

COMPORTAMIENTO DE ALGUNAS PROPIEDADES DEL SUELO EN UNA SABANA DEL CHACO SEMIARIDO OCCIDENTAL BAJO DISTINTAS FRECUENCIAS DE FUEGO

CC GONZALEZ¹, GA STUDDERT², C KUNST³, A ALBANES¹

¹ Fac. Agronomía y Agroindustrias, Univ. Nac. Sgo del Estero, Belgrano 1912, 4200: Sgo del Estero. E-mail. celgon@arnet.com.ar, ²Unidad Integrada Fac. Ciencias Agrarias (UNMP) - EEA INTA Balcarce,

³EEA INTA Sgo del Estero.

Recibido 27 de septiembre de 2001, aceptado 5 de diciembre de 2001

BEHAVIOR OF SOME SOIL PROPERTIES IN A SAVANNA OF THE 'CHACO SEMIÁRIDO OCCIDENTAL' UNDER DIFFERENT FIRE HISTORIES

Soil properties related to carbon and nitrogen dynamics of a savanna of *Elionurus muticus* (Spreng) O. Kuntze under three different fire frequencies ('fire history') were compared at one point of time. Soil was described as a Torriorthentic Haplustoll. Fire frequencies were characterized as: high (one fire every year), medium or normal (one fire every 3-4 years), and low (one fire every 10 years). Total soil organic carbon (COT) and nitrogen (NOT) contents, particulate organic matter carbon (COP) and nitrogen (NOP) contents, carbon content of the gross organic matter fraction (COG), as well as soil nitrate nitrogen content (N-NO₃⁻), soil respiration and soil microbial biomass nitrogen (NBM) were assessed at two soil depths, 0-2.5 cm and 2.5-7.5 cm. Gross organic matter carbon was lower under the high frequency than under the medium and low frequency areas. Total soil organic carbon, NOT, N-NO₃⁻ and NBM were lower under high frequency fires, than under medium and low frequency fires, that did not differ between them. Particulate organic carbon and NOP were also lower under the high frequency, and were more sensitive than COT and NOT to the effects of fire history. There were not differences in soil respiration among fire histories. These results showed that repeated burns reduce soil organic matter as well as soil biological activity and may increase soil susceptibility to erosion processes. However, areas under medium or normal fire frequency maintained organic nitrogen and carbon pools and showed higher nitrogen availability.

Key Words: savanna fire, chemical properties, microbiological properties

INTRODUCCION

El fuego es un disturbio natural en los ecosistemas de sabanas de *Elionurus muticus* (Spreng) O. Kuntze en la región del Chaco Semiárido Occidental (Argentina) y es, a la vez, una herramienta de manejo muy difundida entre los productores ganaderos para el control de especies leñosas y para mejorar la cantidad y la calidad del forraje (Boó 1990, Kunst com. pers.). El efecto del fuego sobre la dinámica del pastizal depende de la frecuencia con que se produzcan las quemadas. La exclusión del mismo por períodos prolongados tiene efectos negativos sobre su calidad y producción primaria. Se conoce que en las sabanas de *E. muticus*, el fuego es un factor de ocurrencia regular y natural cada 3 ó 4 años que mantiene su productividad (Bravo *et al.* 2001). Sin embargo, los productores producen quemadas con una frecuencia anual a

efectos de inducir rebrotes intensos y de alta calidad forrajera. Dicha frecuencia de quemadas puede generar procesos degradativos del sistema y hasta favorecer la erosión de los suelos (Raison 1979).

La quema de la vegetación produce modificaciones sobre las características químicas y biológicas del suelo en función de la intensidad, del tiempo de residencia y de la frecuencia del fuego (Alexander 1982). La quema de combustibles finos como sabanas y pastizales es rápida y completa por lo que los efectos son evidentes fundamentalmente en los primeros centímetros de suelo (Rice, García 1994). En general, los mayores efectos de la quema de pastizales están relacionados con los cambios postfuego asociados con la eliminación del mantillo y de los residuos vegetales, hecho que influye sobre la actividad biológica del suelo y sobre el reciclado del

carbono y la disponibilidad de nutrientes (Raison 1979).

Aunque las quemas anuales incrementan la productividad de pastizales y sabanas en el corto plazo, la aplicación de dicha frecuencia por largos períodos elimina repetitivamente la cobertura vegetal y reduce la reposición de sustrato al suelo provocando cambios en el balance del carbono y nitrógeno del sistema, pudiendo llegar a disminuir el suministro de nutrientes para el pastizal (Raison 1979). Estos efectos deberían ser tenidos en cuenta principalmente en los ecosistemas áridos y/o semiáridos, con bajo contenido de nitrógeno y materia orgánica del suelo (MOS) y, por lo tanto, con baja capacidad de amortiguar los efectos del manejo inapropiado.

