

Puntos de calor y su relación con incendios forestales sobre la vegetación asociados con sistemas atmosféricos en el periodo 2010–2018; Bahía de Banderas, México

Heat Points and their Relation with Forest Fires on Vegetation Associated with Atmospheric Systems in the Period 2010–2018; Bahía de Banderas, Mexico

Julio Cesar Morales–Hernández*, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, Departamento de Ciencias Exactas
Oscar Frausto–Martínez, Universidad de Quintana Roo, Campus Cozumel

Jorge Ignacio Chavoya–Gama, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, Departamento de Ciencias Exactas

Héctor Javier Rendón–Contreras, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, Departamento de Ciencias Exactas

Guadalupe Iris Leticia Camba–Pérez, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, Departamento de Ciencias Exactas

*Autor para correspondencia: Av. Universidad de Guadalajara 203, Puerto Vallarta, Jalisco, CP 48280, cel. 322 150 0923
e-mail: cesarbemarena@gmail.com

RESUMEN. Los incendios son una perturbación común en los ecosistemas terrestres y un tema controvertido para el manejo de las zonas costeras. A pesar de los esfuerzos de supresión de incendios forestales, en México la superficie quemada y la gravedad de los efectos del incendio son una tendencia creciente. La investigación ecológica ha demostrado que los incendios han sido parte de la dinámica de los ecosistemas forestales y del entorno evolutivo. Todo esto indica que el enfoque convencional de la supresión de incendios debe ser reemplazado por un enfoque de manejo de incendios. El objetivo de este estudio es analizar la distribución temporal y espacial de los incendios y los diferentes tipos de vegetación afectada en la región de Bahía de Banderas. En los últimos 6 años, bajo la hipótesis de que a menos precipitación hay más incendios, la existencia de una dependencia del tipo de vegetación y se basa en la determinación de un patrón espacio-temporal de incendios, mediante el uso de imágenes del satélite MODIS de la nasa. La metodología se divide en tres procesos; la primera es la detección de las fuentes de calor utilizando imágenes de los satélites AVHRR y MODIS, la segunda corresponde a la caracterización del lugar donde se ubican las fuentes de calor y, finalmente, su relación con los sistemas atmosféricos generados durante un incendio forestal. Dado que la mayoría de los incendios forestales son antrópicos y tienen una relación entre su incidencia y sus variables, como la posesión de la tierra, la comprensión de los procesos sociales debe considerarse tan importante como la de los factores ecológicos en el desarrollo del manejo del fuego. estrategias.

PALABRAS CLAVE: incendios forestales, ecosistemas forestales, Bahía de Banderas, factores ecológicos

ABSTRACT. Fires are a common perturbation in the terrestrial ecosystems and a controversial subject for the handle of coastal zones. In spite of the efforts of suppression of forest fires, in Mexico burned surface and the severity of the effects of the fire are an increasing trend. The ecological investigation has showed that fires have been part of the dynamics of the forest ecosystems and of the evolutionary environment. All this indicates that the conventional approach of suppression of fires has to be replaced by an approach of fire management. This study aims to analyze the temporary and space distribution of fires and the different types of affected vegetation in the region of Bahía de Banderas. In the last 6 years, under the hypothesis that to less precipitation there are more fires, the existence of a dependence on the type of vegetation and based to the determination of a pattern space-temporary of fires, by using images of the satellite MODIS of the NASA. The methodology is divided into three processes; the first one is the detection of the heat sources using images of satellite AVHRR and MODIS, the second one corresponds to the characterization of the place where the heat sources are located and finally its relation with the atmospheric systems generated during a forest fire. Since the majority of forest fires are anthropic and have a relation between its incidence and variables, like the possession of the earth, the understanding of the social processes has to be considered as important as the one for the ecological factors in the development of fire management strategies.

KEYWORDS: forest fires, forest ecosystems, Bahía de Banderas, ecological factors

Introducción

Los incendios de la vegetación y en particular los incendios forestales, tanto naturales como antrópicos, son considerados hoy en día un factor muy importante en los cambios de uso de suelo en México y juegan un importante papel tanto en la estructura como en el funcionamiento de muchos ecosistemas (Dwyer y col, 1999: 304).

En la región de Bahía de Banderas, en el occidente de México, la ocurrencia de incendios debido a la heterogeneidad del espacio geográfico y al desarrollo de actividades antrópicas no sigue un mismo patrón; este fenómeno se ve favorecido por la presencia de vegetación inflamable y las variaciones climáticas como altas temperaturas, bajas humedades relativas del aire y sequía, que favorecen un aumento de la desecación de los combustibles vivos y muertos aumentando su inflamabilidad.

Dentro de los principales productos generados a partir del satélite AVHRR y Terra MODIS, son los puntos o focos de calor; éstos indican las áreas que presentan una temperatura de superficie anómala. En la mayoría de los casos se asocia la presencia de un foco a la existencia potencial de un fuego o incendio. La detección de focos de calor se basa en la capacidad de sensores remotos de capturar la energía emitida por la superficie en las longitudes de onda correspondientes al infrarrojo medio emisivo e infrarrojo lejano. Los umbrales que permiten identificar los focos de calor se establecen de acuerdo con las temperaturas que alcanzan los incendios, entre 300° C y 1500° C, según el tipo de vegetación, combustible acumulado, condiciones ambientales, etc. (Giglio, y col, 1999; 2006: 162, Suryabagavan y col, 2016: 34).

Un evento de incendio real, debido a sus características en cuanto a tamaño y duración, puede ser representado por más de un foco de calor; es decir, los focos continuos en espacio y tiempo son considerados como parte de un mismo evento de incendio.

Entre los factores de disturbio que influyen en la estructura, funcionamiento y dinámica de los ecosistemas terrestres, el fuego es sin duda uno de los más importantes y ubicuos. Los incendios forestales son considerados como una de las mayores amenazas para los bosques (Santiago y col, 1999: 149; CEPEDS, 2002: 145).

La intervención directa del hombre en ecosistemas naturales mediante la quema de biomasa ha llevado a una alteración de los espacios naturales

traducida en la expansión de la frontera agrícola (Lauk y Erb, 2009: 144; Pereira y col, 2009:144). Estos eventos antrópicos crean una serie de perturbaciones que incluyen: pérdida de biomasa, extinciones locales continuas de especies nativas y desplazamiento de especies animales.

