

## Teledetección de quema de cañaverales en la provincia de Tucumán (Argentina) mediante sistema MODIS

M. Javier Tonatto\*, Juan Fernández de Ullivarri\*, Juan M. Alonso\* y Eduardo R. Romero\*

### RESUMEN

En Tucumán, Argentina, una práctica generalizada en el cultivo de la caña de azúcar es la quema de cañaverales previa a la cosecha o la de sus residuos en poscosecha. La Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), ofrece una herramienta para la teledetección de focos de fuego a través de "mapas de focos de calor" generados por los sistemas satelitales TERRA y AQUA MODIS pertenecientes a la NASA. El propósito de este trabajo fue realizar una aplicación de esta información para el registro de focos de fuego en el área cañera de Tucumán, generando una base de datos y estadísticas de la ocurrencia de quema de cañaverales para los períodos de zafra durante los años 2004, 2005 y 2006. Además, se efectuaron validaciones en campo para evaluar su potencial empleo como un sistema de monitoreo de fuegos en áreas agrícolas y otros recursos naturales. En todos los casos, septiembre fue el mes con la mayor ocurrencia de fuegos y Cruz Alta, el departamento con el mayor registro de focos de fuego. Además se observó una tendencia creciente en el uso de la quema previa o posterior a la cosecha.

**Palabras clave:** sensores remotos, focos de fuego, caña de azúcar.

### ABSTRACT

#### Sugarcane burning teledetection through MODIS system in Tucumán (Argentina)

A generalized agricultural practice in Tucumán, Argentina, is pre-harvest sugarcane burning or burning of its post harvest residues. The Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) offers a tool for fire occurrence teledetection using thermal anomalies maps, generated by NASA TERRA and AQUA MODIS satellite systems. This information was used for fire registration on sugarcane cultivation area, generating a database and statistics of sugarcane burning during the harvesting period from 2004 to 2006 in Tucumán. Moreover, an attempt to validate the potential use of this tool as a fire monitoring system in agriculture and natural resources areas was carried out. September was the month with major number of fire occurrences in all considered cases and Cruz Alta was the location with most fire records. The use of pre or post harvest burning evidenced a tendency to increase.

**Key words:** remote sensing, fire occurrence, sugarcane.

---

\* Sección Caña de Azúcar, EEAOC. [agronomia@eeaoc.org.ar](mailto:agronomia@eeaoc.org.ar).

## INTRODUCCIÓN

El incremento en la disponibilidad de imágenes provenientes de sensores remotos, adquiridas periódicamente por satélites sobre una misma región geográfica, permite realizar análisis de distintos fenómenos, tales como la ocurrencia de focos de fuego.

El uso del fuego en las actividades agrícolas constituye un agente de cambio ambiental con impactos tanto locales como globales, ejerciendo una fuerte influencia en los procesos de los ecosistemas, afectando la estructura y composición de la vegetación (Roy *et al.*, 2005).

Una práctica de uso frecuente en el cultivo de la caña de azúcar es la quema de cañaverales previo a la cosecha (con el objetivo de disminuir el componente vegetal indeseable) o la de sus residuos en poscosecha (para evitar daños en brotes por quemaduras accidentales). Este fenómeno adquiere relevancia en Tucumán, ya que cuenta con una superficie cosechable con caña de azúcar de 203.170 ha que presenta una tendencia creciente (EEAOC, 2007).

Sin embargo, existen una conciencia y necesidad crecientes a nivel mundial de disminuir el impacto de las actividades agrícolas en el ambiente. La provincia de Tucumán, a través de la entrada en vigencia de la ley N° 7459, que prevé la disminución gradual de la quema de cañaverales (5% anual) y la creación de un registro de productores que empleen esta práctica, se ha adherido a estos criterios.

A través de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), existe una herramienta de libre acceso para la teledetección de anomalías térmicas que incluye la detección de focos de fuego, y la de fuentes de alta temperatura (plantas energéticas, por ejemplo). Esta información se obtiene a través de los denominados "mapas de focos de calor", construidos a partir de los registros de sensores térmicos de los sistemas satelitales TERRA y AQUA MODIS, pertenecientes a la NASA.

