

ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE ÁREAS QUEMADAS EN LA REGIÓN CHOROTEGA, COSTA RICA ENTRE 2001 Y 2015

Ramón Masís Campos

Universidad de Costa Rica, Escuela de Geografía
ramon.masiscampos@ucr.ac.cr

Melvin Lizano Araya

Universidad de Costa Rica, Escuela de Geografía
melvin.lizanoaraya@ucr.ac.cr

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue analizar espacial y temporalmente las áreas quemadas de la región Chorotega en el quindenio 2001-2015. Por medio del producto obtenido del satélite MODIS MCD45. Dentro de los resultados se detectó que, en el área de estudio, en promedio son quemadas anualmente unas 30 000 ha y cerca del 97,3% son consumidas por el fuego entre los meses de noviembre y abril. A nivel cantonal, Liberia, Carrillo y Bagaces tienen las mayores agrupaciones de áreas quemadas de la provincia, mientras que Nandayure, Hojanca y Tilarán tienen menos hectáreas quemadas en los 15 años analizados. Entre las áreas silvestres protegidas más afectadas por los incendios forestales se encuentran: el Parque Nacional Palo Verde, Parque Nacional Guanacaste y Parque Nacional Santa Rosa, entre otros.

Palabras clave: Áreas quemadas. Incendios forestales. MODIS. Región Chorotega. Costa Rica.

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DAS ÁREAS QUEIMADAS NA REGIÃO CHOROTEGA, COSTA RICA ENTRE 2001 E 2015

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar espacial e temporalmente as áreas queimadas da região Chorotega no quindênio 2001-2015. por meio do produto obtido do satélite MODIS MCD45. Dentro dos resultados detectou-se que, na área de estudo, na média são queimadas anualmente 30.000 hectares das quais cerca de 97,3% são consumidas pelo fogo entre os meses de novembro e abril. No nível municipal, Liberia, Carrillo e Bagaces têm as maiores agrupações de áreas queimadas região, enquanto Nandayure, Hojanca e Tilarán têm menos hectares queimados nos 15 anos analisados. Entre as Áreas Silvestres Protegidas mais afetadas pelos incêndios florestais estão: Parque Nacional de Palo Verde, Parque Nacional de Guanacaste e Parque Nacional de Santa Rosa, entre outros.

Palavras-chave: Áreas queimadas. Incêndios florestais. MODIS. Região Chorotega. Costa Rica.

INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales se consideran uno de los principales responsables de la transformación de los ecosistemas terrestres, provocando alteraciones de distinta magnitud en el suelo, vegetación, fauna, calidad y disponibilidad de agua, emisión de CO₂ (Rebella y Di Bella, 2008). En la Amazonía, los estudios de Aragão et al (2018) se demostró que los incendios incentivaron la deforestación y la sequía en el periodo 2003-2015 y Silva Junior et al (2019) enfatizan que el impacto de los incendios alteran significativamente la estabilidad de los sistemas ambientales, sociales y económicos en los bosques.

Desde la Geografía, la teledetección ha demostrado ser una técnica y herramienta muy poderosa y confiable para realizar el monitoreo de áreas quemadas (Chuvieco, 2010). Por ejemplo, en España los incendios forestales son una problemática ambiental frecuente en verano. Mediante la aplicación de sensores remotos se han delimitado las zonas más vulnerables apoyados con imágenes satelitales de diferentes resoluciones espaciales, espectrales y temporales para generar una amplia cartografía de las zonas quemadas durante las últimas décadas (Dorrenge y Alvarez, 2009).

En América Latina, existen esfuerzos para monitorear los incendios forestales por medio de los sensores remotos (Chuvienco y otros, 2008). La Red Latinoamericana de Teledetección e Incendios Forestales (RedLatIF) promueve el análisis de los fuegos por medio la teledetección para el uso en el control y prevención de estos eventos en países miembros y participantes como: Argentina, Brasil, Bolivia, Chile, Colombia, Estados Unidos, España, México, Costa Rica, Cuba y Perú.

Cambiando de escala, en Mesoamérica se han realizado estudios particulares sobre incendios y áreas quemadas. Martínez y Rodríguez (2008) evaluaron la distribución espacio-temporal que afectan cada ecosistema de cada país centroamericano. En Costa Rica, un caso particular fue investigado por Alfaro et al (1999), quienes estudiaron el potencial del satélite GOES en la detección de puntos calientes asociados a incendios forestales en las longitudes de onda entre 3,9 μm y 10,7 μm en Guanacaste en el año Niño durante 1997. Mientras que Moraga (2011) realizó una investigación en la cuenca del río Tempisque, con el fin de demostrar la relevancia de los incendios forestales como agentes modificadores del paisaje guanacasteco, mediante la evaluación multicriterio con sistemas de información geográfica.

En Costa Rica desde 1978 por medio del Ministerio de Ambiente y Energía y hoy en el Programa Nacional de Manejo del Fuego y el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) realizan un registro sobre la incidencia de quemadas e incendios forestales en el país. A nivel nacional, estas entidades han identificado que la región Chorotega es muy vulnerable a incendios forestales.

Según los informes anuales del SINAC entre 2010 y 2015, entre las áreas protegidas más afectadas de la región Chorotega están: el Parque Nacional Santa Rosa, el Cerro Hacha ubicado dentro del Parque Nacional Guanacaste, el Parque Nacional Palo Verde, el Parque Nacional Barra Honda y la Reserva Biológica Lomas de Barbudal, donde históricamente han sido consumido cientos o miles de hectáreas por el fuego (Sistema Nacional de Áreas de Conservación, 2010-2015)

Dentro de los eventos más importantes de las últimas décadas están: la destrucción de 2000 ha en marzo de 1988 en el Cerro Hacha, 2000 ha en Lomas de Barbudal en 1994, más de 300 ha quemadas en el Parque Nacional Santa Rosa en el año 2000 y unas 700 ha fueron calcinadas en el Parque Nacional Palo Verde en abril del 2008 (Desinventar, 2017).