Tanto la evidencia de estudios ecológicos como la experiencia práctica de manejo indican que el fuego es un factor ecológico cuya presencia, en ciertos ecosistemas, puede ser considerada como una perturbación (Pyne y col, 1996: 6). Los incendios forestales han sido parte de la dinámica de los ecosistemas terrestres del mundo y una importante fuerza selectiva en los procesos de evolución de la biota (Whelan, 1995: 5). El fuego es un agente que influye en la heterogeneidad estructural de los bosques, la cual es esencial para el mantenimiento de la biodiversidad, y la modificación de un régimen de fuego esto es, de la frecuencia, extensión, intensidad y severidad de los incendios la cual provoca cambios en la composición de especies y la estructura de los bosques (Zedler y col. 1983: 811; Agee 1993: 9; Fulé y col, 2002: 643; Cochrane, 2003: 915).

En la parte atmosférica la emisión de partículas emitidas por quema de vegetación genera una importante cantidad de aerosoles atmosféricos y gases de efecto invernadero que alteran de manera importante la radiación, lo que puede llegar a afectar las tasas fotosintéticas de ecosistemas (Di Bella y col, 2006: 104). Además, las quemadas modifican el albedo en la superficie, la composición química y los ciclos hidrológicos y biogeoquímicos.

Cada año aumenta la densidad de estas perturbaciones a nivel global, algunas se originan por factores naturales como estaciones secas prolongadas y otras en las que los factores de ignición en su gran mayoría son causados por la mano del hombre (Narendran y col, 2001: 531).

La buena comprensión de estos fenómenos es esencial en la actualidad y esto se logra obteniendo datos precisos, partiendo de parámetros bien establecidos. Entre los métodos más usados en los últimos años se encuentra la teledetección espacial mediante sensores satelitales (Merino y col, 2010: 70). El uso de esta técnica, como herramienta complementaria, permite tener mayor cobertura tanto temporal como espacial, de la biomasa consumida por el fuego, reduciendo el costo y la exposición en el trabajo de verificación de la información que se obtiene del análisis de los datos, se puede integrar a Sistemas de Información

JULIO CESAR MORALES-HERNÁNDEZ, OSCAR FRAUSTO-MARTÍNEZ, JORGE IGNACIO CHAVOYA-GAMA, HÉCTOR JAVIER RENDÓN-CONTRERAS, GUADALUPE IRIS LETICIA CAMBA-PÉREZ [pp. 33-43]

Geográfica (SIG) que permiten almacenamiento, procesamiento y análisis de gran cantidad de registros (Said y col, 2017: 790).

Es conveniente señalar algunas líneas que han seguido los trabajos de Sistema de Información Geográfica (SIG) – Percepción Remota (PR) para la gestión espacial de los incendios y el riesgo de éstos.

El uso de los sistemas de información geográfica con propósitos específicos para el manejo de los incendios forestales promovió el manejo de datos espaciales para comprender su patrón de distribución (Chuvieco y Congalton, 1989:150; Chuvieco y salas, 1996: 339), los factores que determinan su patrón espacial (Chuvieco 1999: 2338; Jaiswal y col, 2002: 6), así como la manipulación y tratamiento de imágenes de percepción remota, su representación y su resolución espacial (Costafreda-Aumedes y col, 2017: 139).

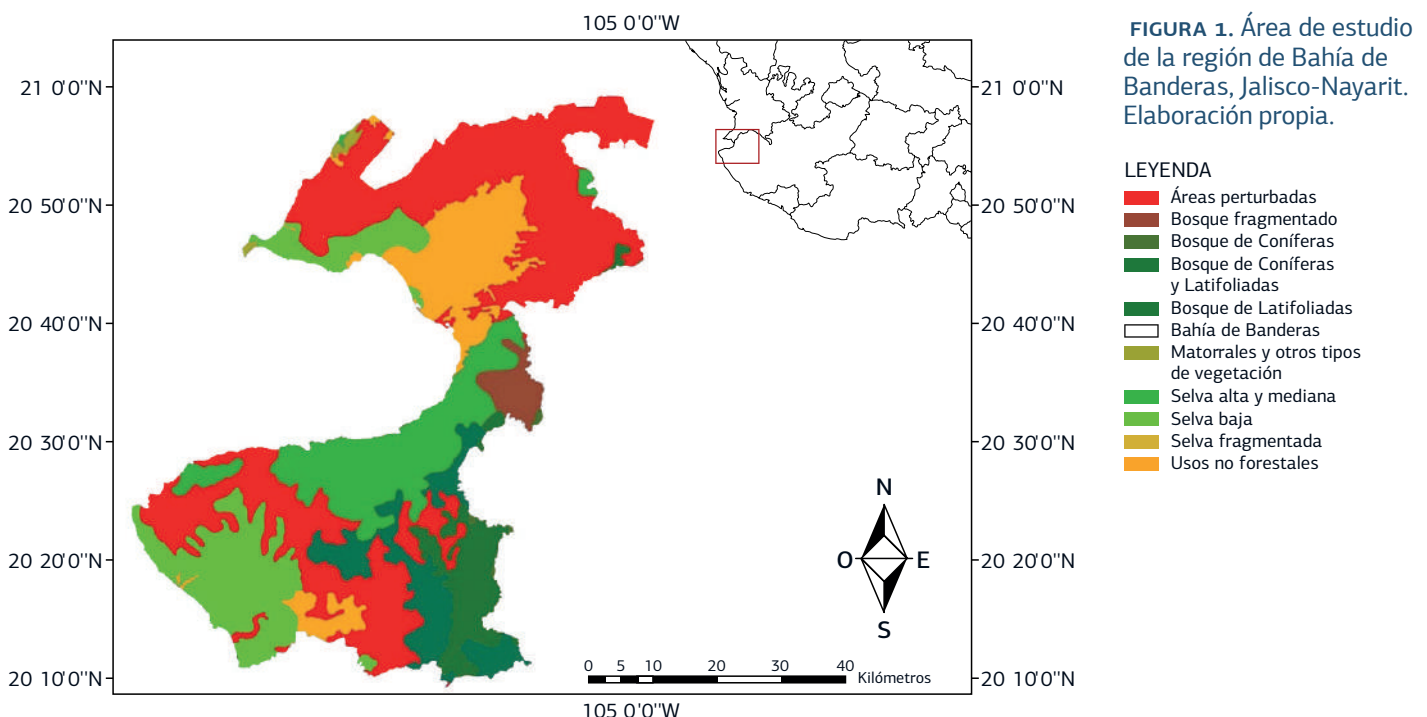
Latinoamérica y África son zonas con alta significancia y recurrencia de incendios forestales (Chuvieco y col, 2008: 1492). En México, a pesar de que se desconoce con exactitud la magnitud de la pérdida de vegetación por cuenta de estos fuegos, se encuentran gran cantidad de reportes anuales de distintas fuentes, privadas o públicas (Armenteras y col., 2005: 633; Armenteras y col, 2009: 310; Armenteras y col, 2011: 284; Sarmiento y Fonseca, 2010: 94), que informan sobre la ocurrencia de incendios en el país y

