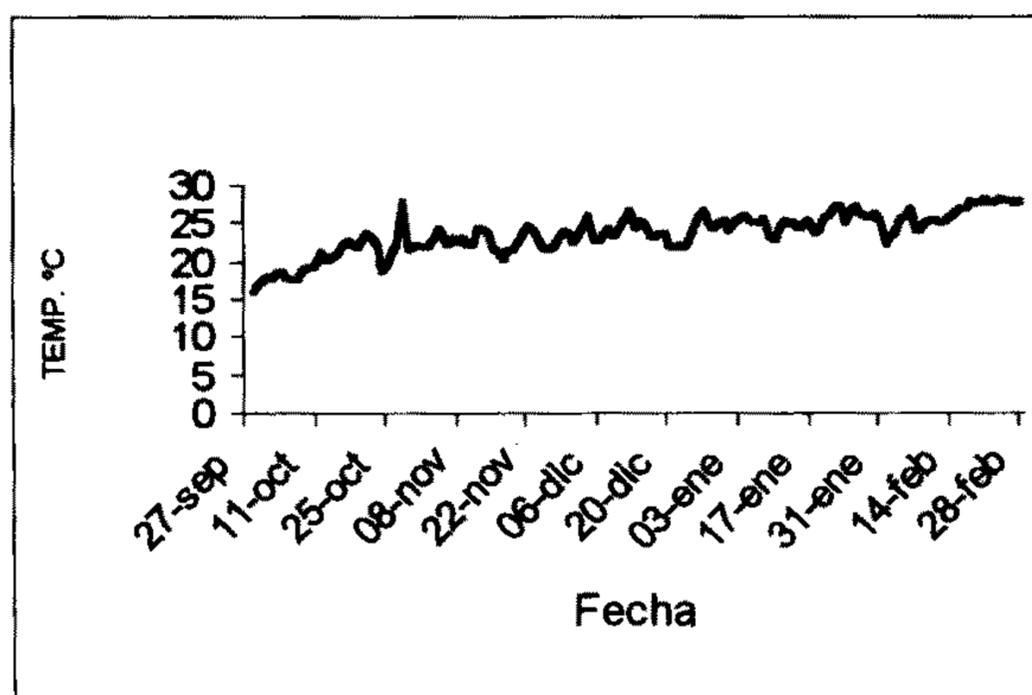
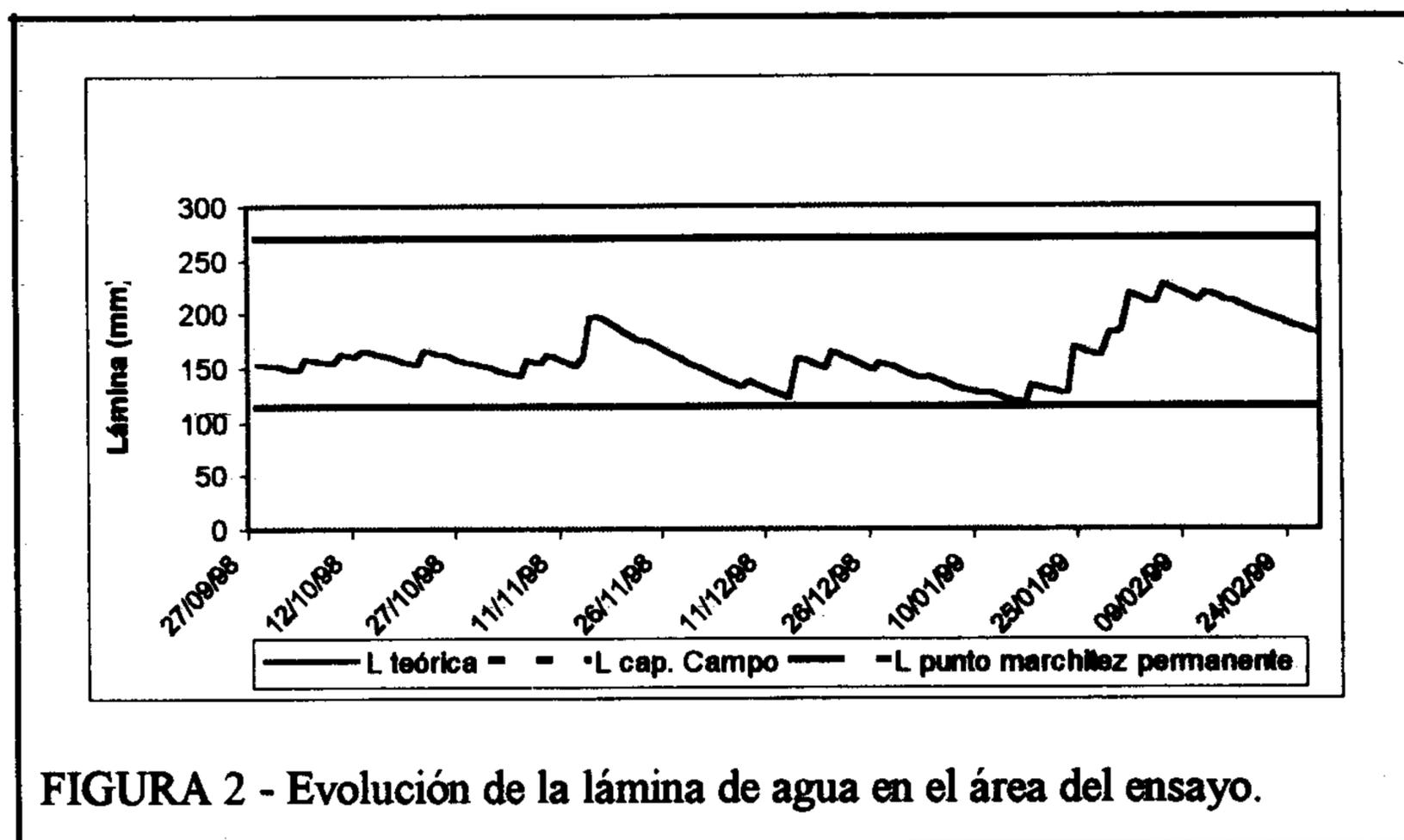