La MOS es un factor central en la funcionalidad de los suelos por los múltiples beneficios que tiene como sustrato para los microorganismos y sobre la disponibilidad de nutrientes para los vegetales, la capacidad de retención hídrica y la estructura del suelo (Doran, Smith 1987). En suelos de pastizales, se ha observado que el fuego provoca incrementos de MOS y de disponibilidad de nitrógeno en el corto plazo (1-2 años) en las capas superficiales del suelo (Raison 1979). No obstante, si bien las quemas anuales incrementan la productividad de pastizales y sabanas en el corto plazo, la aplicación de dicha frecuencia por largos períodos supone impactos negativos sobre el contenido de MOS debido a los menores aportes de carbono y nitrógeno al suelo (Ojima *et al.* 1990). Si bien aquellos cambios se producen sobre la MOS, varios autores sugieren a la fracción particulada de la materia orgánica (MOP) y al tamaño y actividad de la biomasa microbiana (BMS), como más sensibles a los cambios producidos por las prácticas de manejo (Mc Gill *et al.* 1986; Jenkinson, Ladd 1981; Cambardella, Elliot 1992).

Los estudios sobre el tamaño y la actividad de la BMS en sabanas sometidas a fuego muestran resultados variables. En el corto plazo, parecen no existir diferencias significativas con el control sin fuego, siendo en algunos casos estimuladas por el incremento en la temperatura del suelo y en el contenido de nutrientes luego del fuego (Rice, García 1994). Por lo contrario, quemas anuales aplicadas durante muchos años reducen la

BMS (Ojima *et al.* 1990).

En la región chaqueña, existe información acerca de los efectos del fuego sobre la dinámica de especies herbáceas (Kunst com.pers.), sobre los daños en especie arbóreas y arbustivas (Bravo *et al.* 2001) y sobre la densidad de algunos grupos de microorganismos por efecto de una quema (González *et al.* 1996). No obstante, es necesario generar información sobre el efecto de la frecuencia de quemas de las sabanas de *E. muticus* sobre las propiedades del suelo para contribuir a una prescripción adecuada del fuego como herramienta de manejo sostenible de aquel ecosistema.

Por lo dicho, para los suelos de sabanas de esa región, se plantean como hipótesis que: i) el incremento de la frecuencia de quemas de una sabana de *E. muticus* provoca la disminución del carbono, del nitrógeno, de la biomasa microbiana y de la capacidad de mineralización de nitrógeno del suelo, ii) el efecto de la quema sobre las propiedades del suelo, se produce principalmente en la capa superficial del suelo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de distintas historias de fuego de una sabana de *E. muticus* del Parque Chaqueño Semiárido sobre algunas propiedades químicas y biológicas del suelo vinculadas con el contenido del carbono y del nitrógeno del suelo, para proporcionar pautas que contribuyan a la prescripción del fuego como herramienta de manejo sostenible en ambientes semiáridos.

MATERIALES Y METODOS

La experiencia se llevó a cabo en el Campo Experimental "La María" de la E.E.A. INTA, Santiago del Estero, Argentina (28° 05' S, 64° 05' W). El clima es semiárido, con temperatura media anual de 21 ° C y una precipitación media anual de 550 mm, concentrándose la mayor parte en la época estival. El invierno y comienzo de primavera son secos, con fuertes vientos desecantes del Norte. Los suelos del área de estudio se clasifican como Torriortente Haplustólico (Lorenz com. pers.). Los perfiles son de escaso desarrollo, con secuencia de horizontes A-AC-C, de textura franco limosa y pH ligeramente ácido a neutro en los primeros 10 cm del suelo. La sabana se presenta como pastizal - arbustal con predominancia de *E. muticus* y en menor cantidad otras gramíneas (*Heteropogum contortus*, *Schyzachirium tenerum* y *Botriochloa*spp) y algunas

especies leñosas invasoras (*Acacias aroma*, *Prosopis nigra*, *Celtis spp* y *Schinus sp*). Por las características del clima semiárido, los pastizales presentan un receso invernal bien definido que produce una acumulación del material vegetal muerto sobre la superficie, siendo la época entre julio y octubre la propicia para la quema.