las pérdidas financieras y declaratorias de desastres asociados a los incendios y se reconoce como parte de los riesgos químicos en las instancias gubernamentales (Sánchez-Rodríguez y Cavazos, 2015: 18). Sin embargo, en la región de Bahía de Banderas no se ha identificado algún trabajo de este tipo, por lo cual es necesario continuar avanzando en la comprensión de la dinámica de estos eventos. Los resultados de proyectos de investigación que incluyan estas descripciones como base de sus objetivos, permitirán desarrollar los diferentes planes de manejo y las medidas de prevención mínimas para la contención de incendios, cualquiera que sea su origen.

Este trabajo se ha realizado con el objetivo de analizar la distribución temporal y espacial de incendios y los diferentes tipos de vegetación afectados en la región de Bahía de Banderas que comprende los municipios de Puerto Vallarta, Bahía de Banderas y Cabo Corrientes, en el occidente de México.

Área de estudio

La zona de estudio corresponde a la región de Bahía de Banderas, la cual se encuentra en la unión de los estados de Nayarit y Jalisco; forma parte de la Planicie Costera del Pacífico Mexicano. Es una zona de las de mayor presión de desarrollo socioeconómico, agropecuario, turístico y urbano (CEDESTUR-CEEB-AEBB,



2001: 102). Está conformada por subcuencas que la rodean y una parte de la cuenca del Río Ameca, las cuales vierten sus aguas a la bahía. Al sureste está rodeada de montañas con altura máxima de 1,500 m; al norte existen lomas con elevaciones que van de 500 a 700 m. Entre estas fluye el río Ameca, que es el más grande de la región, generando un valle de alrededor de 15 km de ancho, el cual desemboca a unos 10 km al norte de la ciudad de Puerto Vallarta (Figura 1).

Respecto a la vegetación, está cubierto principalmente por bosque tropical subcaducifolio. Las dimensiones de los árboles son medianas y su altura oscila entre 20 y 30 m (FAO, 2003).

El clima de la región es cálido y cálido subhúmedo Aw1 y Aw2, de acuerdo con la clasificación de Köpen, lo que corresponde a los más húmedos de los subhúmedos. La temperatura media anual es de 24.9 °C, siendo febrero el mes más frío con 21.4 °C, de julio a octubre presenta la temperatura más cálida con una media de 28 °C. La precipitación media anual en la zona es de 1000 a 1500 mm (CEDESTUR-CEED-AEBB, 2001: 102). La temperatura atmosférica presenta una máxima de 30 °C. La precipitación presenta una máxima de 230 mm en junio y julio de acuerdo con los datos provenientes de estaciones meteorológicas en Punta de Mita y Mismaloya (Plata, 2007: 46).

Material y métodos

Para llevar a cabo la siguiente investigación se realizó una secuencia de procesos:

- a. Obtención de datos. Los datos de teledetección utilizados en este trabajo provienen de series temporales de focos activos o anomalías térmicas detectadas por el sensor (MODIS y AVHRR) en la detección de puntos de calor se utilizan las bandas térmicas que tienen una resolución espacial de 1 km por 1 km en el nadir, en el periodo comprendido entre los años 2010-2018. El sensor detecta los puntos de calor por píxel. Dentro de este píxel no es posible saber el número de incendios o el tamaño del área afectada. Puede ser que un píxel contenga un incendio muy grande o muchos incendios pequeños (NASA, 2010) y procesadas por CONABIO (Comisión Nacional de Biodiversidad).
- b. Determinación de la vegetación involucrada en los sitios donde se ubican los focos activos, se utilizó información proveniente de la Serie VI de INEGI (2016).

- c. Se determinaron los tipos de cobertura vegetal que han sido más afectados durante los últimos 8 años por incendios forestales; la información resultante se cruzó con la capa de vegetación VI del INEGI (2016) desarrollado para Jalisco, y se establecieron así, las distribuciones temporal y espacial de las coberturas involucradas (Figura 1).
- d. Establecimiento de una posible asociación con los sistemas atmosféricos y los datos de focos activos e información de variables como precipitación y temperatura, se utilizó la base de datos virtual del Servicio Meteorológico Nacional y los datos del Centro de Estudios Meteorológicos de la Costa (CEMCO). Estas almacenan registros de estaciones meteorológicas distribuidas en seis puntos de Bahía de Banderas, desde 2009 al 2018. Se utilizaron los archivos disponibles de: valores medios mensuales de temperatura (°C) y valores totales mensuales de precipitación acumulada (mm) de los municipios de la región, y se tomaron como variables ambientales que podrían incidir en la aparición y dinámica de focos activos o incendios.
- e. Se realizó el mapeo de los puntos de calor, utilizando el software ArcGIS 10.3 y su herramienta ArcMap, la cual permitió analizar la distribución mensual y anual de los focos activos para todos los años del periodo 2010–2018 en el área de estudio. Esta información permitió conocer también distribución espacial y frecuencia de incendios en toda la región, identificándose, además, los sectores afectados a lo largo del tiempo y en qué lugares se produce la mayor recurrencia de los incendios.

Resultados

En la región de Bahía de Bandera se aprecia que los años con mayor número de puntos de calor son 2016, 2017 y 2018. Para el año 2016, el mes con más incendios de la temporada muestra varios puntos altos, 112 en abril, 301 en mayo y 223 en el mes de junio; en 2017, la temporada muestra varios puntos altos, 204 en el mes de abril, 444 en mayo y 153 en junio, presentándose como el año con más incendios forestales (Tabla 1). En el año 2018 la temporada seca empezó a finales de abril y culminó a principios junio ya que se registraron pocos datos durante el temporal seco acumulando un registro de 481 puntos, siendo mayo el más intenso con 260 puntos de calor (Figura 2).

