



Focos de calor en Santiago del Estero: su comportamiento en 21 años de estudio

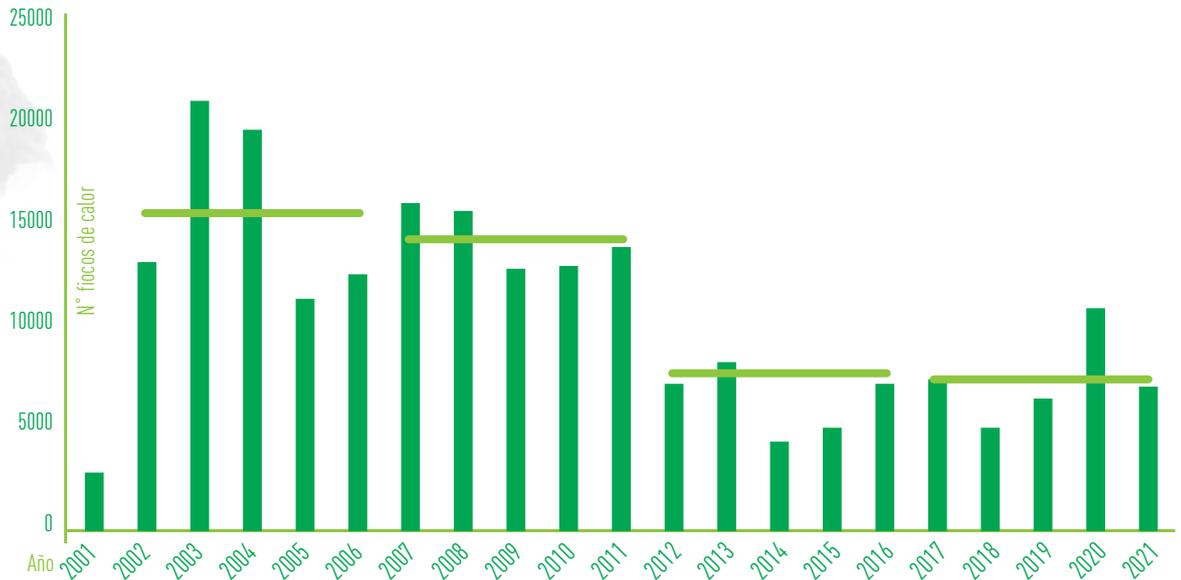


Figura 1. Focos de calor MODIS detectados por año (barra verde oscuro). Promedio de focos de calor anual por lustro 2002-2006, 2007-2011, 2012-2016, 2017-2021 (línea verde claro).



Fischer María de los Ángeles¹,
Oricchio Patricio²,
Beltrán Natalia R.³

fischer.maria@inta.gob.ar

Introducción

Los incendios son fenómenos capaces de modelar los paisajes (DellaSala y Hanson, 2015). En la región Chaqueña de Argentina, son eventos ecológicos recurrentes (Di Bella et al., 2006; Di Bella et al., 2011; Kunst, 2011; Fischer et al., 2012) y son favorecidos en parte por la combinación de condiciones propicias, como la alta disponibilidad de biomasa vegetal, la presencia de tipos de vegetación vulnerables o la escasez de precipitaciones, entre otros. En esta región, cuando la biomasa vegetal no es consumida o removida tiende a acumularse debido a la falta de condiciones adecuadas para su degradación natural, convirtiéndose en combustible propicio para la ocurrencia y propagación de incendios (Zerda, 2009, Fischer et al., 2015).

Por su parte, en la región Chaqueña en las últimas décadas se han producido grandes cambios en el uso del suelo que generaron modificaciones en la biodiversidad, la inflamabilidad

de las coberturas vegetales y, por lo tanto, en el patrón de distribución espacial de los incendios (Zerda et al., 2014). De los 20,7 millones de hectáreas de bosques chaqueños en Argentina (SAYDS, 2007), Santiago del Estero presenta un importante porcentaje de esos bosques que han sufrido cambios significativos (Zerda, 2016).