Los niveles de "historia de fuego" (variable independiente) se definieron teniendo en cuenta la frecuencia de quemas a que fue sometida la sabana en el pasado reciente. Mediante fotointerpretación de fotos aéreas (escala 1:20000), imágenes satelitarias LANDSAT y recorridas a campo se ubicaron áreas que hubieran estado sometidas a distintas frecuencias de fuego dentro del campo experimental: alta frecuencia (un fuego cada año durante los últimos 10 años); frecuencia media ("natural", un fuego cada 3-4 años durante los últimos 10 años, habiendo sido la última quema al menos 3 años antes); baja frecuencia (sin quema durante los últimos 10 años). De acuerdo con datos locales, la intensidad de las quemas en estas sabanas habría sido siempre entre ligera y moderada, estando dentro de los límites sugeridos para fuegos prescritos en pastizales (Kunst com. pers., Bravo *et al* 2001). En cada una de esas áreas se definieron tres parcelas de 30 m x 15 m.

En octubre/noviembre de 1998 (antes de la aplicación de una quema) se realizó un muestreo de suelo a dos profundidades (0-2,5 y 2,5-7,5 cm). Cabe aclarar que al momento de muestreo no había habido precipitaciones significativas por al menos tres meses (datos no mostrados) y el *E. muticus* no había iniciado aún su crecimiento estival. Se raspó la superficie del suelo para eliminar el mantillo y de cada parcela se extrajeron 15 submuestras no disturbadas en tubos de PVC de 6 cm de diámetro y 10 cm de largo sólo en los espacios entre matas de *E. muticus*. Luego de dividir las submuestras en trozos representando las profundidades arriba mencionadas, los correspondientes a cada una de ellas se mezclaron para obtener una muestra compuesta de cada profundidad. Las muestras de suelo fueron pesadas y tamizadas (2 mm) para separar el material orgánico grueso (mayormente raíces) que fue lavado y secado a 60°C hasta peso constante. El carbono orgánico en la fracción gruesa (COG) se calculó asumiendo que el contenido de carbono era de 4,2 g C kg⁻¹ materia seca (Campbell *et al.* 1996).

El carbono orgánico (COT) y el nitrógeno orgánico (NOT) totales del suelo fueron determinados por Walkley y Black (Nelson, Sommers 1982) y según Kjeldahl (Bremner, Mulvaney 1982), respectivamente. La MOP fue retenida sobre un tamiz de 54 µm de malla, previa dispersión en una solución de hexametáfosfato de sodio, según el método descrito por Cambardella y Elliott (1992), determinándose las concentraciones

de carbono orgánico (COP) y del nitrógeno orgánico (NOP) particulados por los métodos mencionados arriba. Para la determinación del contenido de nitrógeno de nitratos (N-NO₃⁻) la extracción se hizo con solución saturada de Ca(OH)₂ en agua y se utilizó un electrodo de ión específico (Mahendrappa 1969). La respiración edáfica se evaluó mediante la determinación del desprendimiento del dióxido de carbono (CO₂) del suelo en laboratorio como índice de actividad de la microflora heterótrofa (Anderson 1982). El nitrógeno de la biomasa microbiana (NBM) se determinó mediante el método de fumigación-extracción (Brookes *et al.* 1985). Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente mediante análisis de varianza y se utilizó el test de Tukey para la separación

RESULTADOS Y DISCUSION

El COT fue significativamente menor en las parcelas con alta frecuencia de fuego respecto a las parcelas con baja y media frecuencia de fuego, en ambas capas de suelo (Figura 1a). Los contenidos de COT en las parcelas de frecuencias media y baja no se diferenciaron estadísticamente entre sí para ninguna de las profundidades. Los contenidos de NOT respondieron de manera similar a los de COT en las diferentes frecuencias de quema (Figura 1b).

Uno de los factores que más afecta el balance de la materia orgánica del suelo es la cantidad de sustrato devuelto al sistema (Stevenson 1986). Las reducciones de COT y NOT observadas en la frecuencia alta podrían deberse a la menor reposición de carbono y nitrógeno al suelo debido a la remoción del mantillo y cubierta vegetal producida por las quemas anuales (Ojima *et al.* 1990) y a una disminución de la biomasa radical de la vegetación, también asociada a la alta frecuencia de fuego (Rice, García 1994). Ojima *et al.* (1990) no encontraron diferencias en COT y NOT entre los valores iniciales y aquéllos 1 ó 2 años después de una sola quema, sugiriendo que quemas esporádicas o de baja frecuencia no tendrían efecto sobre los contenidos de COT y NOT. En el corto plazo, algunos autores hallaron un aumento del COT del suelo en la capa superficial debido a los aportes de las cenizas (Raison 1979).

