

NOTA DE INVESTIGACION**EFFECTO DE LA QUEMA PRESCRIPTA DE UN PASTIZAL SOBRE EL BALANCE DE CO₂****Bernardis, Aldo C.¹; Fernandez, Juan A.¹; Céspedes Flores, Flora¹; Goldfarb, María C.²; Casco, José F.²**¹ Facultad de Ciencias Agrarias – UNNE. qaaber@agr.unne.edu.ar² EEA INTA Corrientes**RESUMEN**

El objetivo fue evaluar el efecto de la quema prescrita de un pastizal con predominio de gramíneas sobre la emisión y captura de CO₂. El sitio no recibió quema por 25 años. Los tratamientos fueron: T₁ = sin quema; T₂ = quema anual y T₃ = quema bianual. Se tomaron muestras de la biomasa aérea viva y muerta. Después de los eventos de quema se colectaron las cenizas. El contenido promedio de C del material vegetal fue del 45 %. La cantidad de CO₂ liberado en promedio en forma anual para los eventos de quema fueron: 10.199 y 5.152 kg ha⁻¹ respectivamente para T₂ y T₃. En T₁ se encontró una tendencia creciente en el contenido de carbono almacenado en la biomasa aérea viva y muerta, se consideró en equilibrio la emisión y la captura de CO₂. En la quema anual se capturó 12.401 kg de CO₂ ha⁻¹, la diferencia entre lo capturado y lo emitido fue de 2.202 kg de CO₂ ha⁻¹. En la quema bianual se capturó 7.904 kg de CO₂ en forma anual y por la quema se liberó 5.152 kg ha⁻¹, la diferencia entre lo capturado y lo emitido es de 2.752 kg de CO₂. El CO₂ liberado durante la quema es rápidamente capturado a través del proceso de fotosíntesis en el siguiente período de crecimiento vegetal. La captura de CO₂ en los tratamientos que recibieron quema fue mayor a la emisión de CO₂ durante el proceso de combustión de la biomasa.

PALABRAS CLAVE: carbono, pastoreo, efecto invernadero, manejo del fuego, cambio climático.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of the prescribed burning of grassland with predominance of grass on the emission and capture of CO₂. The site did not receive burning for 25 years. The treatments were: T₁ = without burning; T₂ = annual burning and T₃ = biennial burning. Samples were taken from the alive and dead aerial biomass. After the burning events the ashes were collected. The content average of Carbon of the vegetal material was of 45%. The amount of CO₂ released in av-

erage in annual form for the burning events was: 10199 and 5152 kg ha⁻¹ respectively for T₂ and T₃. In T₁ was found an increasing tendency in the carbon content stored in the alive aerial biomass and dead, it was considered that the CO₂ emissions and capture are balanced. In the annual burning 12401 kg of CO₂ ha⁻¹ were captured, the difference between the captured and the emitted was of 2202 kg of CO₂ ha⁻¹. In the biennial burning 7904 kg of CO₂ were captured annually and in the burning 5152 kg ha⁻¹ were freed, the difference between the captured thing and the emitted thing is of 2752 kg of CO₂. The CO₂ released during the burning is quickly captured through process of photosynthesis in the following period of vegetal growth. The CO₂ capture in the treatments that received burning was greater than the CO₂ emission during the process of combustion of the biomass.

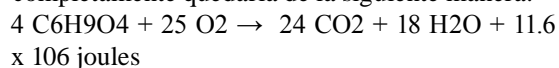
KEY WORDS: carbon, grazing, greenhouse effect, handling of the fire, climatic change.

INTRODUCCIÓN

La quema de biomasa aérea es una herramienta muy utilizada en las prácticas agropecuarias, permitiendo el control de malezas, eliminación de desechos agrícolas después de la cosecha. En los sistemas ganaderos para la eliminación del forraje que ha llegado a la madurez y que no es consumido por los animales por su baja palatabilidad y calidad (Hernández y Martínez, 2000). Estas prácticas de quemaduras, según la FAO (1996), puede ser considerado de dos maneras, uno es el fuego controlado o quema prescrita y el otro sin control. Cuando el fuego no es controlado puede llegar a ser destructivo; sin embargo cuando se controla se puede usar para quemar un área predeterminada con el objeto de alcanzar ciertos resultados deseados (Dentoni y Muñoz, 2001).