En ese sentido, la información satelital es una gran aliada para estudiar los incendios a escalas regionales, con datos disponibles desde hace más de 20 años y con una frecuencia diaria de muestreo. Los focos de calor, por ejemplo, permiten detectar anomalías de temperaturas muchas veces asociadas a la presencia de incendios en el terreno. Estos datos, conjuntamente con información complementaria (como vegetación o variables meteorológicas, etcétera), permiten estudiar algunas condiciones previas y posteriores a la ocurrencia de cada foco (Fischer et al., 2015).

¹Ing. Agrónoma, Mgtr. en Recursos Naturales. Instituto de Clima y Agua, CIRN, INTA, Buenos Aires, Argentina,

²Téc. del Instituto de Clima y Agua, CIRN, INTA, Buenos Aires, Argentina

³Téc. Universitaria en Viveros y Plantaciones Forestales. Santiago del Estero, Argentina.

Palabras clave:
Incendios
Meteorología
Cambio de uso del suelo

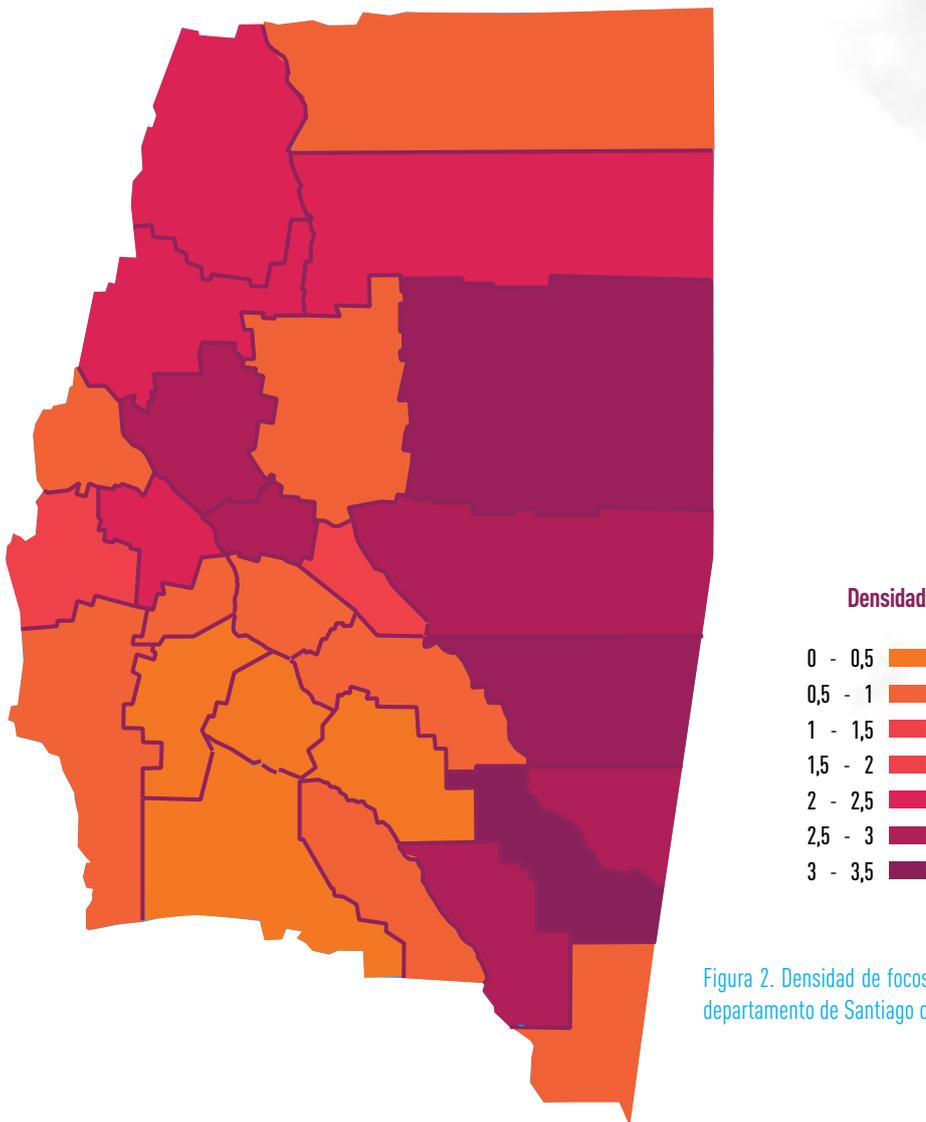


Figura 2. Densidad de focos de calor (n°/km²) por departamento de Santiago del Estero.