Entre las principales detonantes de los incendios están las prácticas agropecuarias negligentes, el vandalismo por cacería, quema de basura y descuido de fogatas generadas por campistas. Sumado que la región tiene una prolongada estación seca con temperaturas promedio por encima de los 32°C y una precipitación de 2000 mm anuales (Cuadro 1).

Cuadro 1 - Resumen climatológico del Pacífico Norte, Costa Rica

Unidad	Estación	Línea base anual (1961-1990)				
		Precipitación (mm)	Días con lluvia	Máxima (°C)	Mínima (°C)	
Región	Tilarán	1 900	164	27,2	19,3	
	Monteverde	2 483	205	22,3	15	
	Montañosa	SM Barranca	1 964	124	32	21,4
		Cascajal	2 536	149	ND	ND
Pacífico	Depresión del Tempisque	Liberia	1 517	89	33	22,1
		Peñas Blancas	1 784	102	33	22,1
Norte	Peninsular	Nicoya	2 116	133	33	22,6
		Santa Cruz	1 517	89	33	22,1
Promedio regional		2 008	136	32,8	22,2	

Fuente: IMN, 2008

Históricamente, según Janzsen (1986) el fuego constituye una de las amenazas más importantes para los ecosistemas de la provincia de Guanacaste, específicamente por la conversión del bosque seco caducifolio para establecer pastizales. Particularmente por la alta inflamabilidad de la variedad jaragua (*Hyparrhenia rufa*) que forma densas macollas que alcanzan hasta los 2 m de alto. Igualmente, la *Typha domingensis* presente en el humedal de Palo Verde es un buen combustible para el fuego (Rojas et al., 2015).

Otra práctica que dispara incendios forestales ha sido asociada a la zafra o quema de la caña (ver figura 1). Esta es una técnica tradicional, muy arraigada entre los productores en la región. Según Chaves y Bértumedez (2006), la agroindustria justifica esta práctica porque facilita la corta, agiliza la cosecha, incrementa el rendimiento de los cortadores, elimina materia extraña o basura, protege contra serpientes y reduce los accidentes laborales. Mientras que sus desventajas se pueden agrupar en daños ambientales hacia la biodiversidad de la zona, aumento en la generación de gases de efectos invernadero, disminuye la fertilidad del suelo, produce trastornos respiratorios en la salud humana, afecta el paisaje y el tránsito vehicular, entre otras limitaciones.

Figura 1 - Quema de caña de azúcar cercana a los límites del Parque Nacional Palo Verde, Guanacaste



Fuent: Imagen satelital Sentinel 2.

METODOLOGÍA

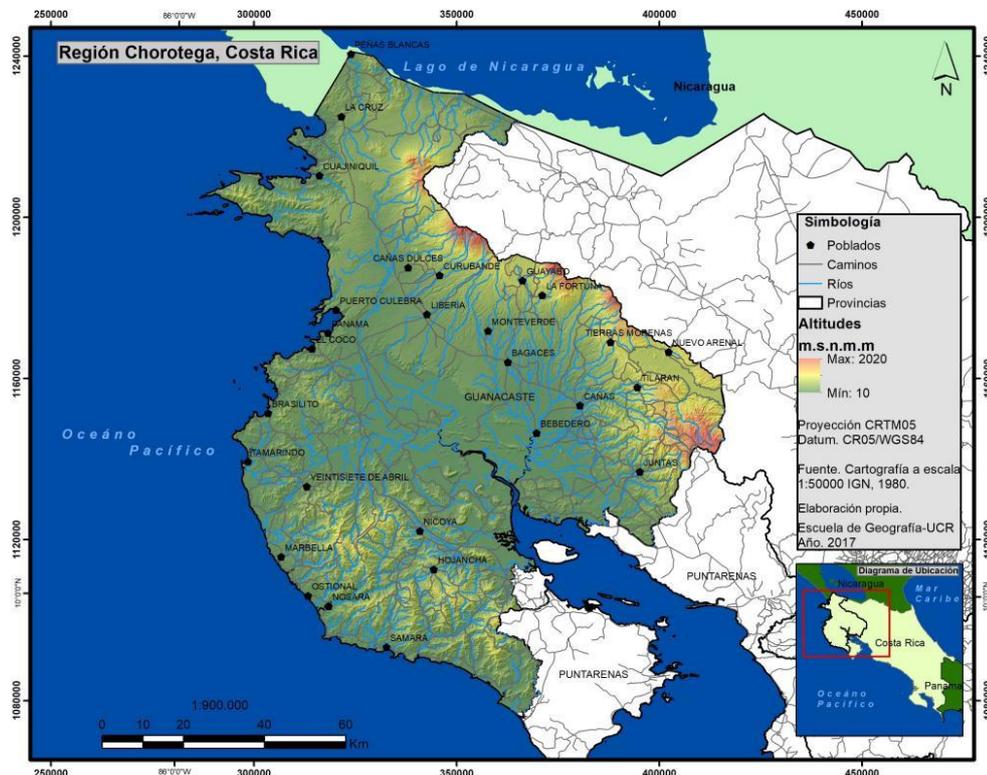
Sitio de estudio

La región Chorotega se localiza en el noroeste de Costa Rica, entre las coordenadas geográficas: 9°43'0"N, 84°45'0"O y 11°13'0"N, 85°57'0"O. Cubriendo una superficie de 10141 km², aproximadamente el 19,8% del territorio del país. La región se ubica en la provincia de Guanacaste y constituida por los cantones de Liberia, Nicoya, Santa Cruz, Bagaces, Carrillo, Cañas, Abangares, Tilarán, Nandayure, La Cruz y Hojanca (figura 2).

A nivel del SINAC, en el área de estudio convergen tres áreas de conservación: el Área de Conservación Guanacaste (ACG), Área de Conservación Arenal Tempisque (ACAT) y Área de Conservación Tempisque (ACT). El ACG está compuesta por los Parques Nacionales: Santa Rosa, Guanacaste y Rincón de la Vieja; además de la Estación Experimental Forestal Horizontes y el Refugio de Vida Silvestre Bahía Junquillal. Por otro lado, ACT administra y conserva de la cuenca media y baja del río Tempisque, los cerros de la península de Nicoya (Parque Nacional Barra Honda, Diríá, entre otras áreas silvestres protegidas) y una importante zona marítimo-terrestre de desove de las tortugas (Marino Las Baulas, Ostional) y el ACAT protege parte de la Cordillera Volcánica de Guanacaste (Volcán Miravalles y Tenorio) y Tilarán, además de la parte baja del río Tempisque en el Parque Nacional Palo Verde, Reserva Biológica Lomas de Barbudal, más otras áreas protegidas.