La combustión es la reacción química entre el oxígeno y un material oxidable, acompañada de desprendimiento de energía y que habitualmente se manifiesta por incandescencia o llama (Kunst,

2001; BUN-CA, 2002). En la quema de pastizales el material oxidable está compuesto por vegetal vivo y muerto de diferentes especies. Los mismos están constituidos por agua, celulosa, hemicelulosa y lignina entre los compuestos más importantes de la biomasa aérea, el resto está formado por terpenos, taninos, resinas, aceites, ácidos orgánicos y minerales, componentes químicos que varían según el tipo de especies vegetales. Según López et al (1999), se puede asignar una fórmula química al combustible vegetal, que representa de manera aproximada la proporción de átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno que podemos encontrar en diferentes pastizales. Esta fórmula es $C_6H_9O_4$, y representa un 49,65 % de C, 6,20 % H y 44,13 % O. De esta manera, la ecuación general de la combustión de un combustible vegetal cuando es oxidado completamente quedaría de la siguiente manera:



Por lo tanto, el calor de combustión promedio de un material vegetal es aproximadamente 20 kJ g⁻¹ (4800 cal g⁻¹).

Como producto de la combustión se han identificado más de 200 compuestos, entre los principales se encuentran CO₂, agua, etano, propano, propileno, metil y etil-acetileno, ácidos orgánicos aldehídos y furanos. Durante el proceso de quema se genera un gran número de partículas, producidas en la pirólisis y combustión. La mayor parte de estas partículas son líquidas formadas por la condensación de vapores orgánicos y se presentan en formas esféricas (Lopez et al, 1999). Las partículas sólidas presentan formas diversas, con tamaños que varían entre 0.01 μm y 5 μm, que forman el humo (Dentoni y Muñoz, 2001). Como producto de la quema queda depositado sobre el suelo el residuo de la combustión, denominado comúnmente cenizas. En realidad éste material está formado por materia orgánica parcialmente quemada y cenizas. Se logra obtener cenizas sin resto de material orgánico cuando la temperatura alcanza los 550°C durante 3 horas (A.O.A.C., 1997). En la práctica de la quema prescrita de pastizales esto no ocurre, si bien la temperatura puede superar los 550°C, el tiempo que permanece es mucho menor y en consecuencia queda material vegetal sin quemarse. La combustión no es uniforme porque depende de varios factores: cantidad de material combustible, humedad del material, velocidad del viento, composición y características del material combustible (vegetales muertos, vegetales con cierto grado de descomposición, vegetales vivos).

El CO₂ es el gas de efecto invernadero con mayor contribución real en el calentamiento global, siendo el gran responsable del fenómeno del Cambio Climático (IPCC, 1996; Slijepcevic, 2001). El sector agropecuario a través de sus actividades de

producción contribuye directamente a la emisión de gases de efecto invernadero. En los sistemas silvopastoriles la fracción forestal contribuye en menor grado.

Cuando se quema materia seca combustible de biomasa vegetal, el dióxido de carbono liberado a la atmósfera es absorbido por las plantas y convertido en carbohidratos y tejidos a través del proceso de fotosíntesis, como parte del ciclo del carbono produciendo un balance natural (BUN-CA, 2002; Lapeyre et al., 2004). De hecho, la cantidad de carbono secuestrado puede ser mayor que el liberado durante la combustión, debido a que en muchas de las especies se quema solo una parte de la planta (biomasa aérea), las raíces, además de estabilizar los suelos, secuestran carbono en su regeneración año tras año.

