

Factores que controlan la distribución espacio-temporal de los incendios en la región semiárida argentina

Fischer, María de los Ángeles^{1 a}; Di Bella, Carlos M. ^{a, b} y Jobbágy, Esteban G. ^{b, c}

- ^(a) Instituto de Clima y Agua, INTA Castelar,
Los Reseros y Las Cabañas s/n, Hurlingham, Buenos Aires, Argentina.
^(b) Consejo Nacional de Investigaciones Técnicas y Científicas (CONICET),
Avda. Rivadavia 1917, CP, C1033AAJ, Buenos Aires, Argentina
^(c) Grupo de Estudios Ambientales, Universidad de San Luis,
Av. Ejército de los Andes 950, San Luis, Argentina.

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo fue estudiar la distribución espacio-temporal de los fuegos del 2003-2005 en la Región Semiárida de la Argentina, y los factores que la influyen. Se observó una asociación entre los patrones de incendio y el clima, la vegetación, y el uso del suelo. La mayor densidad de incendios se observó en presencia de arbustos (el 63% de los fuegos afectó arbustales), el uso ganadero extensivo (r^2 : 0.58) y los períodos de balance hídrico negativo (primavera-verano) (r^2 : 0.70). Este resultado está asociado al uso del fuego por el hombre como práctica para reducir la vegetación seca acumulada en el invierno, mejorando el recurso forrajero durante la primavera.

Palabras Clave: incendios, sensores remotos, distribución espacio-temporal.

ABSTRACT

The principal aim of this research was to study the spatial-temporal distribution of fires during 2003-2005, in the Semiarid Region of Argentina, and to analyze the principal factors which influence them. An association was observed between fire patterns and climate, vegetation type and land use. Shrublands (concentrated 63% of fires) with the extensive livestock (r^2 : 0.57), during the negative water balance periods (spring-summer) (r^2 : 0.70), were those places mostly affected by fires. This result is associated to the human use of fires to reduce the dry vegetation accumulated during the winter, increasing the forage resource availability during spring.

Keywords: fires, remote sensors, spatial-temporal patterns.

Introducción

El fuego es uno de los factores más importantes que modifican los ecosistemas terrestres. En la Argentina, el fuego ocasiona importantes cambios en los recursos naturales utilizados por el hombre. La Región Semiárida actualmente concentra el 70% del total de fuegos detectados en el país (Amaya et al., 2002).

La teledetección es una de las principales herramientas utilizadas para el estudio del me-

dio ambiente. En el estudio de los incendios puede ser usada con aplicaciones previas a la ocurrencia del fuego (Chuvienco et al. 1990) entre los cuales podemos encontrar la elaboración de mapas de riesgo de incendios (López et al. 1991; González Alonso et al. 1997; Calle et al. 2000), durante el desarrollo de los mismos con aplicaciones relacionadas a la detección de incendios y áreas quemadas (Arino & Melinotte

¹ Contacto autor: Te: 54 11 46210125 Fax: 54 11 46215663

Correo electrónico: afischer@cnia.inta.gov.ar

Copyright: Instituto de Clima y Agua, INTA Castelar, Buenos Aires, Argentina- (B1712WAA)

1998; Gonzalez Alonso et al. 1996; Giglio et al. 1999; Prins & Schmetz 1999), y finalmente, posteriores al paso del mismo que principalmente se asocian al estudio de la recuperación de la cobertura vegetal (Andreae 1998; Gandía & Meliá 1991; Levine 1996; Calle et al. 2000).

El objetivo principal de este trabajo fue estudiar los patrones espacio-temporales de los fuegos en la Región Semiárida de la Argentina en el período 2003-2005. Y asociarlos a tres factores: vegetación, clima y uso del suelo.

Materiales y Métodos

Área de Estudio

Se seleccionaron 4 provincias (Córdoba, La Pampa, Mendoza y San Luis) ubicadas en la Región Semiárida. Esta área de estudio posee una gran variabilidad climática, topográfica y de la vegetación (Cabrera & Willink, 1973), y concentra gran parte de los incendios del país.