A nivel agroproductivo, según el VI Censo Nacional Agropecuario 2014, en Guanacaste la caña de azúcar y el arroz fueron los cultivos más amplios con 35 754 ha y 24 313 ha respectivamente, mientras que la cobertura de pastizales se extienden 284 209 ha y las masas boscosas eran 201 176 ha dominan la matriz del paisaje de la provincia (INEC, 2015).

Figura 2 - Área de estudio



Fuente: Elaboración propia.

RECOPIACIÓN DE DATOS

Para efectos de realizar el monitoreo espacio-temporal de la región Chorotega se necesitó obtener datos de sensores remotos y contrastar registros históricos, para lo cual se recurrió al repositorio de MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), las estadísticas del Programa Nacional de Manejo del Fuego del Ministerio de Ambiente (<http://www.sinac.go.cr/ES/estadisticas/Paginas/default.aspx>) y la base de datos del Sistema de Inventario de Desastres-DESinventar (<https://www.desinventar.org>).

MODIS forma parte de la constelación de órbita polar de los satélites de Observación Terrestre (EOS) de la NASA. Es uno de los sensores que fue lanzado desde la plataforma Terra en 1999 y un segundo Aqua en 2002. Desde el punto de vista técnico tiene 36 bandas entre 0,4 μm y 14,4 μm con adquisiciones cada 1 y 2 días en resoluciones espaciales de 250, 500 y 1000 metros dependiendo de las longitudes de onda (MAS, 2011).

En general a partir de datos MODIS se crean numerosos productos destinados a estudiar los océanos (MOcean), la atmósfera (MODIS Atmosphere), la criósfera y las cubiertas terrestres (MODLAND). Este último deriva variables biofísicas relacionadas con la vegetación que comprenden desde índices de vegetación (MOD13), puntos de calor (MOD14), áreas quemadas (MCD45), entre otros (MAS, 2011).

El MCD45 presenta información sobre las áreas quemadas (extensión, distribución y fecha). El algoritmo de detección de cambio utiliza la función Bidirectional Reflectance Distribution Function (BRDF) para tomar en cuenta las diferencias del ángulo de observación entre las diferentes fechas y produce una medición estadística de la probabilidad de cambio en comparación con una fecha anterior (Boschetti et al, 2013). Es un producto mensual desde el 1 de abril del 2000 al presente y posee una resolución espacial de 500 m.

Desde la página web <http://modis-fire.umd.edu> se descargó cada producto por año y para una región geográfica. Para este caso el área de estudio se ubica dentro de una gran región que cubre desde México

hasta el norte de Colombia (entre las coordenadas geográficas: 7°N, 58°W y 33°N,118°W) en formato Hierarchical Data Format (HDF), Georeferenced Tagged Image File Format (GeoTIFF) o Shapefile de ESRI.

ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para el tratamiento de los datos geográficos se utilizó el software QGIS 2.18.15 y se gestionó los datos MCD45 descargados por medio de una base de datos SpatialLite. Este es un motor de bases de datos SQLite con componente geográfico para administrar y consultar la variabilidad de las áreas quemadas en el periodo 2001-2015.

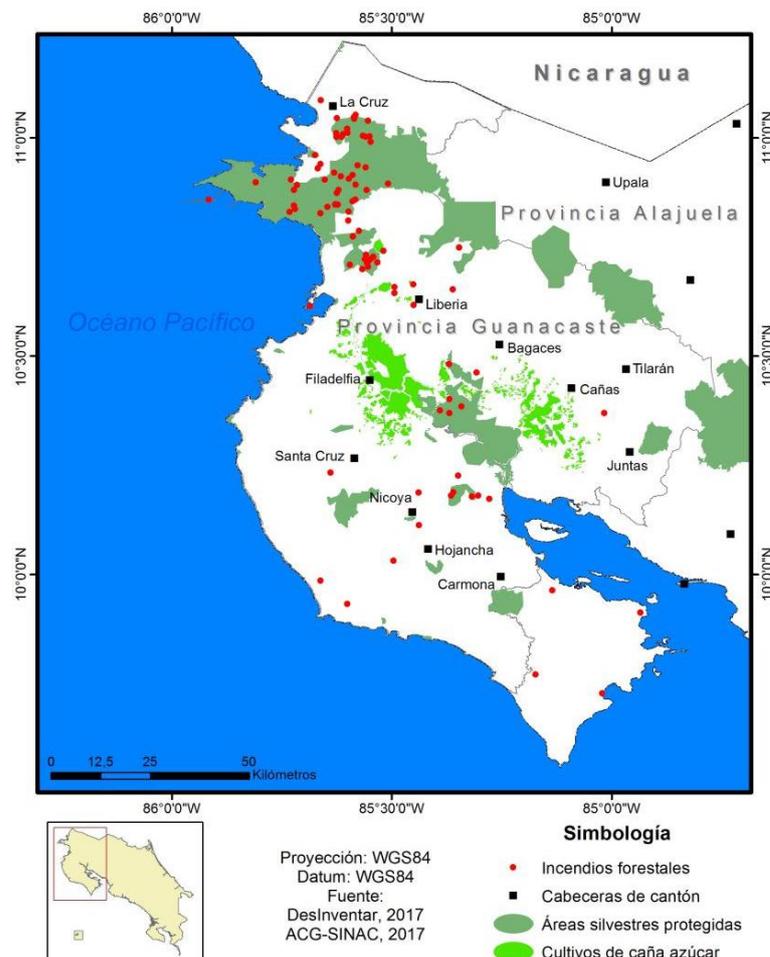
Adicionalmente se incluyó a la base de datos SpatialLite la cartografía disponible por medio del servicio Web Feature Service (WFS) del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT), es decir: división política-administrativa por provincia, cantón, distrito, límites de áreas protegidas y áreas de conservación del SINAC, con el fin de derivar el análisis espacial y estadísticas de la distribución territorial y temporal de las áreas quemadas en el quindenio 2001-2015.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según los registros de las bases de datos y las estadísticas del Programa Nacional de Manejo del Fuego y DESinventar entre el periodo 2001 y 2015 se presentaron 337 incendios forestales en la provincia de Guanacaste (figura 3).

