

CARBONO Y FRACCIONES DE NITROGENO EN CENIZAS DE ESTRATOS DE VEGETACION DE LA REGION DEL CALDENAL (ARGENTINA)

J P SANCHEZ, M A LAZZARI

Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur y Centro de Recursos Naturales de la Zona Semiárida (CERZOS). 8000 Bahía Blanca, Argentina

CARBON AND NITROGEN FORMS OF VEGETATION COVER ASHES FROM THE CALDENAL REGION (ARGENTINA)

Fire is an important factor affecting the ecology of Caldenal (Argentina). Some ranchers conduct controlled burnings to reduce the shrub cover in order to improve forage quality and to protect plant communities from dangerous wildfires, but its effects on soil fertility are unknown. The magnitude of the change in soil properties as a result of a fire depends on two direct effects: soil heating and deposition of ash residues. This research was aimed to study carbon, and nitrogen forms of woody litter and natural pasture ashes obtained by muffling at two temperatures. Black ashes obtained at 300°C presented high carbon and nitrogen fractions concentrations, but those of litter showed the highest inorganic $\text{NH}_4^+\text{-N}$, aminoacid-N and organic $\text{NH}_4^+\text{-N}$ levels. They also presented higher non-hydrolyzable N / total hydrolyzable N rate. An increase of 100°C in the combustion temperature produced clear ashes and affected mainly the litter aminoacid-N and $\text{NH}_4^+\text{-N}$ organic forms. At 400°C, litter ash showed the highest non-hydrolyzable N / total hydrolyzable N rate.

Key words: Fire effects - Woody litter ash - Grassy ash - Inorganic nitrogen - Organic forms of nitrogen

INTRODUCCION

Algunos productores de la región del Caldenal realizan quemas controladas para reducir las especies leñosas y mejorar la calidad del forraje. También para proteger a las comunidades de plantas de los fuegos espontáneos, a veces de consecuencias catastróficas. Existe información referida al efecto del fuego sobre las gramíneas (Bóo *et al.* 1996) y sobre las plantas leñosas (Bóo *et al.* 1997) de la mencionada región. Sin embargo, se desconocen sus efectos sobre la fertilidad del suelo.

Las consecuencias de quemas sobre el nitrógeno del suelo y la vegetación del Caldenal es particularmente importante debido a que este nutriente se encuentra en cantidades limitantes (Castelli *et al.* 1995) y puede perderse fácilmente por volatilización durante el fuego. La magnitud de los cambios en las propiedades del suelo como resultado del fuego depende de dos efectos directos: el calentamiento del suelo y la deposición de cenizas. En un estudio previo, los autores (Sánchez, Lázzari 1996) registraron los cambios netos ocasionados por un fuego controlado sobre las fracciones nitrogenadas del suelo del sur del Caldenal, desconociéndose el rol que le cupo a las cenizas en la detección de dichos cambios.

El tipo y la distribución espacial de la vegetación, y el grado de combustión determinan la composición y cantidad de cenizas producidas durante un fuego. Cuando la combustión es incompleta, como se pretende en fuegos bajo condiciones controladas, las cenizas pueden contener apreciables cantidades de materia orgánica y nitrógeno total. A su vez, la calidad nitrogenada orgánica e inorgánica de las cenizas puede modificar el sustrato microbiano del suelo después del fuego (Fenn *et al.* 1993). El objetivo del presente estudio es evaluar el carbono y las fracciones de nitrógeno de las cenizas provenientes de dos estratos de vegetación predominantes en el sur del Caldenal, obtenidas en mufla eléctrica a dos temperaturas de combustión.

MATERIALES Y METODOS

El sitio experimental está ubicado en el Dto. de Caleu-Caleu (38° 45' S, 63° 45' O), al SE de la Provincia de La Pampa (Argentina). El clima es templado semiárido. El promedio anual de lluvias es de 344 mm y la temperatura media anual es de 15,3°C (INTA 1980). Los suelos dominantes del área clausurada se clasifican

como Calciustol petrocálcicos, franco gruesa, mixta, térmica (USDA 1996). La cobertura del estrato leñoso es aproximadamente del 65%, con *Prosopis caldenia*, *Condalia microphylla*, *Prosopis flexuosa* y *Larrea divaricata* como las especies más abundantes. La mayor parte de los individuos de las especies leñosas desarrolla tamaño arbustivo. El estrato herbáceo presenta una cobertura aproximada del 16% y está compuesta principalmente por dos gramíneas perennes de buen valor forrajero: *Stipa tenuis* y *Piptochaetium napostaense*. Existen, además, numerosas gramíneas perennes sin valor forrajero denominadas pajás: *Stipa gynerioides*, *Stipa tenuissima*, *Stipa trichotoma*, etc.