Los meses con mayor número de registros, en todo el periodo evaluado, son junio y mayo con totales

JULIO CESAR MORALES-HERNÁNDEZ, OSCAR FRAUSTO-MARTÍNEZ, JORGE IGNACIO CHAVOYA-GAMA, HÉCTOR JAVIER RENDÓN-CONTRERAS, GUADALUPE IRIS LETICIA CAMBA-PÉREZ [pp. 33-43]

de 613 y 2,067 respectivamente. El año con más registros es 2017 con 1,031 registros, seguido de 2016 con 639. El año del 2010 fue el año que mostró el menor número de eventos en periodo registrado (Tabla 1).

Se puede establecer que los periodos secos observados de inicio de años, comprendidos generalmente de abril a junio son las épocas donde más se presentan

TABLA 1: Distribución de puntos de calor en el periodo de estudio.

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total
2010	0	0	4	2	15	32	53
2011	0	1	2	13	47	43	106
2012	0	0	3	15	36	2	56
2013	0	1	5	9	67	46	128
2014	0	0	2	28	42	4	76
2015	0	0	0	10	96	30	136
2016	0	3	0	112	301	223	639
2017	1	15	77	204	444	153	894
2018	0	1	8	146	260	66	481

registros o reportes en cada uno de los años de las series analizadas básicamente hasta el año 2015. Así se puede destacar que, aunque se esté analizando de manera más específica la dinámica de incendios en la región, el patrón bimodal característico del área de la región es particular, porque en él es donde se presentan la mayoría de los incendios (Tabla 1).

Para los años 2010, 2012, 2014 y 2015 (Tabla 1), se nota una clara reducción en el número de puntos de calor que en el lapso anterior, el último registro más alto se da en mayo del 2014 con 74 registros (Figura 3).

En la Tabla 2 se puede observar que la región de Cabo Corrientes registra el mayor número de puntos de calor, el cual se caracteriza por ser una zona con una gran diversidad de ecosistemas y actividades agrícolas, a diferencia de Puerto Vallarta y Bahía de Banderas, donde la principal actividad económica es el turismo y los incendios registrados en las zonas son por quemas agrícolas o actividades antropogénicas (Gráfica 2).

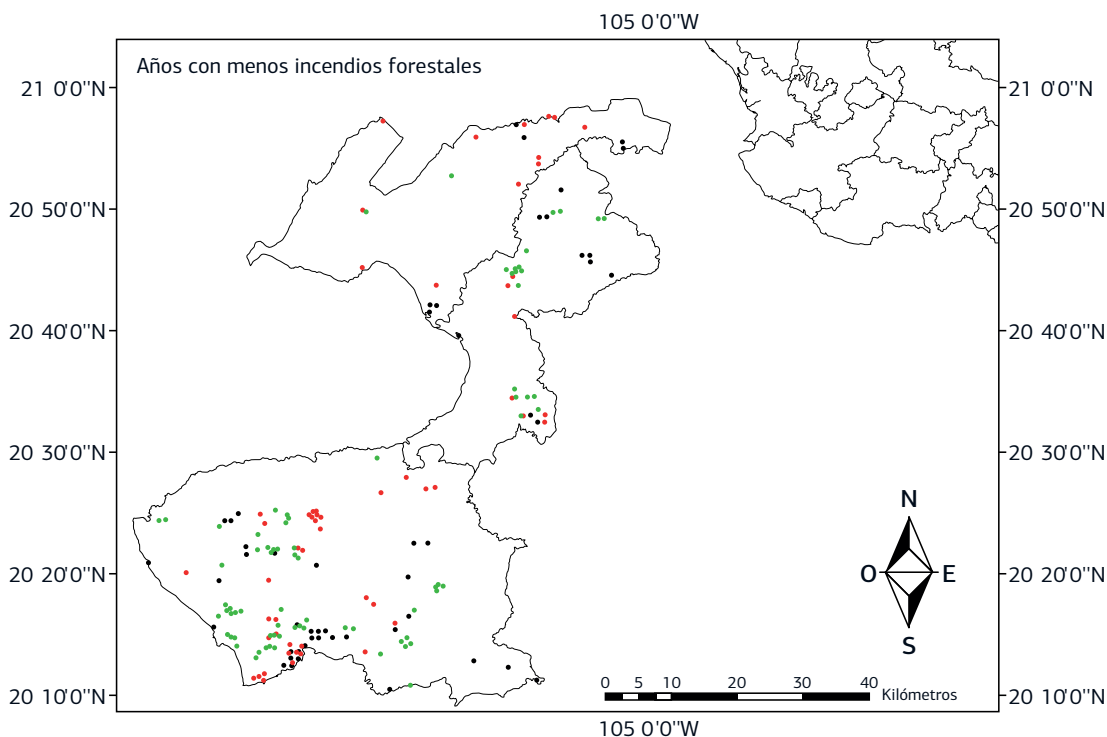


FIGURA 2: Puntos de Calor en la región de Bahía de Banderas en el año 2016, 2017 y 2018.

TABLA 2: Distribución de los Incendios Forestales en los diferentes municipios de la región

Municipio	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Cabo Corrientes	36	84	37	101	56	117	557	687	392
Puerto Vallarta	9	8	7	13	18	12	33	92	34
Bahía de Banderas	8	14	12	14	2	7	49	252	55
Total	53	106	56	128	76	136	639	1031	481