Bajo la hipótesis de que la emisión del CO₂ generado por la quema prescrita en forma bianual de los pastizales es menor a la captura de CO₂ en la biomasa producida durante el año, se realizó esta experiencia.

OBJETIVOS

El objetivo fue evaluar el efecto de la quema prescrita de un pastizal sobre la emisión y captura de CO₂ en el noroeste de la provincia de Corrientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el año 1997 se estableció un ensayo sobre un pastizal situado en la Estación Experimental Agropecuaria - INTA Corrientes, (27° 39' S y 58° 46' W y 57 m.s.n.m.) ubicada en la región occidental de la Provincia, Departamento de Empedrado, dentro del área ecológica del Albardón Río Paraná. El clima está clasificado como subtropical isohigro sin estación seca (Pappadakis, 1975). La temperatura media anual es de 21°C. El número de horas frío anuales (temperaturas < 10°C) promedian las 250 horas, variando de 100 a 350 horas según los años. Las heladas ocurren entre los meses de Mayo y Octubre, registrándose en promedio 1,4 heladas meteorológicas y 10 agronómicas. Las precipitaciones oscilan entre 798 a 2.130 mm, con un promedio anual de 1.308,2 mm (Serie 1960-2000). La humedad relativa media varía entre 70 % y 75 % (INTA, 2007). El suelo pertenece a la serie Valencia, que se caracteriza por ser muy ácido, de baja fertilidad, drenaje imperfecto, permeabilidad y escurrimiento lento con una profundidad efectiva de raíces de 73 cm. El índice de productividad es 5 y la capacidad de uso es VIw. El uso actual es para ganadería extensiva y en menor escala para el cultivo del arroz (Escobar *et al.*, 1996).

El pastizal estudiado corresponde a una comunidad vegetal del tipo albardón con una productividad promedio de 6.000 kg ha⁻¹ año⁻¹ de biomasa seca disponible, con predominio de *Andropogon*

lateralis (paja colorada) y *Sorghastrum setosum* (paja amarilla). En base a los resultados de trabajos preliminares realizados por Casco (1993), se estudiaron tres frecuencias de quema, con los siguientes tratamientos; T_1 = sin quema; T_2 = quema anual y T_3 = quema bianual. El lote testigo (T_1), corresponde a una parte de la superficie del ensayo que no ha recibido ningún evento de quema por más de 25 años. Establecidas las parcelas, el 20 de agosto 1997, para uniformar la vegetación se desmalezó el tratamiento sin quema (T_1) con una máquina desmalezadora mecánica, con una altura de corte de aproximadamente 15 cm. En la misma fecha los tratamientos T_2 y T_3 fueron quemados. El tratamiento T_2 se quemó en forma anual desde 1997 hasta 2005 (nueve eventos de quema). El tratamiento T_3 se quemó cada 2 años hasta 2005 (cinco eventos de quema). Todos los tratamientos fueron pastoreados después de efectuar los cortes de evaluación con ganado vacuno, se utilizaron animales y régimen de pastoreo del Sistema Experimental de Cría Vacuna (SECV) de la EEA, INTA Corrientes, con una carga animal promedio de 0,50 unidades ganadera ha^{-1} , cuyo criterio de uso fue mantener hasta una disponibilidad de 2500 $kg\ ha^{-1}$ de biomasa acumulada de forraje remanente (Arias Mañotti *et al.*, 2003).

El diseño experimental fue en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las parcelas experimentales tenían una superficie de 2000 m^2 separadas por contrafuegos de 4 m de ancho. Las quemas se realizaron al final de cada periodo invernal. De cada unidad experimental se tomaron muestras de material vegetal en las distintas estaciones del año. En cada estación del año y antes del evento de quema se realizó un muestreo de la parte aérea de la vegetación para determinar la cantidad de materia seca combustible de biomasa aérea. El material vegetal fue tomado de cuatro repeticiones mediante cortes al ras del suelo y recolección del material seco depositado en la superficie del suelo, de un cuadro de 0,25 m^2 . El material cosechado se secó en estufa con circulación de aire forzado a 65 °C hasta peso constante. Se determinó el porcentaje de humedad y disponibilidad de biomasa seca.