De una unidad de una hectárea, dentro de una clausura, se extrajeron al azar 12 muestras de mantillo ubicado bajo el dosel de arbustos y 12 muestras de pastos naturales en estado vegetativo (se cortaron a nivel del suelo), ambos delimitados en un marco de 0,04 m² de superficie. Las mismas se lavaron, secaron hasta peso constante, pesaron y quemaron en mufla eléctrica con circulación de aire y bajo las siguientes condiciones: a 300°C, durante diez minutos para el mantillo y cinco minutos para los pastos naturales; a 400°C, durante los mismos períodos de tiempo. La primera de las temperaturas y los tiempos mencionados se seleccionaron en base a las condiciones de la quema del área muestreada (Sánchez, Lázzari 1996), realizada en forma controlada e inmediatamente después de la extracción de las muestras. Las cenizas producidas se pesaron y analizaron para: carbono total con analizador por combustión seca (LECO, USA); nitrógeno total en digesto Kjeldahl (Bremner, Mulvaney 1982); N-NO₃⁻ y N-NH₄⁺ extraídos con 2N KCl (Bremner 1965), por destilación al vapor (Bremner, Keeney 1965); fracciones de nitrógeno orgánico en hidrolizados con HCl durante 12 hs (N-aminoácidos, N-amónico, N-hexosaminas y N total hidrolizable), por destilación al vapor (Bremner 1965). Además, se calculó la fracción nitrógeno no hidrolizable (N-insoluble en ácidos) por diferencia entre el nitrógeno total y el nitrógeno total hidrolizable. Todos los análisis

se hicieron por duplicado. Las concentraciones de carbono y de las distintas formas de nitrógeno fueron sometidas al análisis de la varianza, respetando un diseño completamente aleatorizado. La comparación de las medias se efectuó según el test de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSION

De la Tabla 1 surge que más del 60% del material vegetal quemado a 300°C permaneció en forma de cenizas oscuras. Sobre la base de una cobertura del área experimental, mencionada en la sección anterior, se calcularon las cantidades de cenizas producidas, las que resultaron en 3.000 y 700 kg para el mantillo y herbáceas, respectivamente. Si bien fue similar la concentración de carbono total de las cenizas de los dos materiales vegetales, las originadas del mantillo aportarían al suelo 804 kg C y las formadas de las herbáceas, 184 kg C. Aproximadamente el 35% del material inicial permaneció en forma de cenizas grisáceas, después de su combustión a 400°C, bajando a 131 y 71 kg las cantidades de carbono aportadas por aquellas provenientes del mantillo y de las herbáceas, respectivamente. Un aumento de 100°C en la temperatura de combustión perjudicó esencialmente el aporte de carbono a través de las cenizas de mantillo, cuya concentración (a 400°C) resultó significativamente menor a la de herbáceas.

Las cenizas de mantillo, obtenidas a 300°C, mostraron una concentración de nitrógeno total superior (P 0,01) a la de herbáceas (Tabla 1). Las cenizas obtenidas podrían representar una fertilización nitrogenada de ca. 38 kg N ha⁻¹, por la quema del mantillo y de ca. 6 kg N ha⁻¹, por la quema de la vegetación herbácea, si no existieran pérdidas de nitrógeno total desde la superficie del suelo por efectos de quemaduras, en el Caldenal. Por el contrario, la quema a 400°C tendría un efecto fertilizante de sólo 12 kg N ha⁻¹ (mantillo más gramíneas). Las obtenidas de herbáceas, obtenidas tanto a 300 como a 400°C, mostraron una relación C/N superior a las de

Tabla 1. Carbono y nitrógeno totales de cenizas obtenidas a dos temperaturas de combustión.