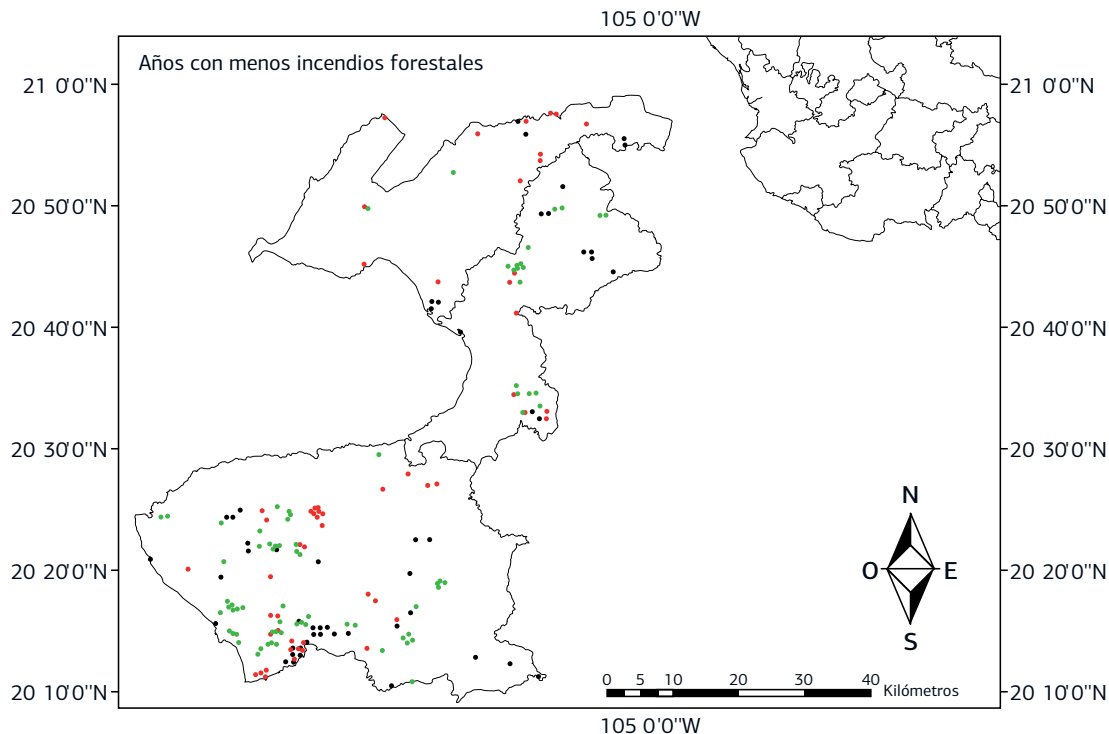


FIGURA 3: Puntos de Calor en la región de Bahía de Banderas en los años 2010,2012 y 2014.

LEYENDA
 ● 2014
 ● 2012
 ● 2010
 □ Bahía de Banderas

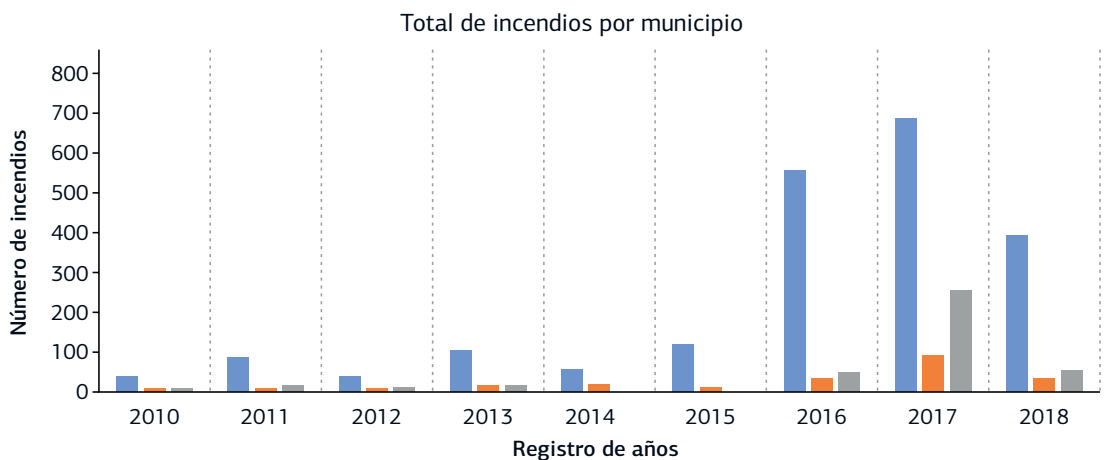


FIGURA 2: Puntos de Calor en la región de Bahía de Banderas en el año 2016,2017 y 2018.

LEYENDA
 ■ Cabo Corrientes
 ■ Puerto Vallarta
 ■ Bahía de Banderas

Asociación de los Incendios Forestales con los Sistemas Atmosféricos

De acuerdo con el análisis de secuencia de imágenes GOES, para identificar los sistemas meteorológicos frecuentes, asociados a los puntos de calor, por las condiciones previas que favorecieron los incendios, tales como altas temperaturas, bajo nivel de humedad y vientos fuertes, que junto a un descuido causaron el brote de incendios forestales. Los principales sistemas fueron:

Los sistemas de alta presión. Son una zona donde la presión es mayor que en los alrededores y los vientos giran a favor de las manecillas del reloj en

el hemisferio norte. Están caracterizados por provocar tiempo soleado y ausencia de nubes (Figura 4). Debido a la subsidencia, el viento es seco y por tal razón el ambiente soleado propicia el incremento de temperaturas, situación que se torna favorable para la ocurrencia de incendios forestales.

Los jets de niveles bajos. Son vientos en forma de chorro a escala local, muy asociados al jet subtropical que se localiza en la atmósfera superior. Generan cambios en la velocidad y dirección del viento, en forma súbita, porque están relacionados a la topografía local. Es muy importante monitorear este tipo de vientos durante el combate de incendios forestales, es causante de la muerte de los apaga fuegos porque

cambia el sentido de las llamas, de forma súbita, con la nueva dirección del viento (Figura 5).

Los jets subtropicales o corrientes en chorro. Son una corriente de vientos máximos en la altura, en donde interactúan dos masas de aire de distinta densidad y en donde la variación de temperatura crea gradientes de presión, lo cual modifica la fuerza del viento. Una característica muy particular es que son serpenteantes, es decir, tienden a dar vueltas. Este viento vespertino ocurre de forma imprevista, el viento se

lleva al fuego en forma de chispas, fuera del área de control de cualquier quema agrícola.

El anticiclón. Es prácticamente un sistema de alta presión, pero con valores más altos. El núcleo central presenta generalmente tiempo despejado con fuerte tendencia a la sequía, (Figura 6). Este sistema pasaría desapercibido cuando se desplaza por una zona con una velocidad de traslado común, sin embargo, en algunos casos, tal sistema logra mantenerse casi-estacionario, cuando esto ocurre las temperaturas aumentan día con

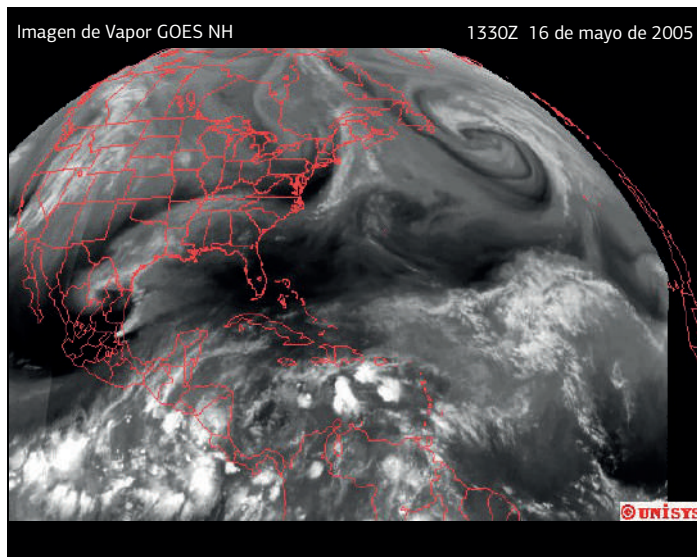


FIGURA 4. Imagen de Vapor GOES del 16 de mayo del 2005, muestra un sistema de alta presión que muestra tiempo soleado frente a las costas del occidente de México. Fuente: Unisys.