Incendios detectados

Se utilizaron cartografías diarias de los focos de calor detectados por el sensor de MODIS durante el período 2003-2005 (CONAE); con una resolución espacial de 1 km².

Vegetación

Se utilizó la cartografía GLC2000 (Eva et al., 2004), con una resolución espacial de 1 km², el cual provee información acerca de los usos y coberturas del suelo para el año 2000.

Regiones Ecológicas

Se empleó un mapa de las Regiones Ecológicas a escala mundial propuesto por Olson *et al.* (2001).

Información Meteorológica

La información meteorológica diaria fue obtenida a partir de 15 estaciones meteorológicas (Inst. Clima y Agua, INTA Castelar). Las variables analizadas fueron: precipitación (mm), temperatura máxima, media y mínima (°C).

Uso del Suelo

La información del uso del suelo se obtuvo a partir de Estadísticas Nacionales a escala de departamento (SAGPYA). La variable analizada fue la proporción de tierras agrícolas.

Extracción y Análisis de Datos

Las capas de información fueron asociadas en un *Sistema de Información Geográfico*. A partir del uso de Áreas de Interés (AOI, sigla en inglés), se obtuvo información espectral y complementaria de cada píxel afectado por un foco de calor, y de la superficie total afectada por cada incendio. Para identificar los incendios, como evento que involucran uno o más píxeles, se tuvo en cuenta la fecha de detección y la ubicación geográfica. Píxeles contiguos en los

que se detectaron focos de calor en la misma fecha, fueron considerados como parte del mismo evento de incendio.

Las variables estudiadas fueron: a) fecha de ocurrencia, b) ubicación geográfica (latitud y longitud), c) tipo de vegetación afectada, d) región ecológica, y e) uso del suelo.

Resultados y Discusión

Distribución Temporal

Se observó una diferencia entre la frecuencia interanual de los focos de calor y la frecuencia de incendios (fig. 2). Este patrón podría asociarse al nivel de propagación de los disturbios. En el 2003, la cantidad de incendios fue menor que en el 2004 y 2005, sin embargo las superficies quemadas por cada uno fueron significativamente mayores. El balance hídrico es una de las variables estudiadas que pueden explicar la variabilidad interanual de los incendios (Di Bella *et al.*, 2006). Utilizando la ecuación de Thornthwaite & Mather (1955) se observó que años con un déficit hídrico mayor, fueron más afectados por incendios (fig. 3). Sin embargo, al considerar el número de focos de calor, esta relación fue opuesta. A partir de este resultado se podría inferir que las condiciones de sequía promueven la ocurrencia de incendios pero no necesariamente el nivel de propagación que alcanzan.

La distribución mensual de los focos de calor mantuvo un patrón constante a lo largo del período de estudio. La mayor concentración de focos se observó durante las estaciones de primavera-verano, presentando picos de mayor densidad en los meses de septiembre y noviembre (fig. 4). Este patrón podría relacionarse a las causas de ignición y a las condiciones ambientales que caracterizan este período. La mayor parte de los fuegos son originados por el hombre, usándose principalmente a inicios de primavera, para reducir la biomasa vegetal seca acumulada durante el invierno. Por su parte, las condiciones ambientales, altas temperaturas acompañadas de bajas precipitaciones, favorecen un déficit hídrico mayor que causa el aumento del riesgo de fuego (r^2 : 0.70) (fig. 4).

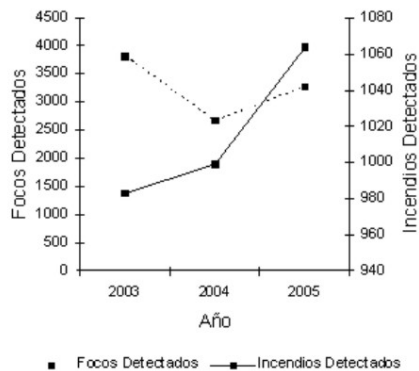


Fig. 2. Frecuencia interanual de focos de calor y de incendio en tres años de estudio: 2003, 2004, 2005