En todas las frecuencias de fuego, el COP representó entre 35 y 49 % del COT y el NOP representó entre 27 y 52 % del NOT. Estos rangos fueron similares a los obtenidos por

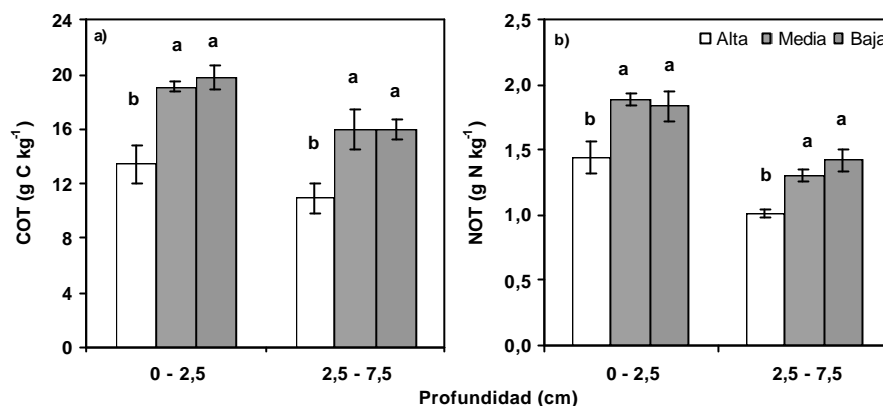


Figura 1. Carbono (COT) (a) y nitrógeno (NOT) (b) orgánicos totales a dos profundidades del suelo y para tres frecuencias de quemado de la sabana: alta (anual); media (cada 3 ó 4 años); baja (sin quemar por más de 10 años). Columnas acompañadas por letras distintas para cada profundidad, difieren significativamente ($P < 0,05$). Las barras verticales indican desvío estándar.

Figure 1. Total organic carbon (COT), a) and total organic nitrogen (NOT), b) at two soil depths after three fire frequencies. Bars with different letters differ significantly ($p < 0.05$) within each soil depth; error bars show standard deviation.

Chan (1997) en Pellustertes Típicos y por Cambardella y Elliot (1992) en un Haplustol Páquico, de climas semiáridos bajo pastizales y sometidos a distintos manejos. Coincidentemente con COT y NOT (Figuras 1a y b), las concentraciones del COP y NOP

(Figuras 2a y b) fueron superiores en la capa superficial para todas las frecuencias de fuego, lo que está relacionado con el reciclaje de C y N debido a la acumulación de restos vegetales y mantillo en la superficie del suelo, mencionado anteriormente. La frecuencia alta presentó

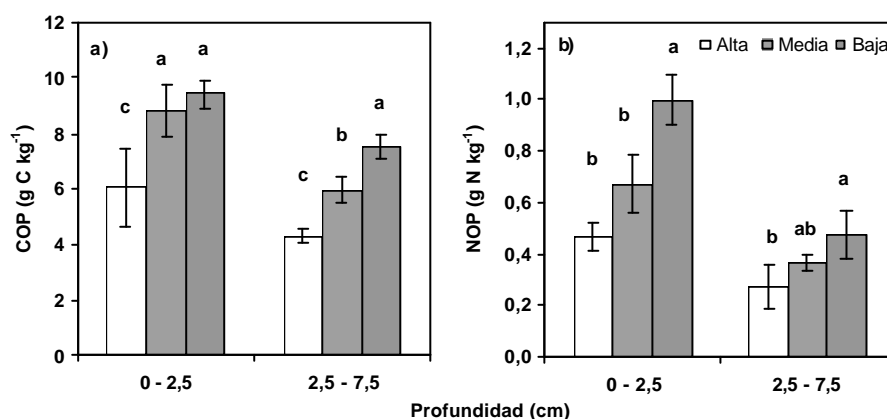


Figura 2. Carbono (COP) (a) y nitrógeno (NOP) (b) orgánicos particulados a dos profundidades del suelo y para tres frecuencias de quemado de la sabana: alta (anual); media (cada 3 ó 4 años); baja (sin quemar por más de 10 años). Columnas acompañadas por letras distintas para cada profundidad, difieren significativamente ($P < 0,05$). Las barras verticales indican desvío estándar.

Figure 2. a) Particulate organic matter (COP), and b) nitrogen (NOP), at two soil depths after three fire frequencies. Bars with different letters differ significantly ($p < 0.05$) within each soil depth; error bars show standard deviation.

significativamente menor contenido de COP que las frecuencias media y baja a ambas profundidades, mientras que el contenido de COP de la frecuencia media difirió ($P>0,05$) del de la baja, sólo en la capa subsuperficial (Figura 2a). No obstante, en la capa superficial, los contenidos de NOP de la frecuencia alta y media fueron significativamente menores que los de la frecuencia baja (Figura 2b).