Parámetro	Cenizas obtenidas a 300°C		Cenizas obtenidas a 400°C	
	Mantillo	Herbáceas	Mantillo	Herbáceas
Cenizas (%)	63,7 ns	66,8	33,8 ns	36,5
C total (%)	29,5 ns	25,1	8,1 *	15,8
N total (%)	1,27 **	0,83	0,63 ns	0,72
C/N	23 ns	30	13 *	22

Se indica diferencia significativa entre los dos estratos de vegetación, a la misma temperatura:
** P < 0,01, * P < 0,05 y ns no significativa.

mantillo, lo que denota que tienen mayor probabilidad de ser inmovilizadas por los microorganismos del suelo.

Las cenizas derivadas de ambos materiales vegetales contuvieron altas concentraciones de nitrógeno mineral (Tabla 2). Se destaca la mayor concentración de $N-NH_4^+$ en las cenizas de mantillo, obtenidas a 300°C, lo que puede ser una fuente para la mineralización. Sánchez, Lázari (1996) registraron un aumento significativo de $N-NO_3^-$ del suelo bajo leñosas, después de la quema, posiblemente causado por la nitrificación del $N-NH_4^+$ adicionado. Wienhold, Klemmedson (1992) observaron que las concentraciones de $N-NH_4^+$ son más altas en suelo quemado de chaparrales de California (EE.UU.) debido al amonio aportado por sus cenizas.

En la Tabla 2 se observa que un aumento de 100°C en la temperatura de combustión ocasionó una disminución de la concentración de $N-NH_4^+$ en las cenizas de mantillo, pero no afectó la concentración de $N-NO_3^-$. La quema a 400°C incrementó significativamente la concentración de ambas formas de nitrógeno inorgánico en las cenizas de herbáceas. Los datos aquí registrados sugieren que sólo pequeñas cantidades de nitrógeno mineral podrían retornar al suelo después de una quema a 400°C y que aún las cenizas de herbáceas, con 185 mg kg^{-1} de nitrógeno mineral, podrían adicionar al suelo sólo 0,083 $kg N ha^{-1}$. Las cenizas de mantillo, con 135 mg kg^{-1} de nitrógeno inorgánico, aportarían 0,20 $kg N ha^{-1}$.

La Tabla 2 muestra las altas concentraciones de las diferentes fracciones de nitrógeno orgánico en las cenizas obtenidas a ambas temperaturas. A 300°C, las cenizas de mantillo mostraron concentraciones signi-

ficativamente mayores de N-aminoácidos y N-amónico orgánico, fracciones que fueron las más afectadas por el aumento de la temperatura de combustión. Las diferencias en las concentraciones de nitrógeno mineral y nitrógeno orgánico entre las dos cenizas dependerían de la composición del material quemado, sugiriendo que ambas influirían diferentemente sobre los procesos microbiales del suelo subyacente. La concentración de N-hexosaminas fue similar en ambas cenizas obtenidas a 300°C. El aumento de 100°C no produjo variación en la concentración de esta forma de nitrógeno orgánico del mantillo. En cambio, favoreció una disminución significativa en las cenizas de herbáceas. El N-amónico resultó ser la forma de nitrógeno orgánico más importante desde el punto de vista de su aporte al suelo. Las cantidades que se adicionarían oscilaron entre 6,4 y 1,1 $kg N ha^{-1}$ para las cenizas de mantillo obtenidas a 300 y 400°C, respectivamente. Todas estas fracciones de nitrógeno orgánico probablemente estimulen la actividad microbiana, provocando un flujo de microbios frecuentemente observado después del fuego (Ojima *et al.* 1994). Aunque la combustión a mayor temperatura decrece la cantidad de sustrato orgánico que retorna al suelo, las cenizas podrían alterar la respiración del suelo.

También el mantillo, a 300°C, proporcionó cenizas con una concentración de nitrógeno total hidrolizable superior a la de herbáceas (Tabla 2). Sin embargo, de los 38 $kg N ha^{-1}$ que podrían adicionarse por la quema del mantillo, 25,6 kg corresponderían a formas de nitrógeno no hidrolizables y sólo 12,7 kg a formas de nitrógeno hidrolizables. La combustión a 400°C provocó una

Tabla 2. Fracciones de nitrógeno de cenizas obtenidas a dos temperaturas de combustión.