El ACG y ACAT son las áreas de conservación con mayor cantidad de incendios forestales. Los tipos de vegetación afectada en estos eventos fueron principalmente bosque secundario, pastos y pasto arbolado. Los parques nacionales: Santa Rosa, Guanacaste, Palo Verde, el Refugio de Vida Silvestre Bahía Junquillal y la Estación Experimental Forestal Horizontes presentan el mayor número de eventos en los últimos 15 años.

Figura 3 - Distribución de incendios en áreas silvestres protegidas en el área de estudio

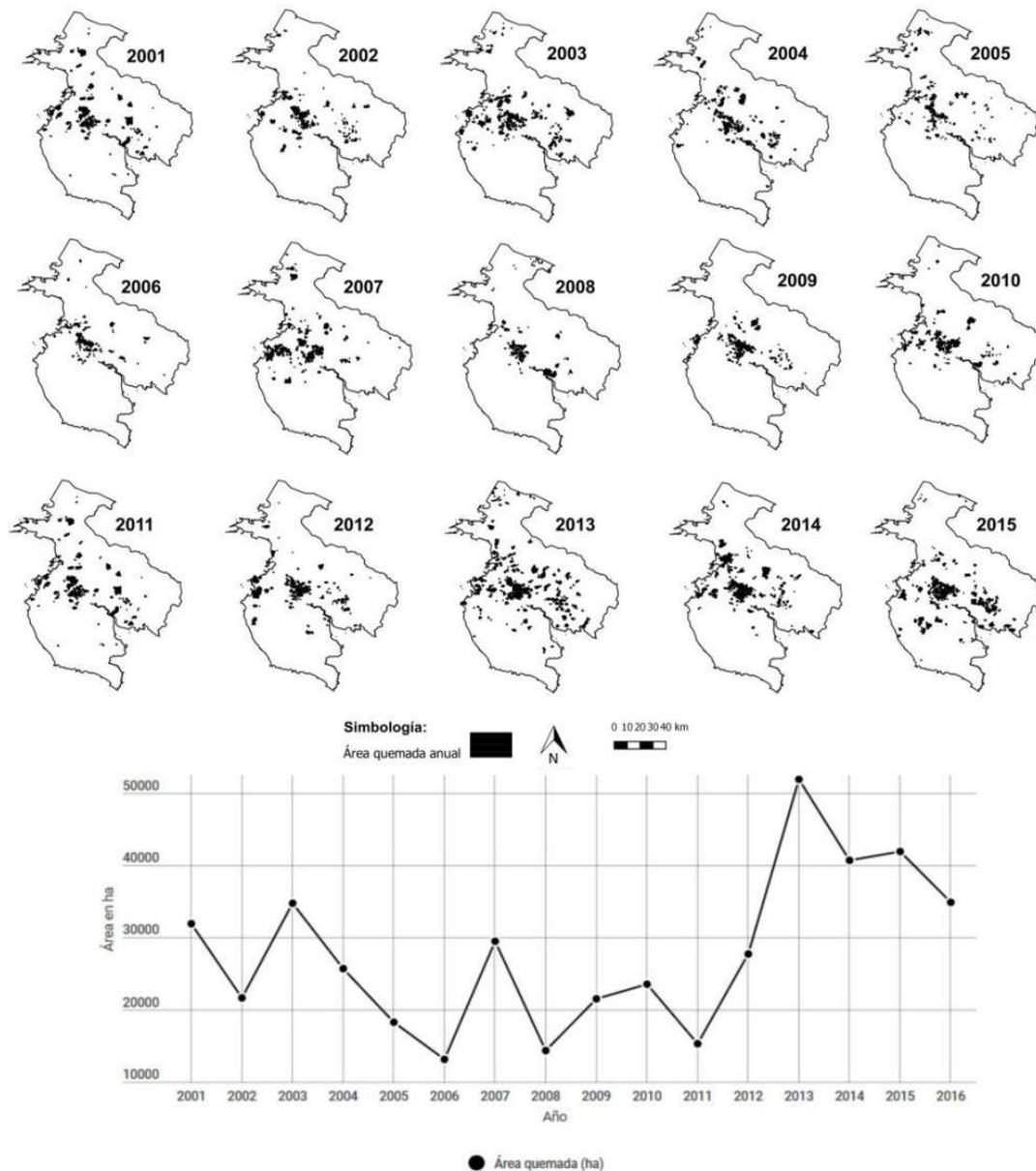


Fuente: Elaboración propia.

En el quindenio analizado se totalizaron 420754,86 ha quemadas en la provincia de Guanacaste. En promedio anualmente 30000 ha son calcinadas producto de prácticas agrícolas (principalmente en la zafra de la caña de azúcar, quema de pastos) o se desarrollan como incendios forestales en ecosistemas. Estos 300 km² son equivalentes a los cantones de Tilarán, Abangares y Bagaces (294 km²).

En la figura 4 se muestra la distribución territorial y anual de las áreas quemadas durante tres quinquenios. Como extremos, los años entre 2013 y 2016 presentaron la mayor concentración de hectáreas consumidas por el fuego con el 41,18% de la totalidad en el periodo analizado, mientras que 2006, 2008, 2011 fueron años que registraron menor cantidad de áreas calcinadas, ya que contabilizaron entre 13500 y 15500 ha.