El objetivo de este trabajo fue realizar una aplicación de dicha información para la detección de focos de fuego en el área cañera de la provincia de Tucumán, Argentina, generando estadísticas de la ocurrencia de quema de cañaverales para los períodos de zafra durante los años 2004, 2005 y 2006. Además, se validó su potencial empleo como un sistema de monitoreo del uso de fuego en el área de interés mediante verificaciones en campo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se monitoreó la ocurrencia de focos de fuego empleando sistemas de teledetección montados en los satélites TERRA y AQUA MODIS, que generan un producto sobre anomalías térmicas - fuego y quema de biomasa. Los mismos trabajan con 36 bandas espectrales y poseen

resoluciones espaciales que están en el orden de 1 km, 500 y 250 m (Figura 1) (NASA, 2006).

Esta información de libre acceso, suministrada por NASA y CONAE, se obtiene a través de mapas georeferenciados de focos de fuego registrados por sensores térmicos (CONAE, 2006). Un ejemplo de la misma se muestra en la Figura 1.

Se compiló una base de datos con los focos de fuego obtenidos para la región noroeste del país, trabajando con dos a tres imágenes diarias. Luego, se filtró esta información para obtener los registros correspondientes al área cañera georeferenciada de la provincia de Tucumán. Se consideraron la superficie neta total para la zafra 2004 y la superficie neta cosechable para las zafras 2005 y 2006 provistas por la Sección Sensores Remotos y SIG SIIA (EEAOC, 2007), determinándose así la ocurrencia de focos de fuego como una técnica de manejo de cañaverales. Se consideró el período de zafra comprendido entre junio y noviembre de 2004, 2005 y 2006, ya que durante los meses de abril y mayo no se registran focos de fuego en cañaverales por el alto contenido de humedad del follaje.

Se determinó de esta forma el número de focos de fuego detectados dentro del área cañera de Tucumán, calculándose luego el porcentaje de focos de fuego por departamento y por mes, fechas de inicio y finalización de la quema de cañaverales, meses con menor y mayor número de focos de fuego y localidades con mayor incidencia de estos eventos. Asimismo, se generó un ordenamiento de departamentos considerando el número de focos de fuego y su relación con el área cultivada con caña de azúcar.

La proporción de datos disponibles para el 2004, 2005 y 2006 fue del 71%, 65% y 73% respectivamente, debido a problemas técnicos y días sin visibilidad por nubes en el área de interés. Para este cálculo, se consideraron el número total de días calendario y el número de días con información disponible.

Además, se efectuó una verificación a campo de la localización geográfica de siete focos registrados por los satélites en distintas fechas, comprendidas dentro del período de interés del año 2006.

## RESULTADOS

La duración del período de quema de cañaverales para la cosecha 2004 fue estimado en 168 días, 181 días para el año 2005 y 172 días para el año 2006. En todos los casos, septiembre fue el mes con la mayor ocurrencia de fuegos y Cruz Alta, el departamento con el mayor registro de focos de fuego (Tabla 1).

Como se observa en la Figura 2, en la primera etapa de la zafra (junio y julio) se registra una baja ocurrencia de fuegos, posiblemente asociada con el elevado contenido de humedad del follaje de la caña de azúcar y de la atmósfera. Hacia el fin de zafra (octubre y noviembre) se observa la misma tendencia, pero relacionada principal-