Antes de realizar los eventos de quema se monitoreó las condiciones ambientales y se comparó con el protocolo de quema, con los siguientes parámetros: Velocidad del viento: Entre 9 a 24 $km\ h^{-1}$. Humedad relativa del aire: Entre 25 y 40 %. Temperatura del aire: Permaneció entre los 10 y 33° C.

No se realizó la quema con vientos de velocidad superior a 24 $km\ h^{-1}$ y temperatura del aire inferiores a los 10° C. La temperatura del aire ideal para la mayoría de las quemas es entre 20 y 25 °C (Moscovich y Lacorte, 2003)

Cuando las condiciones ambientales fueron propicias según las referencias se quemaron las par-

celas experimentales correspondientes en el mes de agosto (invierno). Para producir la ignición se emplearon antorchas y el fuego fue en sentido contrario al viento predominante. Durante los eventos de quemas se midió la temperatura en la superficie del suelo y a una profundidad de 0,5 y 2 cm y la temperatura de la llama a una altura de 50 cm del suelo, mediante el uso de lápices indicadores de temperaturas (Bernardis, 2008). Se determinó la velocidad de propagación del fuego (Dentoni y Muñoz, 2001).

Después de realizada la quema se recolectaron las cenizas de una superficie de 0,50 x 0,50 m. Se pesaron y determinaron los $kg\ ha^{-1}$ de cenizas producidas en los diferentes tratamientos. Para el tratamiento T_3 se estimó la masa de cenizas en forma anual (masa de cenizas en cada evento dividido dos). Una parte de las cenizas colectadas en las parcelas experimentales fue incinerada en una mufla a 550°C durante 3 horas para determinar el contenido real de cenizas, por el método de la A.O.A.C. (1997). Por diferencia entre la materia seca y el contenido de cenizas se determinó la cantidad de materia orgánica. El carbono del material vegetal es variable y para realizar una estimación se consideró para los pastizales un contenido de carbono del 45 % (Álvarez, 2006).

El cálculo de la emisión y captura de CO_2 por el pastizal, se determinó por medio de aplicaciones matemáticas sencillas, partiendo del peso del carbono presente en la biomasa seca y multiplicándolo por la relación existente entre el peso molecular del CO_2 y el peso atómico del carbono (12); es decir que por cada Kg de carbono encontrado en la materia seca de la biomasa del pastizal cuando se quema completamente emite 3,67 Kg de CO_2 . El CO_2 liberado durante la quema es capturado a través del proceso de fotosíntesis en el siguiente período de crecimiento vegetal. Por cada kg de materia seca producido se ha retirado de la atmósfera 1,65 kg de CO_2 y se ha liberado 1,20 kg de O_2 . De esta forma podemos comparar las emisiones de CO_2 en forma anual. No se consideró la emisión de CO_2 producida por la respiración del pastizal.

Para el cálculo de la cantidad de CO_2 liberado en forma anual se consideró para la quema bianual (T_2) la cantidad de CO_2 liberado dividido 2 (se quema cada 2 años).

Con los datos se realizó un ANOVA y las diferencias entre medias se probaron con test de Tukey ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cantidad de materia seca combustible de biomasa aérea acumulada promedio de 6 años, para los tratamientos y estaciones del año se presentan en la Figura 1. En el momento de la quema (invierno) se registraron valores promedio de: 7.254, 7.516 y

Cuadro 1. Valores registrados de parámetros ambientales y del material combustible durante los eventos de quema de pastizales.