FIGURA 1 - Evolución de la temperatura edáfica (10 cm de profundidad).

Se presentan gráficos de evolución de la temperatura edáfica a 10 cm de profundidad (Figura 1) durante el período considerado, y la lámina de agua en el área del ensayo (Figura 2).

Sobre las muestras de suelo se determinó Carbono de la Biomasa Microbiana (CBM) utilizando la técnica de Fumigación-Incubación de Jenkinson y Powlson (10) y Nitrógeno de la Biomasa Microbiana (NBM) utilizando la técnica de Shen et al. (15).

Se aplicó una prueba de t de Student ($\alpha=0.05$) para comparación de medias para evaluar diferencias entre las situaciones con y sin aplicación de N en cada uno de los momentos de muestreo.

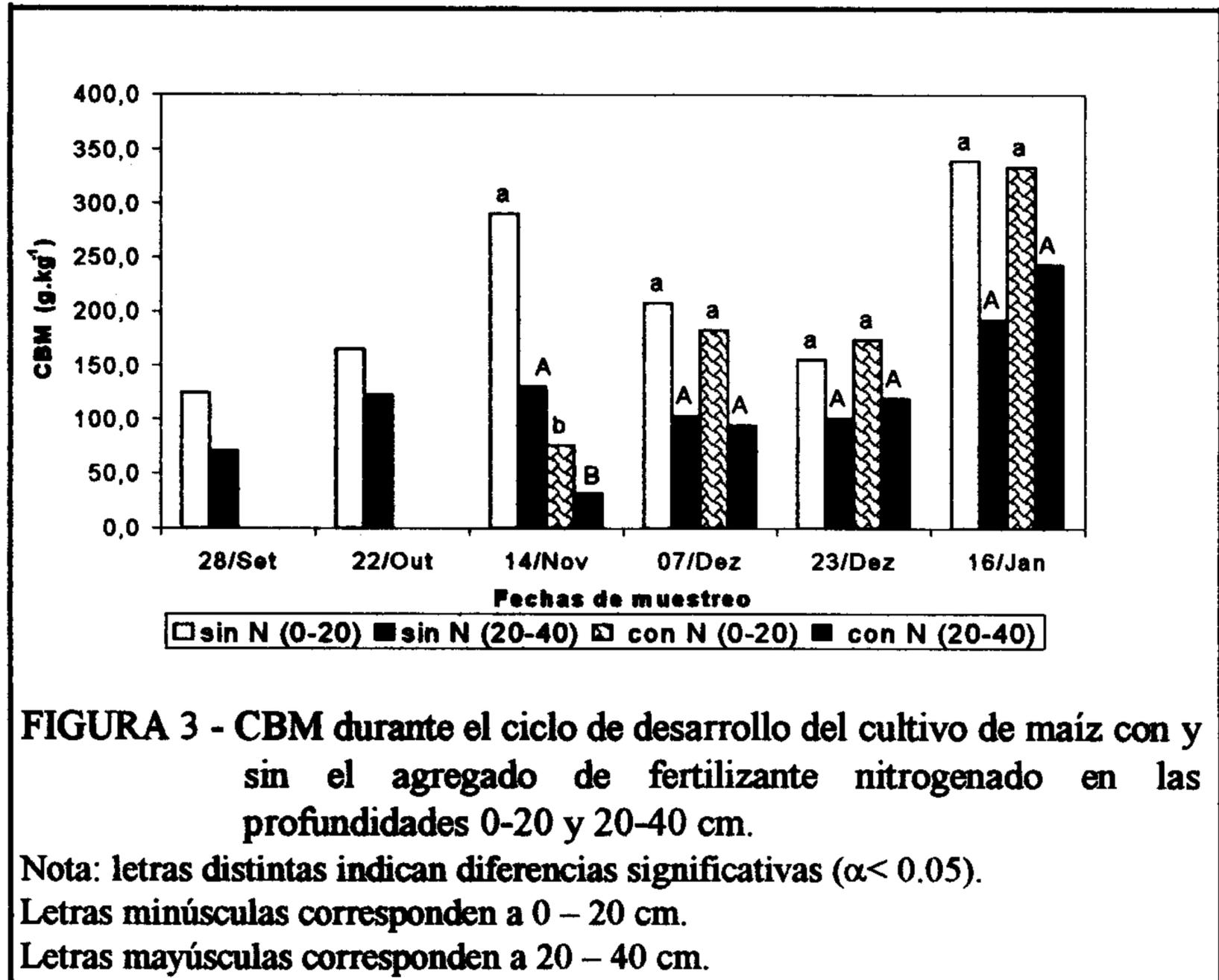


RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evolución del CBM

En la Figura 3 se presentan los contenidos de CBM en los seis momentos de muestreo en las dos profundidades (0-20 cm y 20-40 cm). A partir del tercer muestreo se observa, además, las mediciones correspondientes a la situación de cultivo fertilizado.

El CBM registró un aumento desde el primer al tercer muestreo que se evidenció en mayor medida en la capa superficial (0-20 cm). Este efecto podría estar relacionado a que en este período el crecimiento del sistema radicular del cultivo se produce especialmente en esta capa. La zona rizosférica tiene un efecto estimulante de muchos microorganismos del suelo como resultado de la exudación de sustancias por parte de las