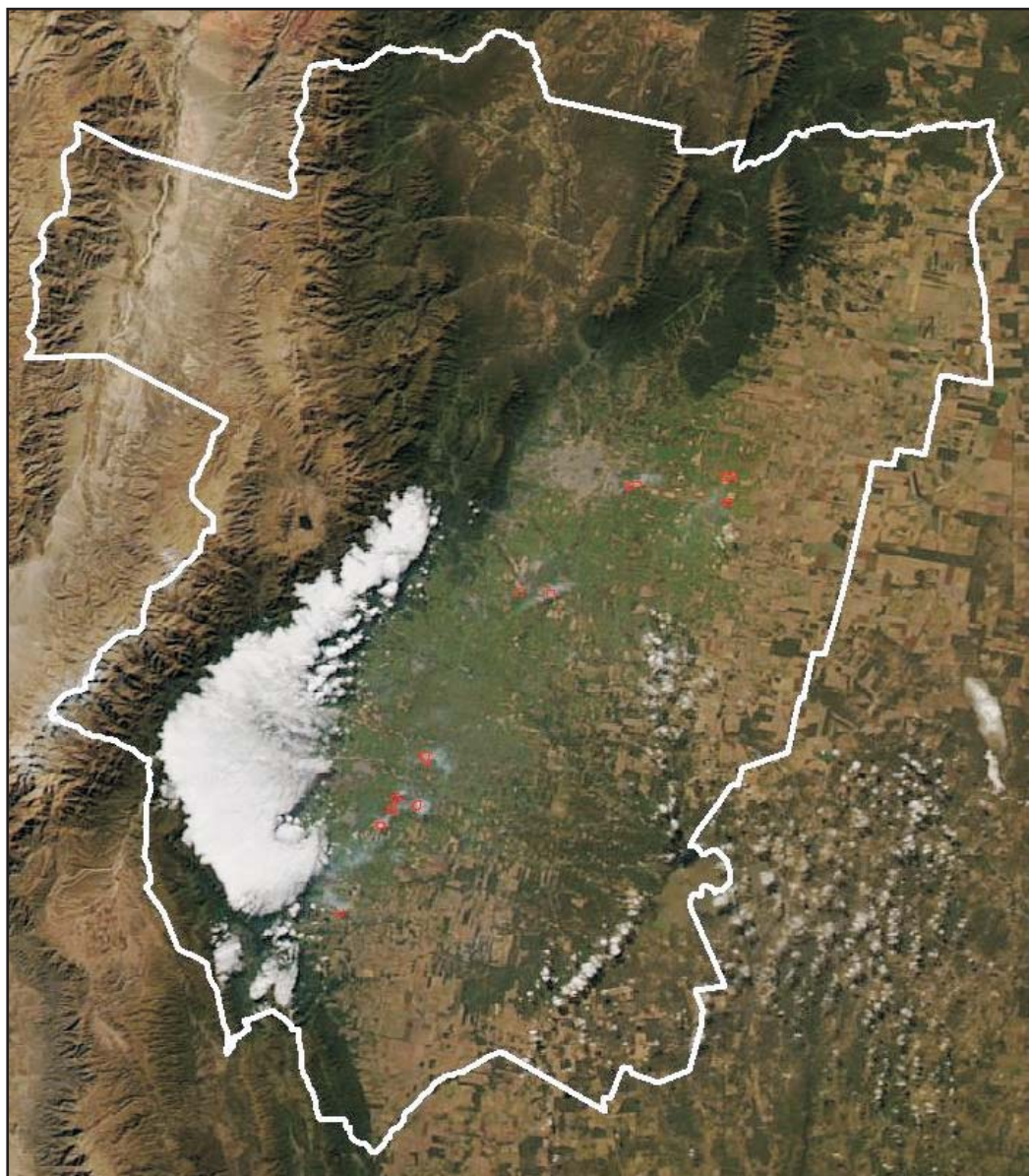


Figura 1. Mapa de focos de calor para la provincia de Tucumán en resolución de 250 m de longitud.

mente con la ocurrencia de lluvias que impiden la quema del follaje.

El total de focos de fuego registró un incremento del orden del 15,4% entre el 2005 y el 2004, y del 10% en el 2006 respecto del 2005. Estos datos ponen de manifiesto

una tendencia creciente en el uso de la quema para la eliminación del follaje de la caña en la cosecha o luego de ella, aunque los incrementos no fueron estadísticamente significativos cuando se comparó el número de focos mensuales entre los distintos años.

Tabla 1. Fecha de inicio y fin del período de quema de cañaverales, duración de dicho periodo (días), mes y departamento de mayor uso de fuego para las zafras 2004, 2005 y 2006 en Tucumán, Argentina.