En la capa de suelo superficial, el COP y el COT de la frecuencia alta representaron el 64 y el 68% del COP y COT en la frecuencia baja, respectivamente, presentándose una tendencia similar en la capa subsuperficial (57% y 68%, respectivamente). Esto indica que, en la capa superficial, el efecto del fuego se vería reflejado en igual medida en el COT que en el COP. No obstante, en la capa subsuperficial el COP fue más sensible que el COT al efecto de la alta frecuencia de quemas. Por otro lado, el efecto provocado por las diferentes frecuencias de fuego se visualizó en mayor medida en el NOP que en los contenidos de NOT, ya que en la frecuencia alta éstos representaron el 47 % y el 78 % del NOP y NOT en la frecuencia baja, respectivamente. La misma tendencia se observó en la capa subsuperficial (58 % y 72%, respectivamente). Tanto el COP como el NOP fueron reducidos por quemas anuales aplicadas durante 10 años, siendo el NOP el más afectado. Similares resultados fueron observados cuando se describió el deterioro producido por el impacto de diversos sistemas de uso sobre la calidad del suelo (Chan 1997). El COG de la capa superficial, fue menor en las parcelas con alta frecuencia ($0,93 \text{ g C kg}^{-1}$), respecto a las frecuencias media y baja de quemas ($1,28$ y $1,55 \text{ g C kg}^{-1}$, respectivamente). Esta disminución del COG con la alta frecuencia de fuego contribuiría a explicar las reducciones de COT y COP, ya que la misma representa una parte de los aportes de carbono a partir de la vegetación. Además, estas diferencias en COG por diferentes frecuencias de fuego podrían influenciar el crecimiento de la biota del suelo, al ser fuente de energía para los microorganismos (Seastedt, Ramundo 1990).

El NBM fue marcadamente influenciado por la frecuencia de fuego, al igual que la fracción orgánica del suelo (COT, NOT, COG, COP y NOP) (Figura 3). En la capa super-

ficial, el contenido de NBM fue significativamente menor ($P<0,05$) en las parcelas con alta frecuencia de fuego, mientras que las parcelas de frecuencia media y baja no se diferenciaron estadísticamente ($P>0,05$). Por otro lado, entre 2,5 y 7,5 cm de profundidad, estas dos últimas frecuencias difirieron significativamente entre sí ($P<0,05$) (Figura 3). La menor concentración de NBM de la alta frecuencia podría deberse a la menor cantidad de sustrato orgánico para el mantenimiento y crecimiento de poblaciones microbianas del suelo observada bajo esta situación (Figuras 1 y 2), resultados que confirmarían lo obtenidos por otros autores (Ojima 1987; Rice, García 1994).

Relacionando los valores de los tratamientos de alta con el de baja frecuencia se visualizó una disminución porcentual diferencial en las concentraciones de NOT, NOP y NBM por efecto de las quemas (Figura 4). Las disminuciones de NBM y NOP fueron muy superiores a los registrados para los contenidos totales. Estos resultados confirman los obtenidos por otros autores respecto a la sensibilidad de las diferentes fracciones

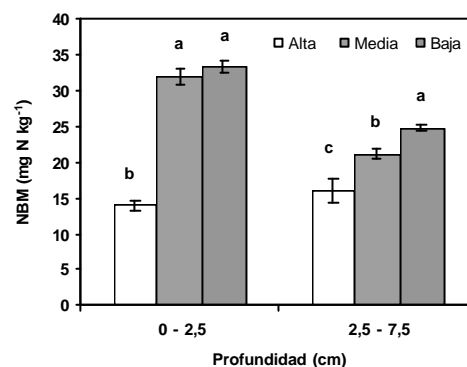


Figura 3. Nitrógeno de la biomasa microbiana (NBM) a dos profundidades del suelo y para tres frecuencias de quemado de la sabana: alta (anual); media (cada 3 ó 4 años); baja (sin quemar por más de 10 años). Columnas acompañadas por letras distintas para cada profundidad, difieren significativamente ($P<0,05$). Las barras verticales indican desvío estándar.

Figure 3. Microbial biomass nitrogen (NBM) at two soil depths after three fire frequencies. Bars with different letters differ significantly ($p<0.05$) within each soil depth; error bars show standard deviation.