Figura 4 - Distribución de las áreas quemadas en el quindenio 2001-2015



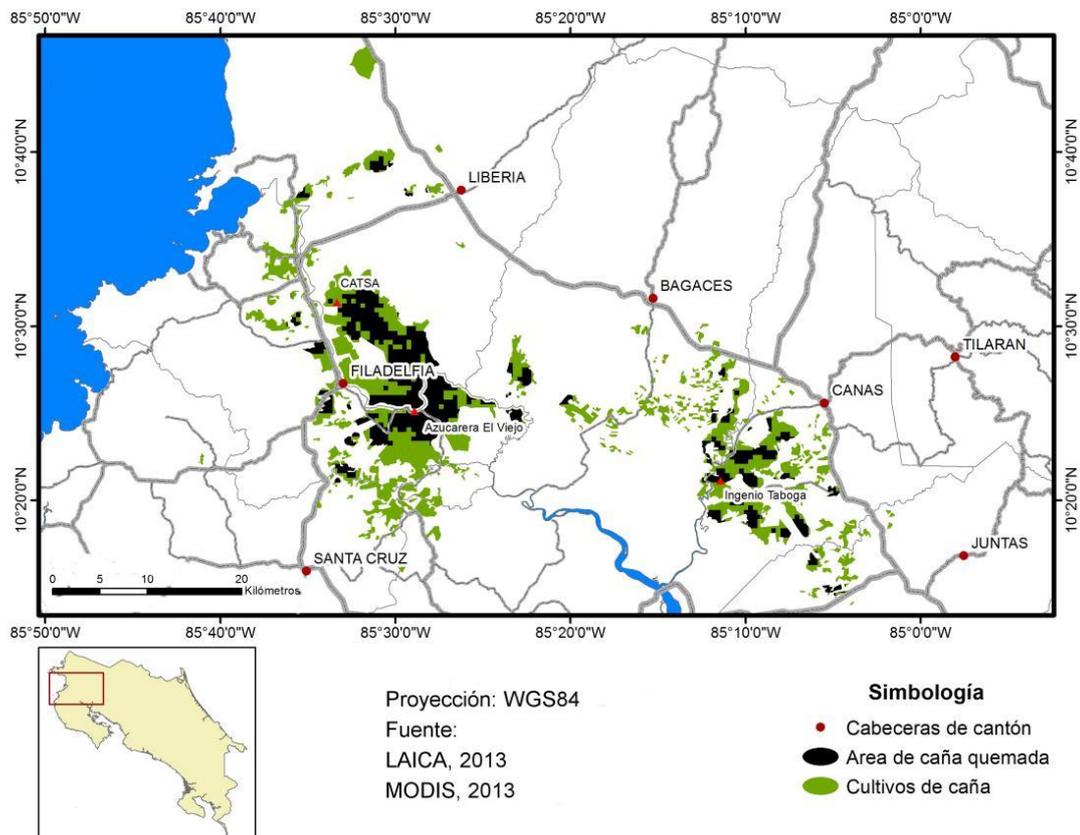
Fuente: Elaboración propia.

Hay que considerar que el 97,3% de las áreas quemadas anuales se desarrollan entre noviembre y abril, que corresponde con la época seca para el Pacífico Norte con un predominio de bajas precipitaciones

(menos del 4% del total de lluvias anual), altas temperaturas durante el día y vientos alisios dominantes ingresando desde el noreste (IMN, 2008).

A nivel cantonal, Liberia, Carrillo y Bagaces tienen las mayores agrupaciones de áreas quemadas en la provincia. En mayor medida se justifica por concentrar grandes extensiones de caña de azúcar (en ingenios como: CATSA y Azucarera el Viejo) que anualmente son quemadas en periodo de la zafra. Por ejemplo, contrastando en el año 2013 más del 35% de los sembradíos en este sector fueron cosechados por medio de la quema controlada (Figura 5).

Figura 5 - Relación caña de azúcar sembrada y quemada en la temporada 2013

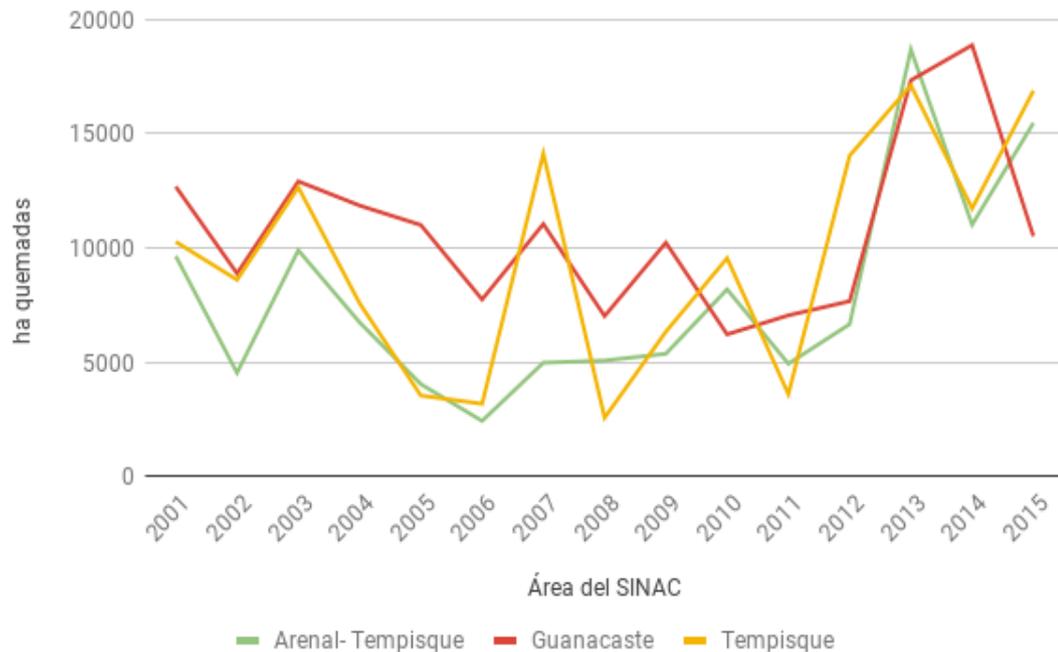


Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, los cantones de Nandayure, Hojancha y Tilarán son los cantones con menos hectáreas quemadas en los 15 años analizados, con 1811,26 ha equiparable al 0,43%. Estos cantones se caracterizan por encontrarse en la cordillera de Tilarán y las serranías de la península de Nicoya, además el cantón Tilarán tiene el 80% del Lago de Arenal en su territorio.