Objetivos

El objetivo principal fue estudiar la frecuencia histórica de focos de calor en Santiago del Estero desde el 2001 al 2021, analizando su distribución espacio-temporal, y su relación con las variables meteorológicas de precipitación y temperatura, y con los tipos de coberturas detectados año a año.

Metodología

El área de estudio comprendió a la provincia de Santiago del Estero, con una superficie de 136.351 km² del Distrito Chaqueño Occidental (Cabrera, 1971). Según la clasificación de Köppen-Geiger, el clima es semiárido, presenta déficits hídricos durante casi todo el año y las lluvias son estivales.

Bases de datos usadas

Focos de calor. Se descargaron los focos de calor diarios de 1km² detectados por el sensor MODIS (Collection 6.1) a bordo de los satélites Terra y Aqua, desde el 01/01/2001 al 31/12/2021 (fuente: <https://firms.modaps.eos-dis.nasa.gov/>).

Datos meteorológicos. Se descargaron los valores de precipitación diaria de las estaciones meteorológicas INTA de Santiago Del Estero con disponibilidad de datos (La María, Jumial Grande, Quimilí, Bandera, Los Juríos y La Colonia) (fuente: <https://siga.inta.gob.ar/>).

División política. Se utilizaron vectores departamentales del Instituto Geográfico Nacional (fuente: <https://www.ign.gob.ar/>). Los 27 departamentos se agruparon en 3 regiones: a) la región norte (Alberdi, Copo, Jiménez y Pellegrini), b) la región centro (Banda, Capital, Figueroa, Guasayán, Moreno, Rio Hondo, Robles, San Martín, Sarmiento y Silípica) y c) la región sur (Aguirre, Atamisqui, Avellaneda, Belgrano, Choya, General Taboada, Juan Felipe Ibarra, Loreto, Mitre, Quebrachos, Rivadavia y Salavina).

Cobertura vegetal. Se descargaron mapas de biomas anuales desde el 2000 al 2019 realizados en base a imágenes satelitales Landsat con resolución espacial de 30 m (fuente: <https://chaco.mapbiomas.org/>).



Procesamiento y análisis de la información

A través de un sistema de información geográfico elaborado en el programa de procesamiento de información QGIS se extrajo información de focos de calor por departamento y tipo de cobertura anual. La frecuencia y densidad de focos de calor fue asociada a los valores de precipitación y de coberturas anuales a través de bases de datos en Excel®. Asimismo, se realizaron análisis estadísticos descriptivos temporales y espaciales.

Resultados

Santiago del Estero concentró 216.110 focos de calor en los 21 años de estudio. La mayoría se detectó en los primeros años llegando a su máximo en el año 2003 con más de 20 mil focos (Figura 1). Posteriormente, se observó una reducción de los focos anuales hacia el 2021. Mientras, que la década 2002-2011 mostró un promedio anual de 14.6 mil focos, en la década 2012-2021 ese promedio fue de 6.7 mil focos, aproximadamente 50% menos. Más del 75% de los focos fueron detectados en los meses invernales y primaverales coincidente con reportes y estadísticas oficiales de incendios (Fuentes: DNDFI, SNMF).

Como resultado, Santiago del Estero mostró una disminución de la densidad de focos de calor desde el noreste hacia el sudoeste (Figura 2). Los departamentos con mayor densidad de focos de calor (n°/km^2) fueron Aguirre, Moreno y Taboada, mientras que los de menor densidad fueron Loreto, Atamisqui y Ojo de Agua. La región norte acumuló una densidad de focos ($0,085$ focos/ $km^2.año$) superior en un 15% a la región centro y en un 24% a la región sur. A lo largo de los años de estudio las tres regiones disminuyeron su densidad promedio de focos de calor año a año; sin embargo, en la región sur los focos de calor comenzaron a disminuir desde el año 2004, mientras que las regiones norte y centro la disminución sostenida se observó desde el año 2012. Si bien, la disminución en los focos en la zona sur fue más temprana, en los últimos cinco años estos departamentos mostraron una densidad promedio similar a las demás regiones.