raíces (4). El efecto rizosférico puede haber sido magnificado por los incrementos de temperatura que se registraron entre los muestreos y si se considera que la humedad no fue limitante podría esperarse que la masa microbiana aumentara, tal como resultó en este período. Esto no coincide con lo encontrado por Costantini et al. (3), quienes explican una disminución de la masa microbiana con el aumento de la temperatura fundamentada en un aumento de la mineralización de la materia orgánica.



En el cuarto muestreo se observó una disminución del CBM que se mantuvo en el muestreo siguiente. Este período coincidió con el inicio de un período de stress hídrico que se extendió entre los meses de noviembre y diciembre. Salina-García et al. (14) encontraron disminución del CBM del suelo en floración del cultivo de maíz que lo atribuyeron a la falta de humedad en esta época, lo que limitó el desarrollo microbiano. Esto coincide con los resultados encontrados en este trabajo. Ferrari et al. (5) evaluaron la evolución del CBM y NBM durante el ciclo de un cultivo de trigo en un suelo de la provincia de Entre Ríos y encontraron un aumento del CBM al final del ciclo y que la evolución estaba relacionada al contenido de humedad del suelo.

La disminución observada en la capa superficial en el 4° y 5° muestreo se repitió en la más profunda (20 a 40 cm), pero no fue tan marcada, probablemente debido a que en esta zona los efectos del stress hídrico se vieron atenuados.