	2004	2005	2006
Fecha inicial	15/6/04	2/6/05	3/6/06
Fecha final	30/11/04	29/11/05	22/11/06
Duración período (días)	168	181	172
Mes de mayor empleo de quema	Septiembre	Septiembre	Agosto
Localidad de mayor uso de quema	Cruz Alta	Cruz Alta	Cruz Alta

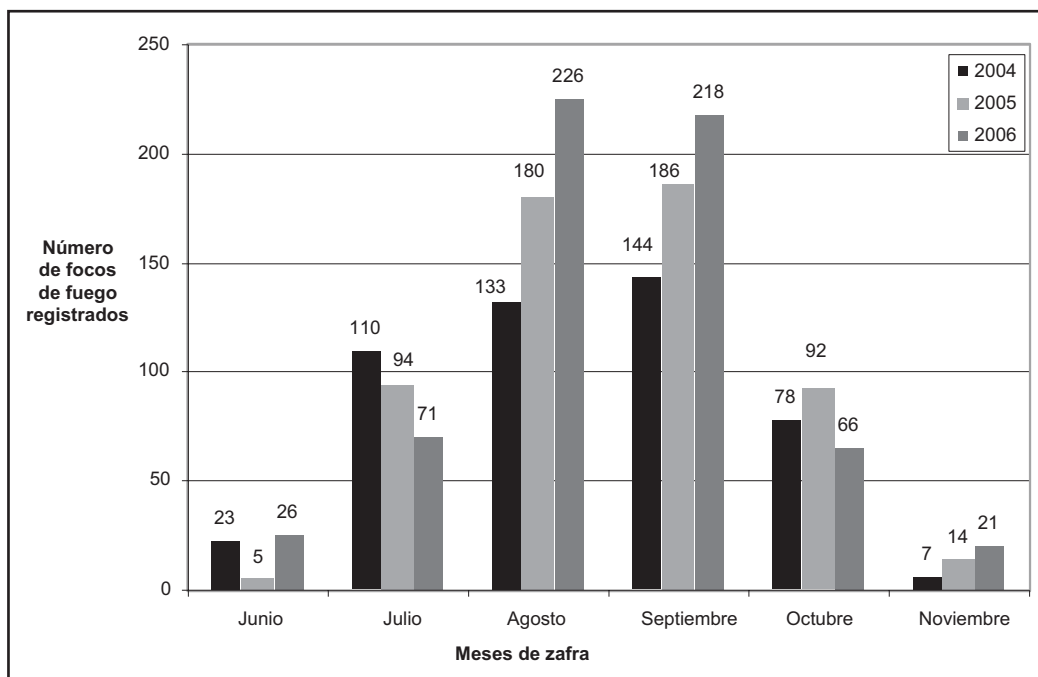


Figura 2. Número de focos de fuego registrados mensualmente durante las zafras 2004, 2005 y 2006 en el área cañera de la provincia de Tucumán, Argentina.

Como era de esperar, la mayor cantidad final de focos se registró en los departamentos con mayor superficie cosechable con caña de azúcar (EEAOC, 2006), tendencia que se repitió en Cruz Alta, Leales y Simoca para las tres zafras consideradas (Tabla 2).

Con el fin de comprobar la precisión de los datos satelitales, se procedió a la verificación a campo de algunos focos de fuego registrados durante el año 2006, rele-

vando siete ubicaciones donde los sensores detectaron focos de fuego de distinta magnitud (desde 6,1 ha hasta 151 ha) que sumaron un total de 328,4 ha evaluadas. Todos los casos pudieron ser verificados (Tabla 3).

Mediante el uso de sensores remotos y sistemas de información geográfica (GIS), se generó la primera base de datos confiable respecto de la ocurrencia de focos de fuego en el área cañera de la provincia de Tucumán, Argentina.

Tabla 2. Número de focos de fuego registrados en los distintos departamentos del área cañera de Tucumán, durante las zafras 2004, 2005 y 2006.