Parámetros	Rango de variación	
	Mínimo	Máximo
Temperatura en la superficie del suelo	280°C	350°C
Temperatura del suelo a 0.5 cm de profundidad	149°C	186°C
Temperatura del suelo a 2 cm de profundidad	59°C	70°C
Temperatura de la llama a 50 cm del suelo	350°C	580°C
Humedad del material combustible	41 %	58 %
Velocidad del viento	9 km h ⁻¹	22 km h ⁻¹
Humedad relativa del aire	40 %	77 %
Velocidad de propagación del fuego	0,3 m min ⁻¹	1,4 m min ⁻¹

Cuadro 2: Dióxido de carbono (CO₂), liberado, capturado, balance anual y energía generada en los eventos de quema de pastizales con manejo del fuego en forma anual y bianual. Datos promedio de 6 años de ensayo.

Componentes	Tratamientos	
	Quema anual	Quema bianual
Kg de CO ₂ liberado ha-1 año	10.199 a	5.152 b
Kg de CO ₂ capturado ha-1 año	12.401 a	7.904 b
Balance de CO ₂ ha-1 año	2.202 b	2.752 a
Energía liberada kJ ha-1 año	111.168 a	56.151 b

Letras distintas en la fila indican diferencias significativas (Tukey, p≤0,05).

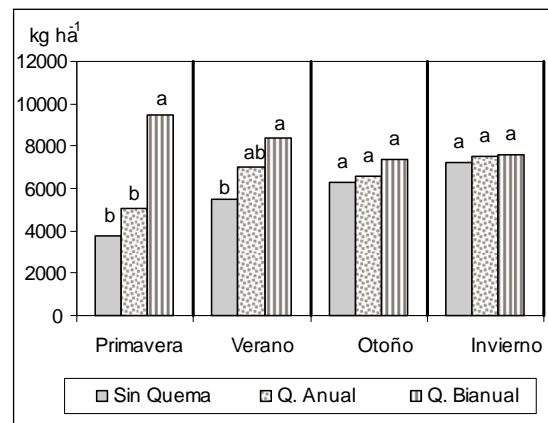
7.588 kg ha⁻¹ respectivamente para los tratamientos T₁, T₂ y T₃.

En el tratamiento con quema bianual, la materia seca de biomasa aérea fue mayor con diferencias significativas (p<0,05) en los muestreos de primavera y verano respecto al testigo. En el resto de las estaciones, las diferencias no fueron significativas (p≥0,05). En el testigo, la materia seca acumulada fue menor que el resto de los tratamientos en primavera y verano. En primavera se registró la mayor acumulación para el tratamiento quema bianual, con 9.500 kg ha⁻¹, incrementando 152 % y 88 %, respecto del testigo y el tratamiento de quema anual respectivamente. La acumulación de biomasa del tratamiento con quema anual fue de 5.055 kg ha⁻¹, sin diferir significativamente del testigo.

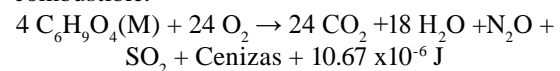
Durante los eventos de quema del pastizal las condiciones ambientales y del material combustible fueron monitoreadas y los resultados obtenidos con sus valores mínimos y máximos se presentan en el Cuadro 1.

Los registros de temperatura a nivel de suelo obtenidos en esta experiencia, fueron similares a los rangos de temperatura presentado por Vargas *et al.* (2004) en trabajos realizado en Perú, quienes observaron que la quema controlada no incrementa sustancialmente la temperatura, y esta observación coincide con lo evaluado por Chancayauri (1999) y Argote (1999) en suelos de otras regiones de pastizales de puna. De acuerdo a estas observaciones de poca variación de la temperatura y en corto tiempo se puede inferir que no tendría efecto negativo sobre la microflora del suelo. El porcentaje de materia orgánica contenida en las cenizas re-

Figura 1. Acumulación de materia seca de biomasa aérea en distintas estaciones del año con pastoreo. Letras distintas indican diferencias significativas (p≤0,05).



manentes, en promedio fueron 17,83 % y 17,78 %, respectivamente para los tratamientos T₂ y T₃. La cantidad de material vegetal que se quemó fue de 6.176 y 6.239 kg ha⁻¹ para los tratamientos T₂ y T₃. Teniendo como base fórmula química del material vegetal dada por Lopez *et al.* (1999) y para poder incorporar la fracción mineral se propone la siguiente ecuación para representar el material combustible:



Donde M representa a los minerales presentes en el material vegetal.