En cuanto a las precipitaciones, los focos de calor mensuales se relacionaron significativamente con las lluvias acumuladas durante 4

Tipo de cobertura	2002-2011	2012-2021	% Cambio
Leñosas Cerradas	47849	24228	-49,4
Leñosas Abiertas	19984	4970	-75,1
Leñosas Inundables	621	45	-92,8
Leñosas Cultivadas	14	39	178,6
Pastizal Inundable	10988	7598	-30,9
Pasturas	8526	7547	-11,5
Cultivos Anuales	47966	16554	-65,5
Áreas no Vegetadas	959	475	-50,5
Cuerpos de Agua	48	52	8,3
Cultivos Arbustivos	2	15	650,0
Pastizal Abierto	1975	740	-62,5
Pastizal Cerrado	8524	4950	-41,9
Pastizal Disperso	22	11	-50,0
Leñosas Dispersas	71	20	-71,8

Tabla 1. Focos de calor detectados durante dos décadas: 2002-2011 y 2012-2021, y su porcentaje de cambio de una a otra para cada tipo de bioma.

meses previos (sumatoria de precipitaciones mensuales). A medida que fue menor la precipitación acumulada en ese período, mayor fue la cantidad de focos detectados posteriormente, mostrando una relación significativa exponencial entre las variables ($p < 0.05$).

En cuanto a las coberturas vegetales, el 33.55% de los focos de calor se observaron sobre Leñosas Cerradas, seguidos por el 30% de los focos sobre Cultivos Anuales. El resto de los biomas mostraron un porcentaje de focos inferior al 12%. No obstante, al observar la densidad, es decir, el número de focos de calor por unidad de superficie, las clases Pastizal Disperso y Leñosas Inundables fueron las que mayor densidad promedio anual presentaron seguidos por Pastizal Abierto y Leñosas Cultivadas. A lo largo de los 20 años de estudio, las Leñosas Inundables, Leñosas Abiertas y Leñosas Dispersas mostraron una reducción de más del 70% de los focos en la segunda década (Tabla 1). Los cultivos arbustivos, las leñosas cultivadas y los cuerpos de agua (probablemente humedales o zonas bajas) mostraron un aumento de los focos hacia la última década.

Además, un 36.6 % de los focos de calor (alrededor de 70 mil) se detectaron en sitios donde hubo cambios en el uso del suelo (Tabla 2). De esos focos, la mayor parte se asociaron a cambios desde Leñosas Cerradas hacia Cultivos Anuales.



Años	Focos de calor con Cambio en el uso	Pasturas a Cultivos Anuales %	Cultivos Anuales a Pasturas %	Leñosas Cerradas a Cultivos Anuales %	Leñosas Cerradas a Leñosas Abiertas %	Pastizal cerrado a Cultivos anuales %
2001	849	2,6	4,9	24,1	3,7	9,3
2002	4138	3,5	2,1	23,3	13,2	11,5
2003	8090	3,7	4,1	29,7	17,5	6,8
2004	7715	1,6	6,1	26,3	16,0	8,6
2005	4366	3,3	7,6	18,6	10,0	7,3
2006	4313	5,1	5,3	20,2	13,0	4,8
2007	6087	7,5	10,1	14,8	8,8	4,9
2008	6002	5,3	5,7	19,5	10,8	5,6
2009	4841	13,1	5,5	19,6	8,0	3,7
2010	5166	9,2	5,1	11,5	6,9	4,3
2011	4913	10,4	11,2	14,4	7,1	4,5
2012	2398	9,8	5,9	14,3	7,2	4,3
2013	2886	7,7	5,1	17,6	6,2	4,3
2014	1514	7,0	8,9	17,5	2,0	1,1
2015	1638	5,8	9,3	8,5	1,7	6,4
2016	2055	17,2	5,6	16,4	3,1	4,8
2017	2035	16,1	3,9	18,3	3,5	5,7
2018	1150	15,7	2,6	16,5	2,6	2,5

Tabla 2. Focos de calor por año detectados en sitios donde cambió el uso del suelo. Proporción (%) de focos de calor de acuerdo al cambio de cobertura: pasturas a cultivos anuales, leñosas cerradas a cultivos anuales, leñosas cerradas a leñosas abiertas y pastizal cerrado a cultivos anuales.