En el último muestreo se restableció la cantidad de CBM en ambas capas. Durante este período continuaron los aportes de exudados radiculares que, unidos al restablecimiento de una adecuada humedad para el desarrollo microbiano, ocasionaron el incremento de estos valores.

El aumento observado al final del ciclo con relación a los valores encontrados en el tercer muestreo, fue proporcionalmente mayor en la capa más profunda. Probablemente en esta etapa de desarrollo del cultivo, el efecto rizosférico tuvo un gran impacto en esta capa ya que la exploración radicular a esta profundidad es más importante.

La aplicación de urea en V4-V5 (25/10) afectó negativamente la masa de microorganismos medida a través del C. Se observó una disminución en los contenidos de CBM a valores menores al 30 % del encontrado en la situación no fertilizada en ambos estratos. Esta situación no coincidió con lo encontrado por Costantini et al. (3) quienes encontraron incrementos del 25 % aproximadamente debido al efecto de la fertilización. Estos autores atribuyen estos cambios más a la historia de fertilización de las parcelas por su efecto sobre los incrementos en la entrada de C al suelo que al efecto inmediato de la aplicación del fertilizante. Ferrari et al. (5) no observaron diferencias entre tratamientos de fertilización en cinco localidades. Probablemente el impacto de la aplicación del fertilizante esté muy influenciado por el tipo de suelo y las condiciones edafo-climáticas en las que se desarrolle el estudio.

En los sucesivos muestreos no se presentaron diferencias entre las situaciones fertilizada y no fertilizada. Cabe acotar que la fertilización no provocó aumentos sustanciales en la masa aérea del cultivo (8). Esto permite suponer que los aportes nutritivos a los microorganismos del suelo fueron similares en ambas situaciones.

Evolución de NBM y relación C/N de la biomasa microbiana

En la Figura 4 se presentan los contenidos de NBM en los seis momentos de muestreo en las dos profundidades (0-20 cm y 20-40 cm). A partir del tercer muestreo se observa, además, las mediciones correspondientes a la situación de cultivo fertilizado.

La evolución del NB osciló entre 20 y 75 mg.kg⁻¹ en los primeros 20 centímetros del suelo. Estos valores fueron levemente superiores a los hallados por Sainz Rosas et al. (13) trabajando en un cultivo de maíz en siembra directa en un Argiudol típico de la provincia de Buenos Aires.

Se observa un efecto similar que el encontrado en CBM. Luego de la aplicación del fertilizante, se produjo una disminución del NBM en el muestreo posterior. Estos resultados no coinciden con lo encontrado por Sainz Rosas et al. (13), quienes observaron que a dosis elevadas de fertilizante aplicado aumentó el NBM cuando el fertilizante se aplicaba a la siembra. Sin embargo, no encontraron diferencias en el NBM cuando la aplicación del fertilizante se hacía en estadio V6. Los autores explican este comportamiento relacionándolo con las mayores pérdidas de N por volatilización del amoníaco como consecuencia de la temperatura del suelo.