En base a la ecuación presentada, la energía liberada en la combustión por gramo de materia seca de biomasa aérea es de aproximadamente 18 kJ.

Considerando esta relación, el carbono representa un 45.18 %, el hidrógeno un 5.64 % y el oxígeno un 40.16 %. Levine *et al* (1995), Álvarez (2006) consideran que la biomasa aérea de los vegetales contiene aproximadamente un 45 % en peso de carbono.

La cantidad de CO₂ liberado en promedio en forma anual para los eventos de quema se presenta en el Cuadro 2.

En la quema anual, se genera 10.199 kg de CO₂ ha⁻¹ y en el período de crecimiento del pastizal (desde la quema hasta el invierno) captura 12.401 kg de CO₂ ha⁻¹. La emisión de CO₂ en esta experiencia con la quema anual es superior a lo obtenido por Barbosa y Fearnside (2005), quienes obtuvieron 4928,55 kg de CO₂ ha⁻¹ emitidos a la atmósfera después de la quema de pastizales de sabanas y estepas en la Amazonia brasilera. Sin embargo, Kauffman *et al.* (1994) registraron en ecosistemas similares en el centro de Brasil, una emisión a la atmósfera de 11.124,7 kg de CO₂ ha⁻¹. La diferencia entre lo capturado y lo emitido es de 2.202 kg de CO₂ ha⁻¹. En la quema bianual produce en primavera un incremento en la disponibilidad de biomasa aérea de 4.940 kg ha⁻¹, respecto de la quema anual, esto significa que se ha capturado 7.904 kg de CO₂ en forma anual de la atmósfera. Por efecto de la quema bianual libera únicamente 5.152 kg ha⁻¹ la diferencia entre lo capturado y lo emitido es de 2.752 kg de CO₂.

CONCLUSIONES

El CO₂ emitido por efecto de la quema anual o bianual de pastizales es inferior al capturado por los mismos a lo largo del año.

La quema prescripta en forma anual o bianual produce un balance positivo por capturar mayor cantidad de CO₂ que lo emitido durante este evento.

BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C. Official Methods of Analysis .1997. 16th Edition 3rd Revision. Ahlgren, I.F. y Ahlgren, C.E. (1960). Ecological effects of forest fires. Bot. Rev., Vol. 26: 483-533.
- Álvarez, R., Steinbach, H. S., Lavado, R. S. y Gutiérrez Boem, F. H. 2006. Materia Orgánica. Valor Agronómico y Dinámica en Suelos Pampeanos. Editorial Facultad Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 1ª ed. 256 p.
- Argote, G. 1999. Respuesta de la producción primaria, composición florística y valor nutritivo de pastizales dominados por *Calamagrostis antoniana* y *Festuca dolicophylla* a la quema prescripta frontal. Especialidad de Producción Animal. Tesis para optar al grado de Magister Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Arias Mañotti, AA, Goldfarb, M.C., Slobodzian, A. Gimenez, LI, y Nuñez, F. 2003. Variación interanual de la eficiencia de cosecha en pastizales del N.O. de Corrientes. Revista Argentina de Producción Animal Vol 23 Supl 1: 139-140.
- Barbosa, R. I. and Philip, M. F. 2005. Above-ground biomass and the fate of carbon after burning in the savannas of Roraima, Brazilian Amazonia. Forest Ecology and Management. Vol. 216: 295-316.
- Bernardis, A.C. 2008. Evaluación del Impacto ambiental de quemas prescriptas en pastizales en el N.O. de Corrientes. Tesis presentada para optar al grado de Magister en Ingeniería en Calidad. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Resistencia. Maestría en Ingeniería en Calidad. 53 p.
- BUN-CA (Biomass Users Network). 2002. Manuales sobre energía renovable: Biomasa. 1 ed. -San José, C.R. 42 p. il.
- Casco, J.F. 1993. El uso del fuego en los pastizales del N.O. de la provincia de Corrientes. Biología y manejo de fuego en ecosistemas naturales y modificados. Memoria del Seminario Taller. 2, 3 y 4 de Junio de 1993. EEA INTA Santiago del Estero. pp. 139-140.
- Chancayauri, R. 1999. Dinámica de la producción primaria, composición florística y valor nutritivo de pastizales dominados por *Dolichophylla* y *Calamagrostis vicunarium* en respuesta a la quema prescripta frontal. Tesis para optar por el grado de Magister Scientiae de la especialidad de Producción Animal. UNALM.
- Dentoni, M.C. y Muñoz M. 2001. Glosario de Términos Relacionados con el Manejo del Fuego. Plan Nacional de Manejo del Fuego Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental. República Argentina, 30 p.
- Escobar, E.; Ligier, D.; Melgar, R.; Matteio, H. y Vallejos, O. 1996. Mapa de Suelos de la Provincia de Corrientes. 1:500.000. INTA: EEA Corrientes. 432 p.
- FAO. 1996. Principios de Manejo de Praderas Naturales. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – INTA Argentina – y Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 2ª Ed. Santiago, Chile. 273 p.
- Hernández, M.C. y Martínez, A. 2000. Quemadas o incendios. Efectos sobre los recursos naturales. ubdireccion de gestion ambiental http://www.corpochivor.gov.co/cosmos_0100eslrn.htm Cosmos Año 4 / No 13.
- INTA. 2007. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA Corrientes. <http://www.inta.gov.ar/corrientes/index.htm> 08-07-07.
- IPCC 1996. Intergovernmental Panel on Climate Change. Chapter 5: Land Use Change & Forestry. Greenhouse Gas Inventory Reference

- Manual. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Revised Version. London, Vol. 3: 57 p.
- Kauffman, J.; Cummings, D. and Ward, D. 1994. Relationships of fire, biomass and nutrients dynamics along a vegetations gradient in the Brazilians Cerrado. *Journal Ecology*. Vol. 82: 519-531.
- Kunst C. 2001. El fuego como herramienta de manejo del pastizal natural. INTA EEA Santiago del Estero, Argentina. www.produccion-animal.com.ar 6 p.
- Lapeyre, T.; J. Alegre y L. Arévalo. 2004. Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Peru. *Ecología Aplicada*, Vol. 3: 1-2.
- Levine J. S.; Cofer W. R.; Cahoon D. R. y Winstead E. L. 1995. Biomass burning: a driver for global change. *Environmental science & technology* (Environ. sci. technol.) ISSN 0013-936X CODEN ESTHAG *Environmental science and technology*. Vol. 29, Nº3: 120-125.
- López, F.; J. Meléndez y A.J. de Castro. 1999. Los incendios forestales. Aspectos medioambientales y tecnológicos I. *Revista Mensual de Gestión Ambiental*, Nº 12: 27-36.
- Moscovich, F. y Lacorte, S. 2003. Fuego prescripto en el manejo de pastizales. *La Palanca* Vol. 5: 3 – 9.
- Pappadakis, J. 1975. Las áreas subtropicales y sus posibilidades. Delimitación y Regiones ecológicas de Argentina subtropical. *Primeras Jornadas Argentinas y Formoseñas de las Áreas Subtropicales Argentinas*. AACREA y CREA Formosa. pp 8-10.
- Slijepcevic, A. 2001. Loss of carbon during controlled regeneration burns in *Eucalyptus oblicua* forest. *Tasforest*, Vol. 13, Nº 2: 281-290.
- Vargas, D.; Guerra, R. y Morales, J. 2004. Efecto de una quema controlada sobre la población microbiana en suelos con pasturas en la Sais Tupac Amaru – Junin, Perú. *Ecología aplicada*, Vol. 3.