Conclusiones

De acuerdo con los focos de calor detectados en la provincia de Santiago del Estero se observó una importante disminución en las detecciones en los últimos 10 años, lo que podría indicar una disminución en el tamaño de los incendios registrados ya que las estadísticas oficiales no muestran una reducción en el número de incendios (Fuente: <http://datos.gob.ar/>). La región sur de la provincia fue la que más redujo la densidad de focos, logrando así reducir las densidades en un 41%.

Por su parte, se advierte que las precipitaciones acumuladas tuvieron una relación significativa con la cantidad de focos detectados, mientras

que la temperatura no mostró una relación evidente con la frecuencia de focos. También, más de un 30% de los focos fueron detectados donde hubo cambios en la cobertura vegetal, desde el año previo a la detección del foco al año posterior a su ocurrencia. Estos cambios se produjeron principalmente desde áreas de bosques hacia áreas cultivadas.

Dichos resultados permiten comprender la distribución espacio-temporal de los focos de calor durante 21 años en Santiago del Estero, como punto de partida para seguir conociendo los factores ambientales que los favorecen y los cambios que ocasionan.

Bibliografía

Cabrera, A. J. (1971). Territorios fitogeográficos de la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 14(1-2), 42 págs.
 DellaSala, D. A., Hanson, C. T. (2015). *The Ecological Importance of Mixed-Severity Fires*. DellaSala D.A & Hanson C. T. (eds) Elsevier Inc. ISBN 978-0-12-802749-3.
 Di Bella, C. M., Jobbágy, E. G., Paruelo, J. M., Pinnock, S. (2006). Continental fire density in South America. *Global Ecology and Biogeography* 15 (2): 192-199.
 Di Bella, C. M., Fischer, M. A., Jobbágy, E. G. (2011). Fire patterns in northeastern Argentina: influences of climate and land use/cover. *International Journal of Remote Sensing* 32: 4961-4971.

Fischer, M. A., Di Bella, C. M., Jobbágy, E. G. (2012). Fire patterns in central semiarid Argentina. *International Journal of Arid Environments* 78: 161-168.
 Fischer, M. A., Di Bella, C. M., Jobbágy, E. G. (2015). Influence of fuel conditions on the occurrence, propagation and duration of wildland fires: A regional approach. *Journal of Arid Environments* 120: 63-71.
 Kuntz, C. (2011). Ecología y uso del fuego en la región chaqueña. *Argentina Ecología y uso del fuego en la región chaqueña. Boletín del CIDEU* 10: 81-105. ISSN 1885-5237.
 SAYDS. (2007). Informe sobre deforestación en Argentina. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Dirección de Bosques, Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal. Ar-

gentina. 10 p.
 Zerda, H. R. (2009). Quemadas e incendios en el proceso de cambios de usos de la tierra en la provincia de Santiago del Estero. p. 275-294. En: *Cambios y problemas ambientales: perspectivas para la acción* (Eds. Gianuzzo, A. N. y Ludueña, M. E.). UNSE, Ed. Brujas, 470.
 Zerda, H. R., Tiedemann, J. L., Savino, C., Del Corro, F., Arias Ferreyra, M., Sacundo, V. (2014). Día del SIG 2014, aplicaciones de los SIG, trabajos del SIGLQ. Edición 1. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Hugo R. Zerda (ed). 55 págs.
 Zerda, H. R. (2016). Bosques y deforestación. *Quipu Forestal. Colegio de Graduados en Ciencias Forestales. Santiago del Estero, Argentina.* ISSN 2422-7560. No. 2, p.30.