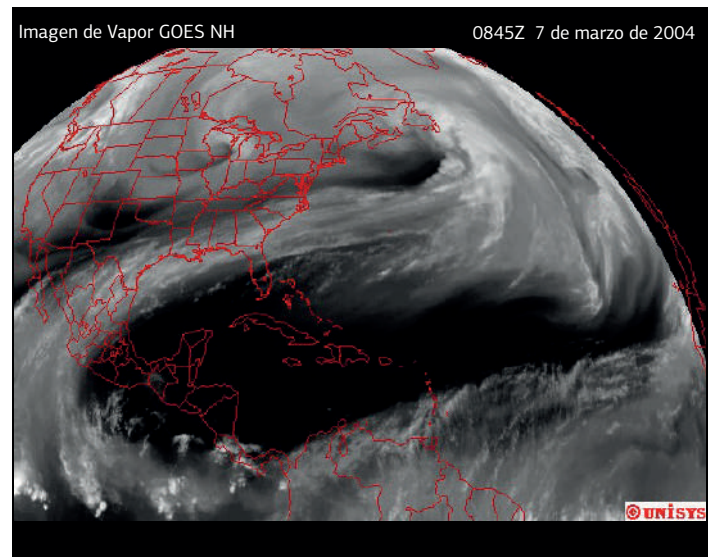


FIGURA 6. Imagen de Vapor GOES del 7 de marzo del 2004, muestra un jet subtropical que interactúa con un anticiclón frente a las costas del occidente de México. Fuente: Unisys.

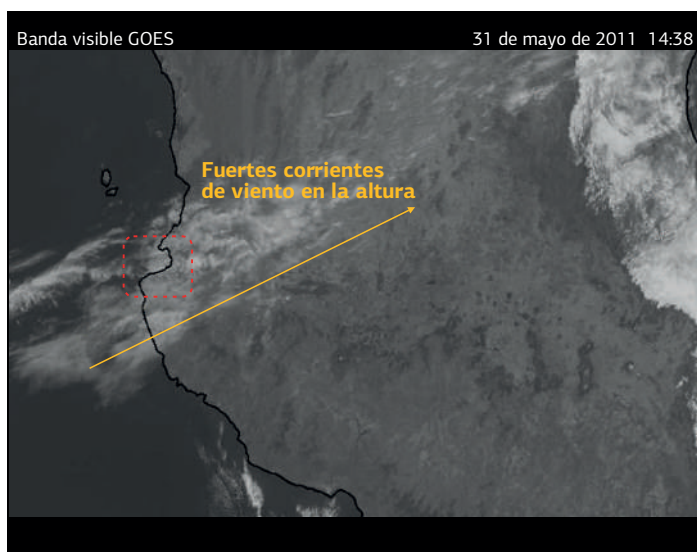


FIGURA 5. Imagen GOES de una imagen de banda visible del 31 de mayo del 2011 a las 14:38 UTC, de un jet de niveles bajos en la región de estudio durante el temporal de estiaje. Fuente: NASA.

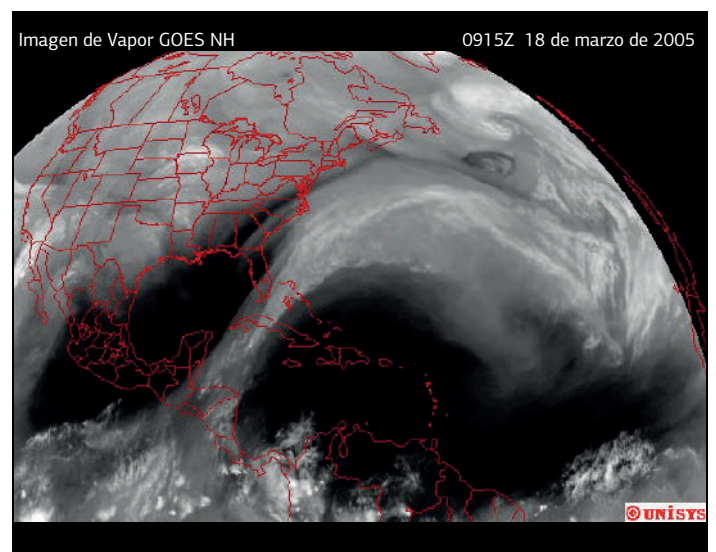


FIGURA 7. Imagen de Vapor GOES del 18 de marzo del 2005 de un anticiclón frente a las costas del occidente de México. Fuente: Unisys.

JULIO CESAR MORALES-HERNÁNDEZ, OSCAR FRAUSTO-MARTÍNEZ, JORGE IGNACIO CHAVOYA-GAMA, HÉCTOR JAVIER RENDÓN-CONTRERAS, GUADALUPE IRIS LETICIA CAMBA-PÉREZ [pp. 33-43]

día y se denomina onda de calor, que pueden provocar valores de temperatura extremos; a su vez la humedad relativa registra las máximas caídas, que responde a los valores extremos de temperatura, esto coincide con las fuertes sequías (Figura 7).