Distribución Espacial

La mayor densidad de incendios se concentró en forma de arco en la parte central de la región (fig. 6). Para explicar este patrón, se analizaron tres factores: regiones ecológicas, tipos de vegetación y uso del suelo. En primer lugar, se observó que la distribución espacial de las regiones ecológicas del Chaco Seco y del Espinal pueden ser asociadas a la distribución espacial de los focos de calor (Amaya et al., 2002). Ambas regiones se ubican en la diagonal semiárida de Argentina, dominadas por especies leñosas, herbáceas y arbustivas. Sin embargo, fue este último el tipo de vegetación predominante, que concentró la mayor densidad de fuegos del área (fig. 5) (Amaya et al., 2002). La relación entre la presencia de arbustos y la ocurrencia de fuegos podría ser estudiada desde dos puntos de vista: como un factor que promueve ocurrencia y propagación del fuego, o como resultado de los efectos de este disturbio. Las tierras ocupadas por arbustales son normalmente utilizadas para la cría de ganado, donde el fuego es empleado como una práctica para aumentar la capacidad productiva. Asimismo, estos tipos de vegetación son los que comúnmente prevalecen después del paso del fuego. La presencia de arbustales puede considerarse entonces, como un factor de retroalimentación del fuego.

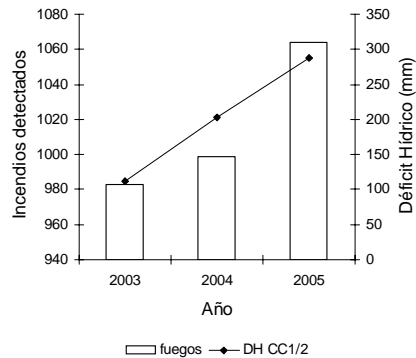


Fig. 3. Frecuencia de incendios detectados y Déficit Hídrico por año.

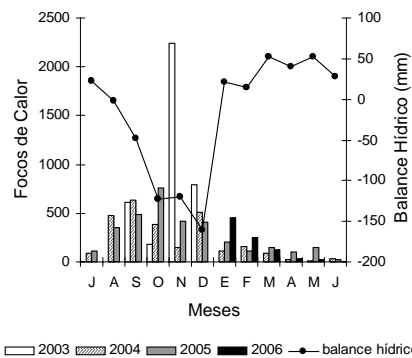


Fig. 4. Distribución mensual de los focos de calor detectados por año de estudio.

El uso del suelo es el otro factor analizado que influencia la distribución espacial de los fuegos. Se asoció la proporción de tierras agrícolas y la densidad de fuegos para cada departamento provincial (fig. 6). En San Luis y La Pampa, las provincias con mayor déficit hídrico, la relación entre la superficie no agrícola y la densidad de fuegos fue positiva ($r^2: 0.57$) (Di Bella et al., 2006). La causa podría estar relacionada a la actividad principal, la ganadería basada en el uso de forrajes nativos. En esta actividad, el fuego es considerado una herramienta útil para reducir la biomasa senescente y favorecer el rebrote de la vegetación; en otros términos, para aumentar la calidad del forraje para el ganado.

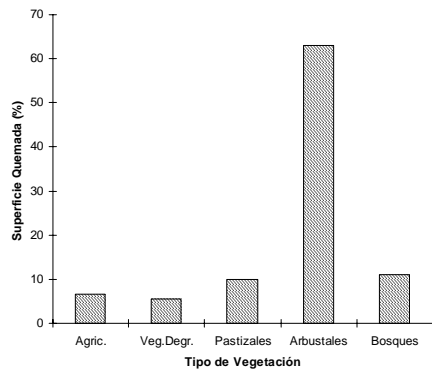


Fig. 5. porcentaje de superficie incendiada por tipo de vegetación durante el período de estudio.

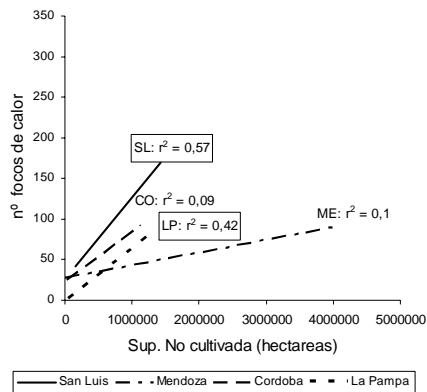


Fig. 6. Relación entre el número de focos de calor detectados y la superficie no agrícola para cada una de las provincias estudiadas durante el período completo de estudio.