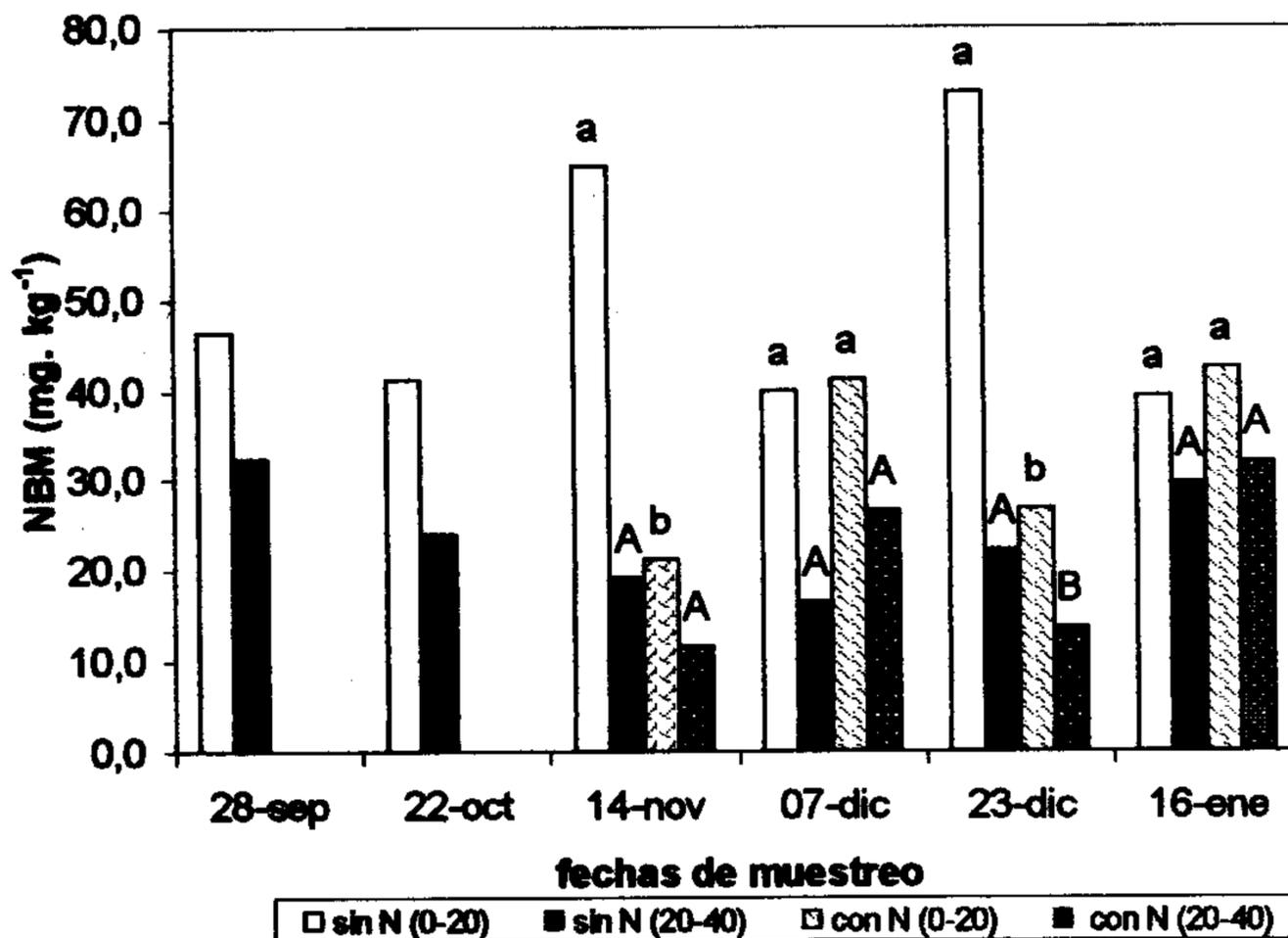


FIGURA 4 - NBM durante el ciclo de desarrollo del cultivo de maíz con o sin agregado de fertilizante nitrogenado en las profundidades 0-20 y 20-40 cm.

Nota: letras distintas indican diferencias significativas ($\alpha < 0.05$).

Letras minúsculas corresponden a 0 - 20 cm.

Letras mayúsculas corresponden a 20 - 40 cm.