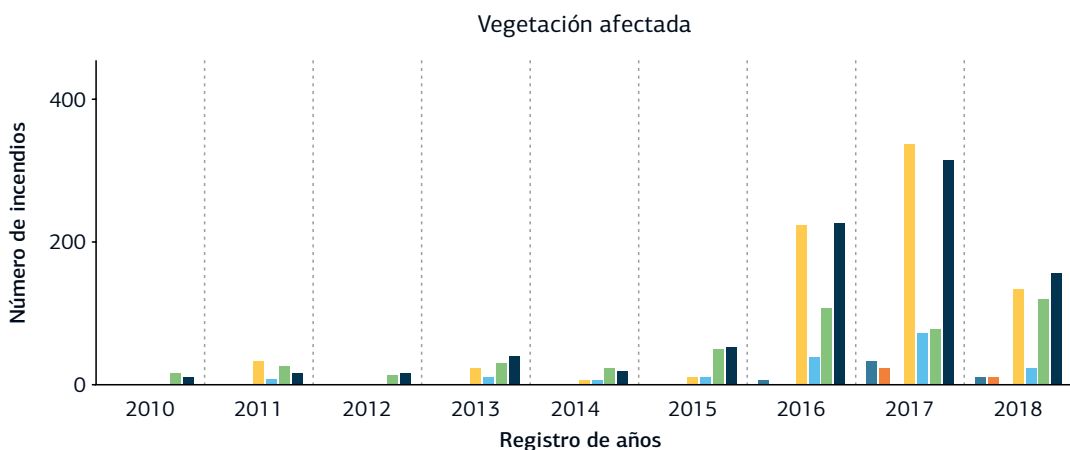
Análisis de la incidencia de incendios sobre la cobertura vegetal

En la Tabla 3 se pueden observar las coberturas vegetales que más se han afectado en el periodo. Están compuestas por: Bosque de Pino-Encino (al sur de la

Bahía), Selva Mediana, Selva Baja y secundaria que hacen parte del paisaje que normalmente rodean los cultivos, formando los denominados mosaicos o misceláneas, también muestran registros o reportes de incendios importantes en las zonas agrícolas (Gráfica 2). La temperatura, fue otra variable ambiental que también se analizó, pero no mostró asociación alguna, indicando que en esta región no es una causa directa, destacando aún más la idea de que, un ambiente seco, más no caliente, es más propenso en determinadas épocas del año, a originar incendios (Gráfica 3).

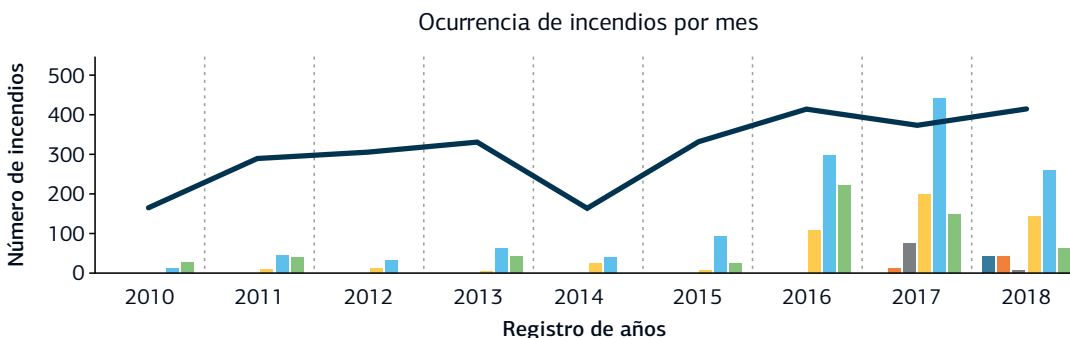
TABLA 3: Tipos de vegetación afectada por los incendios forestales en el periodo de estudio.

Tipo de Vegetación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Agricultura de Riego	1	4	3	8	6	4	10	36	14
Agricultura Temporal	2	6	2	4	1	0	8	28	14
Asentamientos urbanos	3	0	3	1	0	0	4	8	2
Bosque Pino-Encino	8	36	10	25	9	13	229	344	138
Pastizal y Sabanoide	5	9	3	14	11	12	44	77	28
Selva Baja	21	31	16	32	27	51	112	82	125
Selva Mediana	14	20	19	44	22	56	232	319	160
Total	54	106	56	128	76	136	639	894	481



GRAFICA 2. Incendios forestales en los ecosistemas costeros para la región de Bahía de Banderas en el periodo 2010-2018.

LEYENDA
 Agricultura de riego
 Agricultura temporal
 Asentamientos urbanos
 Bosque Pine-Encino
 Pastizal y Sabanoide
 Selva baja
 Selva mediana



GRAFICA 3: Ocurrencia de Incendios Forestales en el periodo de estudio y su relación con la temperatura.

LEYENDA
 Enero
 Febrero
 Marzo
 Abril
 Mayo
 Junio
 Temperatura

De acuerdo con los resultados obtenidos y al trabajo que se realizó en campo con las observaciones de algunos puntos de calor, observamos que en zonas donde la precipitación fue por debajo de la norma + descuido de los agricultores = incendios de importante magnitud, acertando con lo propuesto por Aragón y col. (2008: 1783), quienes señalan que el origen de los incendios se puede clasificar en cuatro grupos: naturales, sociales, técnicos y desconocidos. Observamos que la mayor ocurrencia está asociada a asuntos de orden público, conflictos sociales (venta de tierras) y tradiciones (quemadas agrícolas), por lo que se estima que en mayor porcentaje son de origen antrópico. Esto indica que la presencia humana es uno de los principales factores de riesgo, independientemente de la vulnerabilidad climática y, tal como lo indica, la expansión humana y sus demandas por bienes y servicios son características que están muy vinculadas, ocasionando que aumente la presión sobre los sistemas ecológicos.

Conclusiones

Los incendios en el área de estudio se mantienen dentro del patrón temporal que caracteriza la dinámica general en Bahía de Banderas. Las épocas donde se presentan estos eventos son las temporadas secas que generalmente van de finales de diciembre a inicios de junio. Una de las principales causas de los incendios son la acumulación del combustible que, aunado a condiciones ambientales de sequía y fuertes vientos, resultan ser los causales de incendios de grandes magnitudes. De acuerdo con el historial de incendios del período de tiempo evaluado, la pérdida de superficie boscosa por causa de fuego ha ido en aumento. La vegetación que se ha visto mayormente afectada corresponde a la vegetación que se encuentra en la zona agrícola, tales como arbustos, pastizales, vegetación seca y vegetación de transición o secundaria. Sin embargo, la vegetación de Bosque de pino y Bosque de encino son las que presentan mayor afectación de todas las coberturas vegetales valoradas, convirtiéndose en la categoría más representativa. Comprendiendo la influencia de las variables ambientales y la distribución espacio temporal, se puede entender que el origen de los incendios está más directamente relacionado con la intervención del hombre en áreas naturales, donde la quema para aumentar la frontera agropecuaria motiva su inicio, sobre todo en áreas de baja altitud. El uso de

los Sistemas de Información Geográfica representa una herramienta valiosa en la búsqueda de estrategias para la prevención de incendios, como la búsqueda de áreas de respuesta homogénea similares. Además, es necesario desarrollar mediante estas herramientas, modelos que permitan la conjunción de las variables que se relacionan con la incidencia de incendios y que tengan alta eficiencia en la representación de la vulnerabilidad real, pero que a su vez puedan ser empleados en cualquier otro territorio con problemáticas semejantes. Los resultados de este trabajo contribuyen al conocimiento de la dinámica de incendios en la región y dentro de una escala local permitirá a las entidades de control tener un panorama general, del cual podrán desarrollar métodos de control y prevención que aporten en el establecimiento y continuidad del plan nacional de prevención, control de incendios forestales y restauración de áreas afectadas.