En la distribución de áreas quemadas en las tres áreas de conservación es la siguiente: la ACG tiene el 38,28% de las hectáreas dañadas por fuego en los tres lustros analizados, el ACT contabilizó el 33,71% de los casos y el ACAT casi el 28% de las 420 754,86 ha quemadas (ver figura 6).

Figura 6 - Áreas quemadas por área de conservación, 2001-2015

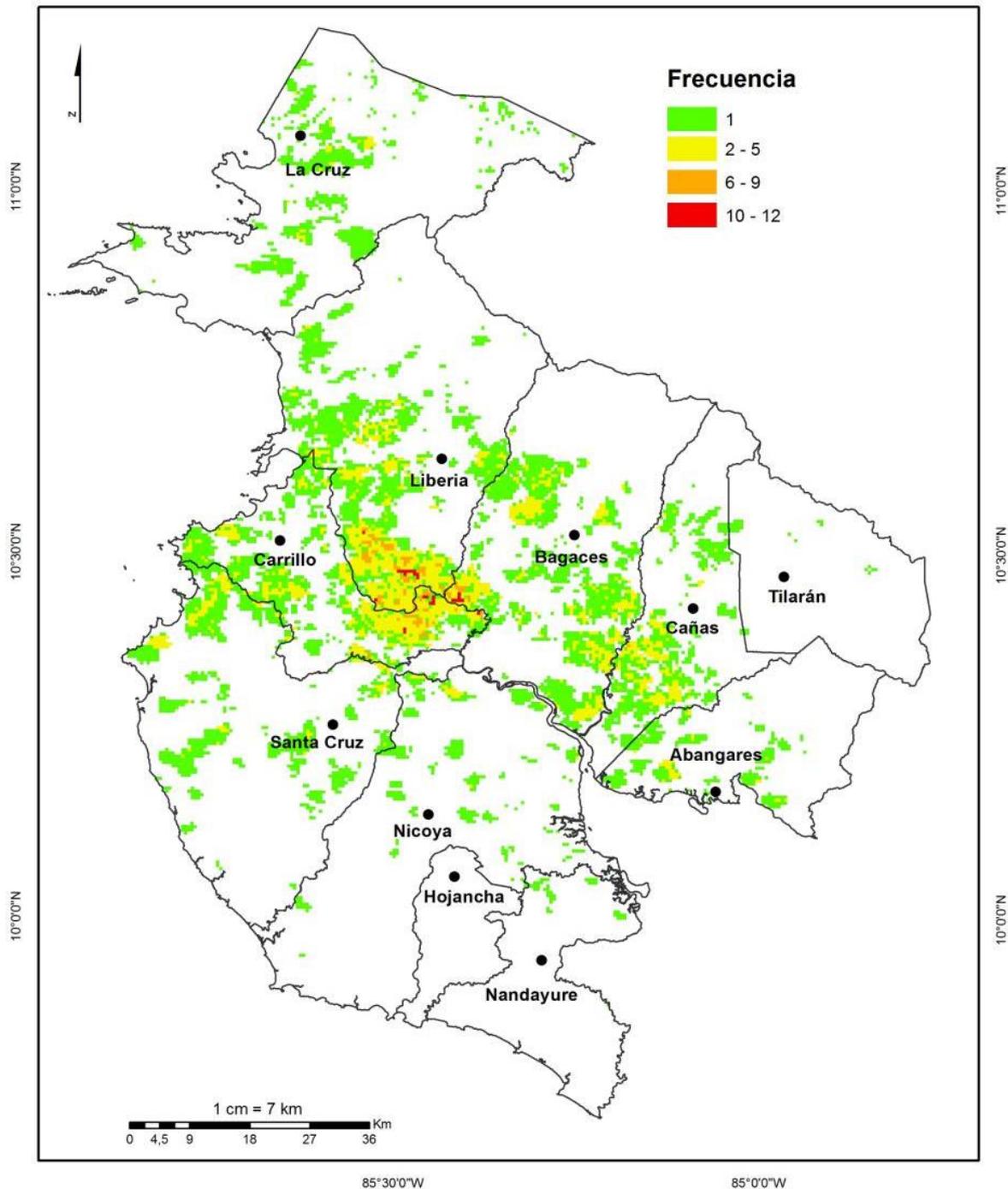


Fuente: Elaboración propia.

En este periodo, las áreas silvestres protegidas más afectadas por los fuegos por encima de las 1000 ha fueron en orden decreciente: el Parque Nacional Palo Verde (9 001,05 ha), Parque Nacional Guanacaste (6 048,42 ha), Parque Nacional Santa Rosa (5 320,30 ha), Estación Experimental Horizontes (1 806,88 ha), Parque Nacional Diríá (1 141,83 ha) y Humedal Palustrino Corral de Piedra (1 029,88 ha).

Con respecto a la frecuencia del área quemada en un mismo sitio. Los resultados muestran (ver figura 7) que el 65,7% de los casos tienen una frecuencia de 1 entre 2001 y 2015, los cuales se encuentran distribuidos en toda la región cubriendo cultivos, pastizales y áreas protegidas. Para ocurrencias entre 2 y 5, las áreas quemadas se localizan hacia la cuenca media-baja del río Tempisque representando el 29,18% de los casos y cuando las áreas afectadas tienen una frecuencia entre 6 y 12, estas se delimitan a la zona agrícola de caña de azúcar, arroz y de humedales más importantes de la provincia (distritos de Filadelfia, Liberia, Bagaces, Bolsón, Bebedero).

Figura 7 - Frecuencia de área quemada en un mismo sitio en el el quindenio 2001-2015



Fuente: Elaboración propia.