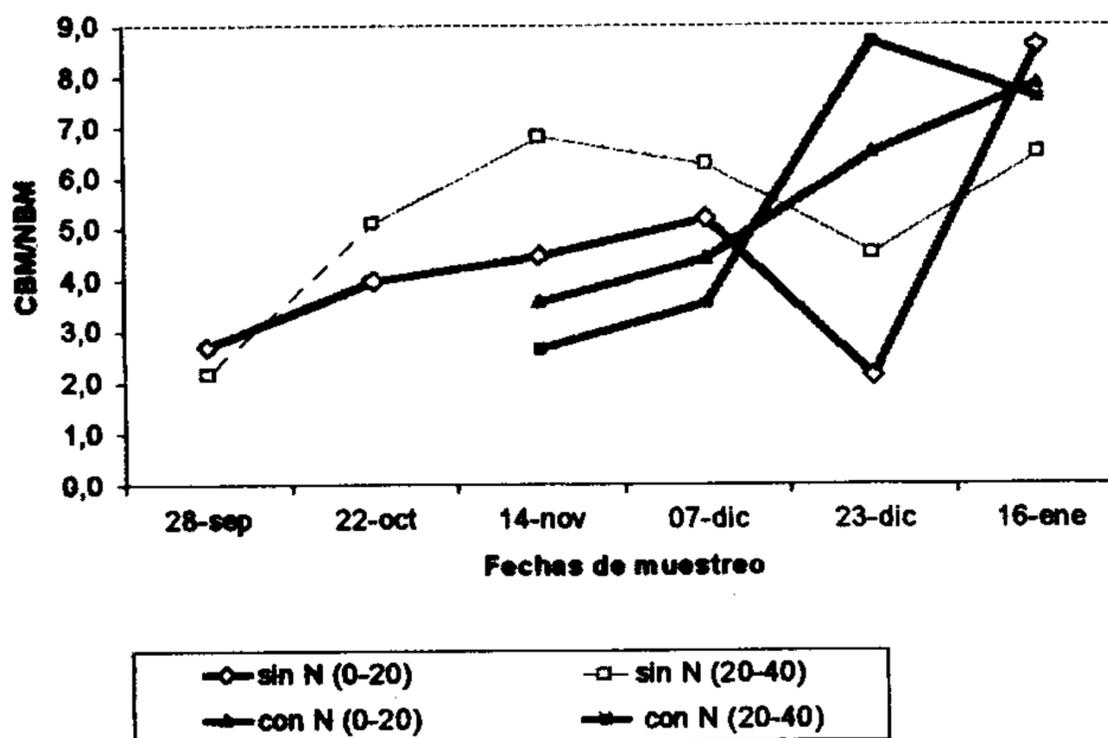


FIGURA 5 - Relación C/N de la BM durante el ciclo de desarrollo del cultivo de maíz con o sin agregado de fertilizante en las dos profundidades evaluadas

Videla et al. (16) y Ferrari et al. (5) trabajando con cultivo de trigo no encontraron diferencias significativas en el contenido de NBM entre tratamientos fertilizados con N y testigos para diferentes situaciones de suelo. Basan sus resultados en que la biomasa microbiana es una fracción dinámica permanentemente afectada por el medio y que este a su vez puede ser modificado por el comportamiento de las plantas y otros factores. Esto hace que las fluctuaciones de NBM no tengan un único patrón y que resulten muy difíciles de relacionar con una o unas pocas variables.

La relación C/N de la biomasa microbiana da una idea de la proporción de cada uno de los grupos microbianos. En la Figura 5 se presenta la evolución a lo largo del ciclo del cultivo de la relación en los contenidos de C y N de la biomasa microbiana. A partir del tercer muestreo se observa, además, las mediciones correspondientes a la situación de cultivo fertilizado.

La relación C/N de la biomasa microbiana tuvo cierta tendencia creciente a lo largo de los muestreos en ambos estratos. Esta tendencia podría estar vinculada a diversos factores. Por un lado, cuando el suelo bajo un sistema de siembra directa, como en este caso, ha recibido abundantes precipitaciones en el período de barbecho, lo que se ve manifestado en el balance hídrico (Figura 2), presenta sectores en los cuales predominan condiciones de bajo potencial de óxido reducción. Estas condiciones son habituales en siembra directa debido a una disminución de la macroporosidad, y en consecuencia aumento relativo de la microporosidad, y a la mayor actividad microbiana que tiende a disminuir los tenores de oxígeno por la actividad respiratoria (1, 2). Estas condiciones anaeróbicas facilitan el desarrollo de bacterias, no así de hongos que son predominantemente aerobios lo que justifica la menor relación C/N en los primeros estadios del cultivo. Hacia el final del ciclo, las condiciones de oxigenación se fueron restableciendo, lo que ocasionó que la población tendiera a aumentar su relación C/N probablemente por incremento de la flora fúngica. En forma similar podría haber actuado la evolución de los componentes vegetales a lo largo del ciclo del cultivo, los que se van enriqueciendo en componentes de más lenta descomposición que favorecen la proliferación de hongos. En términos generales, la evolución de la relación C/N de la biomasa microbiana en el cultivo fertilizado en ambas profundidades presenta una clara tendencia a incrementarse hacia finales del ciclo del cultivo.

CONCLUSIONES

1) Al final del ciclo del cultivo de maíz se encontró un aumento en la biomasa microbiana cuantificada a través del contenido de C.