Distribución Espacio-Temporal

Se observó un patrón espacio-temporal de ignición. Los fuegos más tempranos, ocurridos a fines de invierno-principios de primavera (agosto, septiembre, y octubre), se localizaron en el área nordeste. Sin embargo, los incendios más tardíos, ocurridos al final de la estación de ve-

rano o principios de otoño, se concentraron en el área del sudoeste (fig. 6). Estos resultados coinciden con los encontrados por Di Bella (2006) en América del Sur.

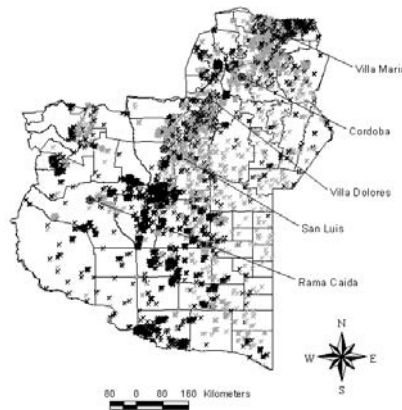


Fig. 7. Distribución espacial de los focos de calor detectados en Agosto, Septiembre y Octubre (cruz gris) y Noviembre, Diciembre y Enero (cruz negra).

El comportamiento y la distribución espacio-temporal de los fuegos pueden ser influenciados por factores diferentes como el clima, la vegetación, y la topografía. Se analizó la relación espacial entre el balance de agua y la frecuencia de focos de calor. Para ello, se seleccionaron estaciones meteorológicas localizadas en una transecta en sentido noreste-sudoeste (NE-SO) (Fig. 7). Como resultado, se observó una relación débil entre el balance hídrico y la cantidad de focos en el nordeste, haciéndose más fuerte dicha relación hacia el sudoeste de la región (Tabla 1). Podemos deducir que la influencia del clima es más importante en el sudoeste que en el noreste, posiblemente asociándose a los aumentos de aridez en tal sentido. En las regiones del sur, la escasez de agua es uno de los factores más importantes que influyen en la ocurrencia de fuego; cuando el déficit de agua es mayor, la probabilidad de ocurrencia

Tabla 1. Los coeficientes de la relación entre el Balance Hídrico (BH) y los focos detectados mensuales en cada departamento dónde se localizaron las estaciones meteorológicas.

PROVINCIA	EST. METEO.	DEPTO	r^2 (BH-F)
Córdoba	Villa María	Río Seco	
Córdoba	Córdoba	Capital	
Córdoba	Villa Dolores	San Javier	
San Luis	San Luis	La Capital	
Mendoza	Rama Caída	San Rafael	

Conclusiones

Nuestro trabajo se basó en una descripción básica de los patrones de ocurrencia de incendios en la Región Semiárida Argentina, y de la importancia relativa de los factores biofísicos y antrópicos que los influyen.

La cuantificación de los efectos e interacciones entre la vegetación quemada y una serie de factores naturales y humanos como el clima, la estructura del canopy, el uso del suelo o el manejo de las tierras, puede ser una herramienta muy poderosa para la asignación de los recursos destinados al control del fuego y a la reducción de los efectos indeseados que ocasionan sobre el medio ambiente.

Agradecimientos

Agradecemos la ayuda Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) CRN-2031 apoyado por la US National Science Foundation (Grant GEO-0452325). Y al Área de Teledetección y SIG, del Instituto de Clima y Agua de INTA Castelar, en especial a Patricio Orichio y Nicolás Mari.