También se ha observado que la distribución espacio-temporal de las áreas quemadas tienen una relación con fenómenos de variabilidad climática como las fases de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), ya que varían el clima regionalmente. El IMN (2008) ha registrado que eventos extremos secos en el Pacífico Norte disminuyen la precipitación en 414 mm, equivalente a un déficit de un 26% de las lluvias anuales de la región. Es decir, se desarrollan condiciones climáticas propicias para los incendios cuando se presentan periodos de sequía. En el área de estudio se detectó que en dos periodos relativamente similares: una fase de Niño (con 41 meses) y Niña (38 meses) tenía una diferencia de 52 645,25 ha quemadas. En otras palabras, en Guanacaste hay casi un 62% más de ha quemadas en Niño que en periodos de Niña (cuadro 2).

Cuadro 2 - Distribución de áreas quemadas en fases de ENOS en la región, 2001-2015

Fase	Periodo	Meses	ha quemadas
Niño	Junio 2002 - Febrero 2003	8	17 422,04
	Julio 2004 - Febrero 2005	7	11 307,28
	Noviembre 2006 - Enero 2007	2	4 187,99
	Agosto 2009 - Marzo 2010	7	21 694,85
	Diciembre 2014 - Mayo 2016	17	83 875,99
	Noviembre 2005 - Marzo 2006	4	11 630,65
	Julio 2007 - Junio 2008	11	16 898,89
Niña	Noviembre 2008 - Marzo 2009	4	15 642,66
	Junio 2010 - Mayo 2011	11	16 129,74
	Julio 2011 - Marzo 2012	8	25 540,96

CONSIDERACIONES FINALES

Hay una estrecha relación entre la zafra o quema de caña con el disparo y aumento en la incidencia de los incendios forestales, debido en muchos casos al mal manejo de esta práctica y las zonas colindantes con especies propagadoras o combustibles.

Los estratos vegetales que son más afectados durante los incendios forestales corresponden a bosques secundarios, pastos y pastos arbolados, a ellos se les debe prestar mucha atención para evitar la propagación de incendios hacia otras zonas y ejercer un mejor control de estos principalmente en época seca.

Las incidencias de estos eventos se da principalmente sobre áreas protegidas o bajo un régimen de protección especial y es una clara señal de que pueden ser provocados por mano criminal o cazadores que los realizan de forma indiscriminada para lograr sus objetivos.

Se puede concluir de igual forma que cuando se presenta en la región el fenómeno del Niño y hay un déficit en las precipitaciones, existe proporcionalmente un aumento en la cantidad, frecuencia y duración de los incendios forestales.

El uso de herramientas tecnológicas (tanto a nivel de hardware, software y adquisición de datos) permiten el poder cuantificar, mejorar y clasificar los incendios forestales de zonas regionales, mostrando un panorama completo de todo el espacio geográfico, para una mayor y mejor comprensión de lo estudiado.

Es importante utilizar otros tipos de satélites y sensores como: LANDSAT o Sentinel 2, con el fin de generar información a una escala menor y que sirva de soporte para toma de decisiones a nivel de la administración de las tres Áreas de Conservación de la región Chorotega o sus áreas silvestres protegidas o para que el departamento de bomberos forestales tenga un seguimiento con mejores resoluciones espacio-temporales. De la misma manera se puede explorar el uso de LANDSAT o Sentinel 2 para estudiar las relaciones entre diferentes índices de vegetación, y las variables de condición de suelo o humedad para comprender las condiciones detonantes por las que se presentan los incendios en el área de estudio.

AGRADECIMIENTOS

Los investigadores desean manifestar su agradecimiento a la Vicerrectoría de Investigación de la UCR, por financiar el proyecto B8088 y al MICITT en el marco del proyecto B7507. Igualmente, extendemos gratitud los estudiantes de Geografía Kevin Cordero Arroyo y Sharon Camacho Sánchez por su asistencia técnica.

REFERENCIAS

ALFARO, R., FERNANDEZ, W., & CONNELL, B. (1999). Detection of the forest fires of April 1997 in Guanacaste, Costa Rica, using GOES-8 images. *International Journal of Remote Sensing*, 20(6), 1189-1195. <https://doi.org/10.1080/014311699212948>.

<https://doi.org/10.1080/014311699212948>

ARAGÃO, L.E.O.C., ANDERSON, L.O., FONSECA, M.G. et al (2018). 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. *Nat Commun* 9, 536 (2018) doi:10.1038/s41467-017-02771-y

<https://doi.org/10.1038/s41467-017-02771-y>

BOSCHETTI, L., ROY, D., HOFFMANN, A., HUMBER, M. (2013). MODIS Collection 5,1 Burned Area Product- MCD45. User Guide version 3.0.1. Disponible en http://modis-fire.umd.edu/files/MODIS_Burned_Area_Collection51_User_Guide_3.0.pdf. Consultado en junio de 2017.

CHAVES, M., BERMÚDEZ, A. (2006). Motivos y razones para quemar las plantaciones de caña de azúcar en Costa Rica. Políticas para la Agroindustria Azucarera costarricense. En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 16, Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 16. Heredia, Costa Rica, 2006. Memoria 2006. Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), agosto. Tomo I. p: 248-253.

CHUVIECO, E., OPAZO, S., SIONE, W., VALLE, H. DEL, ANAYA, J., BELLA, C. D., ... LIBONATI, R. (2008). Global Burned-Land Estimation in Latin America Using Modis Composite Data. *Ecological Applications*, 18(1), 64-79.

<https://doi.org/10.1890/06-2148.1>

CHUVIECO, E. (2010). Teledetección ambiental: La observación de la tierra desde el espacio. Editorial Ariel, España.

DI BELLA, C. M. D., POSSE, G., BEGET, M. E., FISCHER, M. A., MARI, N., & VERON, S. (2008). La teledetección como herramienta para la prevención, seguimiento y evaluación de incendios e inundaciones. *Revista Ecosistemas*, 17(3). <https://doi.org/10.7818/re.2014.17-3.00>

DORREGO, X., ÁLVAREZ, G. (2009). Teledetección y SIG en la gestión de los incendios forestales en Galicia. Pp. 297 - 300. Disponible en: <http://www.aet.org.es/congresos/xiii/cal75.pdf>. Consultado en noviembre de 2017

INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL (IMN). (2008). Clima, variabilidad y cambio climático en Costa Rica. San José, Costa Rica. Disponible en

http://www.cambioclimaticocr.com/multimedia/recursos/mod-1/Documentos/el_clima_variabilidad_y_cambio_climatico_en_cr_version_final.pdf

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC). (2015). VI Censo Nacional Agropecuario: Características de las Fincas y de las Personas Productoras. Instituto Nacional de Estadística y Censos. -- 1 ed. --San José. C.R.: INEC, 2015

JANZEN, D.H., HALLWACHS, W. (2016). Biodiversity Conservation History and Future in Costa Rica: The Case of Area de Conservacion Guanacaste (ACG). Chapter 10. In *Costa Rican Ecosystems*, Kappelle, M. ed. University of Chicago Press, Chicago, pp. 290-341.