2) El contenido de N de la biomasa microbiana al final del ciclo resultó en valores similares a los iniciales en ambos casos, ya fuera el cultivo fertilizado con N o no. Por lo que resulta improbable que la inmovilización del N aplicado como fertilizante en el cultivo de maíz, cuantificada de este modo, pudiera ser una fuente importante de este elemento para el cultivo que se implante con posterioridad.

REFERENCIAS

1. ALVES, B.; ZOTARELLI, L.; BODDEY, R. & URQUIAGA, S. Ciclaje de N en sistemas de siembra directa y convencional. In: Jornada Técnica Biología de Suelos en Siembra Directa. Buenos Aires, Argentina, 1999. p. 1-5.
2. CELANO, L. & MARTINO, D. Desnitrificación en diferentes sistemas de cultivo en Uruguay. In: Jornada Técnica Biología de Suelos en Siembra Directa. Buenos Aires, Argentina, 1999. p. 9-14.
3. COSTANTINI, A.; COSENTINO, D.; CONTI, M. & FERTIG, M. Efecto de la fertilización sobre la biomasa microbiana en sistemas de labranza conservacionista. In: Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, 17°, Mar del Plata, 2000. Libro de Resúmenes, Mar del Plata, INTA – UNMP, 2000.
4. ELLIOTT, L.; GILMOUR, C.; LYNCH, J. & TITTEMORE, D. Bacterial colonization of plant roots. Madison, ASA, 1990. 66 p. (Special Publication no. 47).
5. FERRARI, J.; GARCÍA, F. & ECHEVERRÍA, H. Evolución del carbono y nitrógeno de la biomasa microbiana durante el desarrollo del cultivo de trigo. *Ciencia del Suelo*, 15: 64-70, 1997.
6. GROFFMAN, P.; EAGAN, P.; SULLIVAN, W. & LEMUNYON, J. Grass species and soil type effects on microbial biomass and activity. *Plant and Soil*, 183: 61-7, 1996.
7. HASSINK, J.; LEBBRINK, G. & VAN VEEN, J. Microbial biomass and activities of a reclaimed polder soil under a conventional or a reduced-input farming system. *Soil Biol. Biochem.*, 23: 507-13, 1991.
8. HEINZE, M. Estimación del aporte de nitrógeno de un suelo a un cultivo de maíz. Argentina, Universidad Nacional de Entre Ríos, 2000. 49 p (Trabajo final de graduación).
9. JARVIS, S.; STOCKDALE, E.; SHEPHERD, M. & POWLSON, D. Nitrogen mineralization in temperate agricultural soils: processes and measurement. *Advances in Agronomy*, 57: 188-235, 1996.
10. JENKINSON, D. & POWLSON, D. The effects of biocidal treatment on metabolism in soil. A method for measuring soil biomass. *Soil Biol. Biochem.*, 8: 209-13, 1976.
11. RITCHIE, S. & HANWAY, J. How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology, 1982. 18 p. (Special Report no. 48).
12. ROSS, D. Soil microbial biomass estimated by the fumigation-incubation procedure: seasonal fluctuation and influence of soil moisture contents. *Soil Biol. Biochem.*, 19: 397-404, 1987.

13. SAINZ ROSAS, H.; ECHEVERRÍA, H.; STUDDERT, F. & ANDRADE, F. Efecto del inhibidor de la ureasa (nBTPT) y el momento de la fertilización sobre las transformaciones del nitrógeno en el suelo bajo siembra directa de maíz. *Ciencia del Suelo*, 15: 6-11, 1997.
14. SALINAS-GARCÍA, J.; HONS, F. & MATOCHA, J. Long term effects of tillage and fertilization on soil organic matter dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61: 152-9, 1997.
15. SHEN, S.; PRUDEN, G. & JENKINSON, D. Mineralization and immobilization of nitrogen in fumigated soil and the measurement of microbial biomass nitrogen. *Soil. Biol. Biochem.*, 16: 437-44, 1984.
16. VIDELA, C.; FERRARI, J.; ECHEVERRIA, H. & TRAVASSO, M. Transformaciones de nitrógeno en el cultivo de trigo. *Ciencia del Suelo*, 14: 1-6, 1996.