Referencias

- Amaya, J., Merenson, C., Esper, J., Chiavassa, S., Calisalla, J., Rubieti, C. 2002. Estadística de Incendios Forestales. Edit. Sec. de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Ministerio de Desarrollo Social [online]. Available from Internet. URL: www.medioambiente.gov.ar. Visitado 2004-2006.
- Andreae M.O., Andreae T.W., Anne-garn H., Beer J., Cachier H., LeCanut P., Elbert W., Maenhaut W., Salma I., Wienhold F.G. & Zenker T. 1998. «Airborn studies of aerosol emissions from savanna fires in southern Africa: 2. Aerosol chemical composition». *Journal of Geophysical Research*. 103: 32119-32128.
- Arino, O. & Melinotte, J. M. 1998. «The 1993 Africa fire map». *International Journal of Remote Sensing*, 19: 2019-2013.
- Cabrera, A.L., Willink, A. 1973. *Biogeografía de América Latina*. Monografía N° 13, Serie Biología, Organización de Estados Americanos, Washington, US.
- Calle J.L., Casanova, Romo & Gonzalez Alonso, F. 2000. «An operational system for the forest FIRE risk assesment by jeans of NOAA images». 21st Century: Economic and Enviromental Applications. Ed: Casanova.
- Balkema, Róterdam, ISBN 90 58 09 096 5. España.
- Chuvienco, 1990 E. «Chuvienco, Fundamentos de teledetección espacial». Edit. by Chuvienco, E., RIALP, Madrid, pp 453.
- CONAE, Focos de Calor MODIS-CONAE [online] Available from Internet. URL: http://www.conae.gov.ar/jgm2/jgm_n.html. Visitado 2004-2006.
- Di Bella, C.M., Jobbágy, E.G.; Paruelo, J.M. and Pinnock, S. (2006) Continental fire density in South America. *Global Ecology and Biogeography* 15 (2): 192-199
- Eva, H.D., Belward, A.S., De Miranda, E.E., Di Bella, C.M., Gond, V., Huber, O., Jones, S., Sgrenzaroli, M., Fritz, S. 2004. A land cover map of South America. *Global Change Biology*. 10, 1-14, Blackwell Publishing Ltd.
- Gandía S. & Meliá J. 1991. «La teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales. Recursos Renovables: Agricultura». Universidad de Valencia, Unidad de Teledetección, Depto. de termodinámica. Valencia, España.
- Giglio L., Kendall J.D. & Justice C. 1999. «Evaluation of global detection algorithms using simulated AVHRR infrared data». *International Journal of Remote Sensing*, 20 (10): 1947-1985.
- González Alonso F., Cuevas J.M., Casanova J.L., Calle A. & Illera P. 1996. «A forest fire risk assessment using NOAA AVHRR images in the Valencia area, eastern Spain». *Laboboratorio de Teledetección, CIT-INIA, Madrid, España*.
- González-Alonso, F., Cuevas, J.M., Casanova, J.M., Calle, A. & Illera, P. 1997. «A forest fire risk assessment using NOAA-AVHRR images in the Valencia area, eastern Spain». *International Journal of Remote Sensing*, 18, (10), 2201-2207.
- Levine, J.S. 1996. «Biomass Burning and Global Change». Vol.1 Edit. By Levine, J.S.
- López S., González F., Llop R. & Cuevas J.M. 1991. «An evaluation of the utility of NOAA/AVHRR images for monitoring forest FIRE risk in Spain». *International Journal of Remote Sensing*. Vol 12, pp 1841-1851.
- Olson, D., Dinerstein, E., Wikramanayake, E., Burgess, N., Powell, G., Underwood, E., D'Amico, J., Itoua, I., Strand, H., Morrison, J., Loucks, C., Allnut, T., Ricketts, T. Hura, Y., Lamoreux, J., Wettengel, W., Hedao, P., Kassem, K. 2001. *Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth*. *BioScience*. Vol. 51 No. 11.

- Prins, E. & Schmetz J. 1999. «Diurnal active fire detection using a suite of international geostationary satellites». GOFCC Forest Fire Monitoring and Mapping Workshop, JRC, Ispra, Italy, 3-5 November, 1999.
- SAGPYA, Estadísticas Nacionales de uso de la tierra [online]. URL: <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/>. Visitado 2004-2006.
- Thornthwaite, C.W., Mather, J.R. 1955. The water balance. Publication in Climatology, New Jersey: Drexel Inst. of Technology, 1955. 104 p.
- Tukey, J. W. 1977. Exploratory Data Analysis. Addison-Wesley, Publishing Company, Inc. USA. Library of Congress Catalog Card No. 76-5080.