<https://doi.org/10.7208/chicago/9780226121642.003.0010>

JANZEN, D.H. (1986). Parque Nacional Guanacaste, restauración ecológica y cultural en el trópico, Universidad de Pennsylvania Philadelphia. Disponible en <http://copa.acguanacaste.ac.cr:8080/bitstream/handle/11606/452/ParqueNacionalGuanacaste1986.pdf?sequence=1>. Consultado en setiembre de 2017

MARTÍNEZ, R; RODRÍGUEZ, D. (2008). Los Incendios Forestales en México y América Central. Disponible en: https://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr208es/psw_gtr208es_767-780_dominquez.pdf. Consultado en setiembre de 2017.

MAS, J.F. (2011). Aplicaciones del sensor MODIS para el monitoreo del territorio. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F., México. ISBN 9786077908555
<https://doi.org/10.22201/ciga.9786077908555e.2011>

MORAGA, J. (2011). Evaluación del riesgo ante incendios forestales en la cuenca del río Tempisque, Costa Rica. Revista Geográfica de América Central, 2(45), 33-64. Disponible en <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/77>. Consultado en setiembre de 2017.

REBELLA, C, DI BELLA, C.(2008). Incendios forestales en América Latina. CEIBE. Año (3), Número (5). Octubre de 2008 - Marzo de 2009. Disponible en <https://issuu.com/fundacioninmac/docs/ceibe5>. Consultado en mayo de 2017.

ROJAS, P. A., VÍLCHEZ, B., MOYA, R., SASA, M. (2015). Combustibles forestales superficiales y riesgo de incendio en dos estadios de sucesión secundaria y bosques primarios en el Parque Nacional Palo Verde, Costa Rica. Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 12(29), 29-45.
<https://doi.org/10.18845/rfmk.v12i29.2253>

SENTINEL-HUB PLAYGROUND | Sentinel-2 imagery taken on February 18, 2017". (n.d.). Retrieved February 19, 2018, from <https://apps.sentinel-hub.com>

SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN (SINAC). (2011). SINAC en Números: Informe Década Estadísticas SEMEC 2000-2009. Comp. B Pavlotzky. San José, CR. 128 p. Disponible en <http://www.sinac.go.cr/ES/estadisticas/SINAC%20en%20Numeros/Informe%20SEMEC%20SINAC%2000-2009.pdf>. Consultado en enero de 2018.

SILVA JUNIOR CHL, ANDERSON LO, Silva AL, ALMEIDA CT, DALAGNOI R, PLETSCH MAJS, PENHA TV, PALOSCHI RA and ARAGÃO LEOC (2019) Fire Responses to the 2010 and 2015/2016 Amazonian Droughts. Front. Earth Sci. 7:97. doi: 10.3389/feart.2019.00097
<https://doi.org/10.3389/feart.2019.00097>

SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN (SINAC). (2012). SINAC en Números: Informe Anual Estadísticas SEMEC 2011. Comps. B Pavlotzky, G Rojas. San José, CR. 62 p. Disponible en <http://www.sinac.go.cr/ES/estadisticas/SINAC%20en%20Numeros/Informe%20SEMEC%20SINAC%2011.pdf>. Consultado en enero de 2018.

SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN (SINAC). (2012). SINAC en Números: Informe Anual Estadísticas SEMEC 2012. Comps. B Pavlotzky, G Rojas. San José, CR. 77 p. Disponible en <http://www.sinac.go.cr/ES/estadisticas/SINAC%20en%20Numeros/Informe%20SEMEC%20SINAC%2012.pdf>. Consultado en enero de 2018.

SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN (SINAC). (2014). SINAC en Números: Informe Anual Estadísticas SEMEC 2013. Comps. B Pavlotzky, G Rojas. San José, CR. 99 p. Disponible en <http://www.sinac.go.cr/ES/estadisticas/SINAC%20en%20Numeros/Informe%20SEMEC%202013.pdf>. Consultado en enero de 2018.

SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN (SINAC). (2014). SINAC en Números: Informe Anual Estadísticas SEMEC 2014. Comps. B Pavlotzky, G Rojas. San José, CR. 102 p. Disponible en <http://www.sinac.go.cr/ES/estadisticas/SINAC%20en%20Numeros/Informe%20SEMEC%202014.pdf>. Consultado en enero de 2018.

SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN (SINAC). (2016). Informe Anual Estadísticas SEMEC 2015: SINAC en Números. Comp. B Pavlotzky. San José, CR. 101 p. Disponible en <http://www.sinac.go.cr/ES/estadisticas/SINAC%20en%20Numeros/Informe%20SEMEC%202015.pdf>. Consultado en enero de 2018.

SISTEMA DE INVENTARIO DE EFECTOS DE DESASTRES- DesInventar.(2016). Base de datos DESINVENTAR Versión: 10.01.011. Disponible en <https://www.desinventar.org/es/desinventar.html> Consultado en julio de 2017.

VILLALOBOS, R., RETANA, J., ACUÑA, A. (2000). El niño y los incendios forestales en Costa Rica. Tópico meteorológicos y oceanográficos, 7 (1):1-200, 2000. ISSN 1409-2034. Disponible en <http://cglobal.imn.ac.cr/sites/default/files/documentos/revista/topicosmet20002/html5/index.html?page=1&noflash>. Consultado en enero de 2018.

Recebido em: 25/06/2018

Aceito para publicação em: 02/09/2019