Fracción de nitrógeno	Cenizas obtenidas a 300°C		Cenizas obtenidas a 400°C	
	Mantillo (mg kg^{-1})	Herbáceas (mg kg^{-1})	Mantillo (mg kg^{-1})	Herbáceas (mg kg^{-1})
Inorgánico:				
N - NO_3^-	38 b	45 b	40 b	87 a
N - NH_4^+	140 a	34 c	95 b	98 b
Orgánico:				
N - aminoácido	1450 a	827 b	460 d	716 c
N - amónico	2130 a	1670 b	740 d	1310 c
N - hexosamina	120 a	120 a	160 a	85 b
N-total hidrolizable	4220 a	3280 b	1590 d	2540 c
N-no hidrolizable	8550 a	5000 b	4760 b	4620 b

Letras diferentes en la misma fila difieren significativamente a $P < 0,05$.

drástica disminución de esa concentración de tal forma que las cenizas de herbáceas quedaron con el mayor nivel de N total hidrolizable. Consecuentemente, la quema del mantillo a mayores temperaturas entraña un mayor riesgo en la formación de N no hidrolizable que la quema de las herbáceas. Según Yonebayashi *et al.* (1973), el porcentaje de las formas de N no hidrolizables se incrementa con el grado de descomposición de la materia orgánica, originando compuestos de menor posibilidad de mineralización por parte de los microorganismos del suelo. Esto coincide con lo expresado Walker *et al.* (1986) relativo a que una gran proporción de nitrógeno adicionado a suelos regularmente quemados es convertido a formas no hidrolizables.

Lo expuesto sugiere un control post-fuego de los procesos de mineralización-inmovilización del nitrógeno del suelo. Un fuego de características suaves podría cambiar relativamente poco al ecosistema del Caldenal, pero fuegos frecuentes combinados con el pastoreo de animales, sequías prolongadas, continua remoción de los nutrientes, etc., podrían dimensionar sus efectos.

AGRADECIMIENTOS

Al CONICET, por el otorgamiento de una Beca de Iniciación al primer autor y por el apoyo económico parcial (BID II - CONICET N°37).

REFERENCIAS

- Bóo RM, Peláez DV, Bunting OR, Elía OR, Mayor MD. 1996. Effect of fire on grasses in central semi-arid Argentina. *J. Arid Environm.* 32:259-269
- Bremner JM. 1965. Organic forms of soil nitrogen. En: Black *et al.* (Eds.). *Methods of soil analysis. Part 2.* Agronomy 9. Am. Soc. of Agron., Inc. Madison, Wisconsin. Págs. 1238-1255
- Bremner JM, Mulvaney CS. 1982. Nitrogen total. En: Page *et al.* (Eds.). *Methods of soil analysis. Part 2.* 2nd. Edition. Agronomy 9. Am. Soc. of Agron., Inc. Madison, Wisconsin. Págs. 595-624
- Bremner JM, Keeney DR. 1965. Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrate and nitrite. *Anal. Chim. Acta* 32:485-495
- Castelli L, Lázari MA, Landriscini MR, Miglierina AM. 1995. Características químicas de un suelo superficial del sur del Caldenal (Provincia de La Pampa, Argentina). *Ciencia del Suelo* 13:44-46
- Fenn ME, Poth MA, Dunn PH, Barro SC. 1993. Microbial nitrogen and biomass respiration and nitrogen mineralization in soils beneath two chaparral species along a fire-induced age gradient. *Soil Biol. Biochem.* 25:457-466
- INTA. 1980. Inventario integrado de los recursos naturales de la Provincia de La Pampa. INTA Provincia de La Pampa y Universidad Nacional de La Pampa. 487 págs.
- Ojima DS, Schimel DS, Parton WJ, Owensby CE. 1994. Long and short-term effects of fire on nitrogen cycling in tallgrass prairie. *Biogeochemistry* 24:67-84
- Sánchez J, Lázari MA. 1996. Efectos del fuego controlado sobre las fracciones de nitrógeno del suelo. XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo: 73-74
- USDA. 1996. Keys to Soil Taxonomy. 7th. Edition. 644 págs.
- Walker J, Raison RJ, Khama PW. 1986. Fire. En: Russell, Isbell (Eds.). *Australian Soils. The human impact.* University of Queensland Press: St. Lucia. Págs. 185-216
- Wienhold BJ, Klemmedson JO. 1992. Effect of prescribed fire on nitrogen and phosphorus in Arizona chaparral soil-plant systems. *Arid Soil Res. Rehabilit.* 6:285-296
- Yonebayashi K, Kyma K, Kawaguchi K. 1973. Readily decomposable organic matter. *Soil Sci. Plant Nutr.* 20:421-422