Departamento	Nº focos de fuego, 2004	Nº focos de fuego, 2005	Nº focos de fuego, 2006	Participación relativa a la sup. cosechable (ha) 2006
Cruz Alta	136	134	179	20,90%
Leales	85	116	107	18,30%
Simoca	53	69	74	15,90%
Monteros	39	42	50	10,90%
Chicligasta	35	28	46	8,50%
Río Chico	32	34	40	6,20%
Famailá	20	31	31	5,20%
Burruyacu	40	44	52	4,70%
Lules	29	49	30	4,60%
Alberdi	13	20	17	2,80%
La Cocha	11	0	1	0,90%
Graneros	2	4	1	0,70%
<b>Total</b>	<b>495</b>	<b>571</b>	<b>628</b>	<b>203.170 ha</b>

**Tabla 3. Fecha, ubicación geográfica y área de los focos de fuego verificados a campo durante la zafra 2006 en Tucumán, Argentina.**

Fecha	Lat.	Long.	Área (Ha)
8/6/06	-27,04527	-65,21459	52,1
8/6/06	-27,08494	-65,23801	25,0
14/6/06	-26,85044	-65,12328	47,3
14/6/06	-26,83520	-64,95527	36,9
14/6/06	-26,81335	-65,05720	6,1
4/7/06	-26,92504	-65,08924	9,2
4/7/06	-26,91593	-65,04382	151,8
<b>Total</b>			<b>328,4</b>

El empleo de los sistemas disponibles y el ajuste de la metodología propuesta permitirán un seguimiento efectivo, sobre una base de información diaria y casi en tiempo real, de la evolución del proceso de cambio en el manejo requerido para la actividad cañera local. Sin embargo, dada la resolución espacial de estos satélites (250 m, 500 m y 1000 m), es posible que no hayan sido registrados focos de fuego de pequeña escala.

Este trabajo pone de manifiesto la disponibilidad tecnológica y su utilidad para el monitoreo de procesos a escala regional - global, que podría ser implementada a través de una herramienta de mapeo que proporciona información espacial y casi en tiempo real desde un sitio web. Además, esta información podría ser de gran utilidad para identificar la localización de focos de fuego que impliquen un riesgo para comunidades y propiedades (mapas de riesgo), para realizar estudios en mayor profundidad sobre esta temática y otras áreas como la ecología o impacto ambiental, priorización de recursos y generación de reglamentaciones.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Sección Sensores Remotos SIG y SIIA de la Estación Experimental Agroindustrial "Obispo Colombres" (EEAOC) por la información brindada.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

**CONAE. 2006.** Focos de calor detectados con imágenes MODIS. [En línea]. Disponible en [http://www.conae.gov.ar/WEB\\_Emergencias/Links\\_de\\_la\\_Izquierda/Mapas\\_Humedad\\_y\\_Monitoreo\\_Focos\\_Calor/jgm2/jgm\\_n.html](http://www.conae.gov.ar/WEB_Emergencias/Links_de_la_Izquierda/Mapas_Humedad_y_Monitoreo_Focos_Calor/jgm2/jgm_n.html) (consultado 30 noviembre 2006). Comisión Nacional de Actividades Espaciales, Argentina.

**EEAOC, Sección Economía Agraria, Sección Sensores Remotos y SIG SIIA. 2006.** Zafra azucarera 2006 vs. 2005: superficie implantada, producción, rendimiento, precio y margen bruto en la provincia de Tucumán. [En línea]. Disponible en <http://www.eeaoc.org.ar/> (consultado 15 mayo 2007).

**EEAOC, Sección Economía Agraria, Sección Sensores Remotos y SIG SIIA. 2007.** Estadísticas de producción. Caña de azúcar. [En línea]. Disponible en <http://www.eeaoc.org.ar/> (consultado 15 mayo 2007).

**NASA (2006). MODIS Web. 2006.** MODIS Rapid Response System. [En línea]. Disponible en <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/> (consultado 20 junio 2007).

**Roy, D. P.; Y. Jin; P.E. Lewis and C.O. Justice. 2005.** Prototyping a global algorithm for systematic fire-affected area mapping using MODIS time series data. *Remote Sens. Environ.* 97: 137-162.