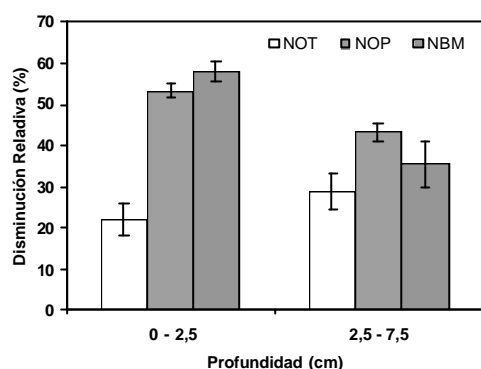


Figura 4. Disminución de los contenidos de nitrógeno orgánico total (NOT), nitrógeno orgánico en la fracción particulada (NOP), nitrógeno de la biomasa microbiana (NBM) en el suelo bajo alta frecuencia de quemado de la sabana (anual) relativa a los contenidos observados con baja frecuencia de quemado de la sabana (sin quemar por más de 10 años). Las barras verticales indican desvío estándar.

Figure 4. Relative decrease of total organic nitrogen (NOT), organic nitrogen in the particulate fraction (NOP), and microbial biomass nitrogen (NBM) between soils after high- and low-frequency fires. Error bars indicate standard deviation.

orgánicas del suelo ante cambios en el manejo de los suelos (Mc Gill *et al.* 1986; Echeverría *et al.* 1993; Studdert *et al.* 1997) e indican que el efecto provocado por las diferentes historias de frecuencia de fuego se ve reflejado en los cambios de las fracciones orgánicas lábiles (NBM y NOP) en mayor medida que en el de NOT. Asimismo, tales cambios fueron más notorios a 0-2,5 cm de profundidad, capa más expuesta al efecto de las variaciones ambientales.

Contrariamente a lo esperado, no se detectaron diferencias ($P>0,05$) de respiración edáfica entre frecuencias de fuego en ninguna de las profundidades evaluadas (Tabla 1). Estos resultados no se corresponden con las cantidades de biomasa microbiana (Figura 3) y de sustrato orgánico (Figuras 1 y 2) discutidos anteriormente. Se podría suponer que existió una eficiencia diferencial en el uso de carbono entre las parcelas con distintas historias de frecuencia de fuego y un cambio en la población microbiana (Nakas, Klein 1980).

La relación C/N del suelo de las parcelas con frecuencia anual estuvo en promedio por debajo de los valores de las frecuencias media y baja (Tabla 1), indicando que a través del fuego continuo, las pérdidas de COT superaron a las del NOT. Las relaciones C-CO₂/COT de las distintas frecuencias fueron: alta>media>baja (Tabla 1). Esto implica que, además de la reducción del aporte de materia

Tabla 1. Respiración edáfica (C-CO₂), relaciones C-CO₂/carbono orgánico total (COT), relación carbono/nitrógeno (C/N) del suelo obtenidos a dos profundidades del suelo y para tres frecuencias de quemado de la sabana: alta (anual); media (cada 3 ó 4 años); baja (sin quemar por más de 10 años). Los valores seguidos por la misma letra para cada profundidad, no difieren significativamente ($P>0,05$).

Table 1. Soil respiration (CO₂-C), CO₂-C/organic carbon (CO) ratio, and carbon/nitrogen (C/N) ratio of the soil at two depths after three fire frequencies. Values followed by the same letters are not significantly different at $p>0.05$ (intra-column comparisons).

Frecuencia De Fuego	C-CO ₂		C-CO ₂ /COT		C/N	
			Profundidad (cm)			
	0 - 2,5	2,5 - 7,5	0 - 2,5	2,5 - 7,5	0 - 2,5	2,5 - 7,5
	----- mg kg ⁻¹ -----					
Alta	253,5 a	148,2 a	18,87	13,59	9,33	10,68
Media	252,3 a	122,4 a	13,24	7,65	10,10	12,22
Baja	261,6 a	98,28 a	13,20	6,14	10,73	11,27

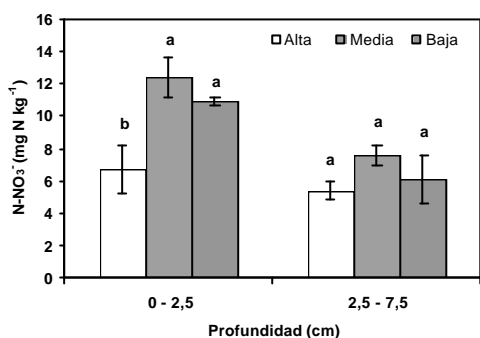


Figura 5. Contenido de nitrógeno de nitratos del suelo (N-NO_3^-) obtenido a dos profundidades y para tres frecuencias de quemado de la sabana: alta (anual); media (cada 3 ó 4 años); baja (sin quemar por más de 10 años). Columnas acompañadas por letras distintas para cada profundidad, difieren significativamente ($P < 0,05$). Las barras verticales indican desvío estándar.

Figure 5. Nitrate concentrations ($\text{NO}_3^- \text{-N}$) at two soil depths after three fire frequencies. Bars with different letters differ significantly ($p < 0.05$) within each soil depth; error bars show standard deviation.

orgánica, quemadas aplicadas anualmente a la sabana por más de 10 años pueden haber favorecido la mineralización del carbono del suelo debido a un incremento de sustrato orgánico fácilmente descomponible producido por la quema (Rice *et al.* 1986) y un cambio en la composición de las poblaciones microbianas (Nakas, Klein 1980). Por lo contrario, las parcelas con menor frecuencia de fuego conservaron más carbono orgánico, lo que podría ser resultado de un mayor aporte de sustrato orgánico y menor tasa de mineralización del mismo. Si bien en esta experiencia no se determinaron ni la tasa de mineralización de carbono ni la cantidad presente de los distintos grupos microbianos, el supuesto anterior parece comprensible dado que en la determinación de la respiración edáfica de todos los tratamientos estuvieron sujetos a iguales condiciones de humedad y temperatura en laboratorio, siendo la cantidad y composición del sustrato la única variable para la microflora heterótrofa que está respirando *in vitro*.

Si bien las concentraciones de nitratos para ambas profundidades del suelo fueron más bajas con alta frecuencia de fuego, las diferencias sólo fueron significativas en la capa superficial (Figura 5). Estos resultados estarían relacionados con el balance negativo de nitrógeno en el largo plazo, ya que la menor concentración de N-NO_3^- bajo frecuencia anual coincidió con un menor contenido de NOT (Figura 1) y de NOP (Figura 2). Ojima (1987) encontró que la mineralización de nitrógeno se incrementó inmediatamente después del fuego, pero disminuyó con quemadas frecuentes en el largo plazo. Por otro lado, los contenidos de N-NO_3^- de las parcelas de frecuencia media y baja no se diferenciaron estadísticamente pero hubo mayor N-NO_3^- en las parcelas de frecuencia media. Estos resultados indicarían que el suelo bajo las frecuencias más bajas, al conservar un mayor *pool* de nitrógeno, estaría en condiciones de proveer una mayor cantidad del nutriente para el *E. muticus*.

En síntesis, las reducciones de las fracciones orgánicas en la capa superficial debido a quemadas frecuentes por períodos prolongados, llevaron a una disminución del tamaño y actividad de la microflora, una disminución de la capacidad de mineralización de nutrientes y en consecuencia a una disminución de la de suministrar nutrientes para la sabana. Por otro lado, la frecuencia de quemadas similar o inferior a la considerada natural no afectó el reciclo de carbono y nitrógeno en el sistema por conservar más su *pool* orgánico y, con ello, su capacidad de generar una mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo. Si bien los contenidos de carbono y nitrógeno totales fueron modificados por las historias previas de quema, las fracciones lábiles de la materia orgánica del suelo respondieron con mayor sensibilidad, lo que hace que el seguimiento de la evolución de sus variaciones se revele como indicador adecuado de los cambios producidos en la fase orgánica del suelo. Aunque se observaron cambios asociados a la historia de quemadas en ambas capas analizadas, aquéllos fueron más notorios de 0 a 2,5 cm de profundidad del suelo, por ser la capa más expuesta al efecto de las variaciones ambientales.

Dada la importancia económica de la utilización de los pastizales naturales como

recurso forrajero en el Chaco Semiárido, la necesidad de aplicar fuego para aumentar su producción y calidad de forraje y el efecto degradativo del uso indiscriminado del mismo, las evidencias indican que las frecuencias de fuego aplicadas con sentido agronómico en esta sabana deberían ser cercanas a la frecuencia natural. De esta manera, la adecuada prescripción de la quema contribuiría a compatibilizar la productividad del pastizal y el mantenimiento de la calidad del suelo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración recibida de los Ing. Agr. G Lorenz, F Galizzi, L Diaz, S Roldán, y H Echeverría. Asimismo se agradece a la Sta. J Barrientos, y a los Sres J Godoy, H Cáceres por la colaboración en tareas de campo. Este trabajo fue financiado por el Proyecto de Investigación "Uso de la tierra y su efecto en los componentes bióticos de los ecosistemas del Parque Chaqueño Occidental" de la CICYT-UNSE y el "Proyecto Ganadero Bovino Regional", INTA Regional Noreste.

REFERENCIAS

- Alexander M. 1982. Calculating and interpreting forest fire intensities. *Can. J. Botany* 60: 349-357
- Anderson JE. 1982. Soil respiration. En: Page AL *et al.* (eds.). *Methods of soil analysis. Part 2, 2nd ed.* Agron. Monog 9. Am. Soc. Agronomy. Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, EEUU. p. 837-871
- Boó RM. 1990. Algunos aspectos a considerar en el empleo del fuego. *Revista Fac. Agronomía (UNLP)* 5: 63-80.
- Bravo SC, Kunst C, Gimenez A, Moglia A. 2001. Fire regime of and *Elionurus muticus* Spreng, savanna, Western Chaco Region, Argentina. *Int. J. Wildland Fire*. 10: 65-67
- Bremner JM, Mulvaney CS. 1982. Nitrogen total. En: Page AL *et al.* (ed.) *Methods of soil analysis. Part 2, 2nd ed.* Agron. Monog 9. Am. Soc. Agronomy Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, EEUU. p. 595-622
- Brookes PC, Landman A, Pruden G, Jenkinson DS. 1985. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biol. Biochem.* 17: 837-842.
- Cambardella CA, Elliot EF. 1992. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 777-783.
- Campbell CA., McConkey BG, Zentner RP, Selles F, Curtin D. 1996. Tillage and crop rotation effects on soil organic C and N in a coarse textured Typic Haploboroll in southwestern Saskatchewan. *Soil Till. Res.* 37: 3-14.
- Chan KY. 1997. Consequences of changes in particulate organic matter in Vertisols under pasture and cropping. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:1376-1382.
- Doran JW, Smith MS. 1987. Organic matter management and utilization of soil and fertilizer nutrients. En: Follett RF *et al.* (eds.). *Soil fertility and organic matter as critical components of production systems.* SSSA Special Publication 19. Am. Soc. Agronomy Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, EEUU. p. 53-72.
- Echeverría H, Bergonzi R, Ferrari J. 1993. Carbono y nitrógeno de la biomasa microbiana de suelos del sudeste bonaerense. *Ciencia del Suelo* 11:36-41.
- Gonzalez CC, Albanesi AS, Kunst C, Suarez E. 1996. Efectos de fuegos prescritos sobre la microflora de suelos en la sabana de *Elionurus muticus*. VIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Aguas de Lindoia. San Pablo, Brasil. En CD.
- Jenkinson DS, Ladd N. 1981. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. *Soil Biol. Biochem.* 5: 415-471.
- Mahendrappa M. 1969. Determination of nitrate nitrogen in soil extracts using a specific ion activity electrode. *Soil Sci.* 108:132-136.
- Mc Gill WB, Cannon KR, Robertson JA, Cook FD. 1986. Dynamics of soil microbial biomass and water-soluble organic C in Breton L after 50 years of cropping to two rotation. *Can. J. Soil Sci.* 66: 1-19
- Nakas JY, Klein DA. 1980. Seasonal dynamics and responses of rhizosphere and rhizosphere microorganisms associated with semiarid grassland plants. *Proceedings First Int. Rangeland Congress. Soc. Range Managem., Denver, Colorado, EEUU.* p.310-313.
- Nelson DW, Sommers LE. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. En: Page AL *et al.* (eds.) *Methods of soil analysis. Part 2, 2nd ed.* Agron. Monog 9. Am. Soc. Agronomy Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, EEUU. p. 539-579.
- Ojima DS. 1987. The short-term and long-term effects of burning on tallgrass prairie ecosystem properties and dynamics. Ph.D. Dissertation. Colorado State University, Fort Collins, Colorado, EEUU. 96 p.
- Ojima DS, Parton WJ, Schimel DS, Owensby CE. 1990. Simulated impacts of annual burning on prairie ecosystems. En: Collins SL, Wallace L (eds.) *Fire in North American tallgrass prairies.*

- University of Oklahoma Press. Norman, Oklahoma, EEUU. p. 99-117.
- Raison RJ. 1979. Modification of the soil environment by vegetation fires, with particular reference to nitrogen transformations: A review. *Plant and Soil* 53:73-108.
- Rice CW, García FO. 1994. Biologically active pools of carbon and nitrogen in tallgrass prairie soil. En: Doran JW *et al.* (eds) *Defining soil quality for a sustainable environment*. SSSA Special Publication 35. Soil Sci. Soc. Am. Inc., Madison, Wisconsin, EEUU. p. 201-207.
- Rice CW, Smith MS, Blevins RL. 1986. Soil nitrogen availability after long-term continuous no-tillage and conventional tillage corn production. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50:1206-1210.
- Seastedt TR, Ramundo C. 1990. The influence of fire on belowground processes of tallgrass prairie. En: Collins SL, Wallace LL (eds.). *Fire in North American tallgrass prairies*. University of Oklahoma Press. Norman, Oklahoma, EEUU. p. 186-195.
- Stevenson FJ. 1986. *Cycles of soils*. John Wiley & Sons, Inc., New York, New York, EEUU. 380 p.