Agradecimientos

Se agradece a las REDESCLIM del CONACYT por el apoyo para la elaboración de este artículo en colaboración multidisciplinaria, así como también al cuerpo académico UDG-CA-303 PROMEP por el apoyo de este proyecto y a la Universidad de Guadalajara por todas las facilidades para realizar esta investigación.

RESUMEN CURRICULAR

DR. JULIO CESAR MORALES HERNÁNDEZ. Licenciado en Ecología Marina por la UAGRO y Doctorado en Ecología y Manejo de Recursos Naturales por la UDG. Actualmente se desempeña como profesor investigador de tiempo completo del Departamento de ciencias exactas de la división de Ingenierías del Centro Universitario de la Costa de la Universidad de Guadalajara. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Es Integrante de la Red de Desastres Asociados a Fenómenos Hidrometeorológicos y Cambio Climático del CONACYT.

DR. ING. GEÓG. OSCAR FRAUSTO-MARTÍNEZ. Licenciado y Maestro en Geografía por la UNAM; Doctor en Ingeniería por la Universidad Bauhaus Weimar, Alemania. Actualmente se desempeña como profesor investigador de tiempo completo definitivo del Departamento de ciencias de la División de Desarrollo Sustentable de la Universidad de Quintana Roo. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores.

Es Integrante del comité técnico académico de la red de desastres asociados a fenómenos Hidrometeorológicos y cambio climático del CONACYT e integrante de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística.

DR. JORGE IGNACIO CHAVOYA GAMA. Doctor en Ciudad, Territorio y Sustentabilidad. Obtuvo la Maestría en Ciencias para el Desarrollo Sustentable y Turismo. Y es Arquitecto por la Universidad de Guadalajara. En la actualidad se desempeña como director de la División de Ingenierías del CUCosta, es Investigador Líder del Cuerpo Académico UDG-CA-303 Estudios de la Ciudad, Arquitectura y Desarrollo. Actualmente es miembro del Sistema Nacional de Investigadores-Candidato.

DR. HÉCTOR JAVIER RENDON CONTRERAS. Doctor en Ciencias para el Desarrollo Sustentable, maestría en Desarrollo Sustentable y Turismo por la Universidad de Guadalajara y licenciatura en Ingeniería en Construcción Naval por el Instituto Tecnológico del Mar. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel Candidato, actualmente soy jefe de departamento de Ciencias Exactas y colaboro en el cuerpo académico CA-303 UDG, Ciudad, Territorio y sustentabilidad.

MTRA. GUADALUPE IRIS LETICIA CAMBA PÉREZ. Licenciada en Contaduría Pública y Maestría en Tecnologías para el aprendizaje por la Universidad de Guadalajara. Actualmente se desempeña como secretario de la división de ingenierías y profesor del Centro Universitario de la Costa.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Agee J.K. (1993). Fire ecology of Pacific Northwest Forests. Island Press. Washington. Pp. 493.
- Aragao Leoc, Malhi Y, Barbier N, Lima A, Shimabukuro Y, Anderson L. (2008). Interactions between rainfall, deforestation and fires during recent years in the Brazilian Amazonia. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 363:1779-1785
- Armenteras P., D., G. Galindo & M. Romero. (2005). Vegetation fire in the savannas of the llanos orientales of Colombia. *World resource review.* 17: 628-647.
- Armenteras, D; F. Gonzáles, & C. Franco. (2009). Distribución geográfica y temporal de incendios en Colombia utilizando datos de anomalías térmicas. *Caldasia* 31(2), 303-318.
- Armenteras-Pascual D, Retana-Alumbreros J, Molowny-Horas R, Roman-Cuesta RM, González-Alonzo F. (2011). Characterising fire spatial pattern Interactions with Climate and vegetation in Colombia. *Agr Forest Meteorol.* 279-289.
- CEDESTUR-CEEB-AEBB. (2001). Bahía de Banderas a Futuro: 2000-2005, Centro de Estudios Estratégicos para el Desarrollo Turístico Sostenible. Asociación de Empresarios de Bahía de Banderas, Puerto Vallarta. Pp. 100-104.
- CESPEDES. (2002). Bosques y biodiversidad en riesgo. Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable. Pp. 261.
- Chuvieco, E. y Congalton, R.G (1989). Application of remote sensing and Geographic Information Systems to Forest fire hazard mapping. *Remote Sensing of Environment.* 29, 147-159.
- Chuvieco, E. y Salas, F.J. (1996). Mapping the spatial distribution of forest fire danger using GIS. *Intenuaiorud Jow Tud of Geogrtphical Information Systems* 10, 333-345.
- Chuvieco, E. (1999). Measuring changes in landscape pattern from satellite images: Short-term effects of fire on spatial diversity. *International Journal of Remote Sensing,* 20(12), 2331-2346.
- Chuvieco, E., Giglio, L. & Justice, C. (2008). Global characterization of fire activity: toward defining fire regimes from Earth observation data. *Global Change Biology.* 14, 1488-1502.
- Cochrane M.A. (2003). Fire science for rainforests. *Nature.* 421, 913-919.
- Costafreda Aumedes S., Vega García C., Comas Rodríguez C. (2017). Spatio-temporal analysis of human-caused fire occurrence patterns in Spain. *Memòria presentada per optar al grau de Doctor per la Universitat de Lleida Programa de Doctorat en Gestió multifuncional de superfícies forestals.* Pp 139.
- Di Bella, C.M., Fischer, M.A. Mari, NA. (2008). Teledetección satelital y fuego en áreas naturales. *Ciencia Hoy.* 18, 104.
- Dwyer, E., J.M.C. Pereira, J.M. Gregoire & C.C. Dacanara. (1999). Characterization of the spatio-temporal patterns of global fire activity using satellite imagery for the period April 1992 to March 1993. *Journal of Biogeography* 27, 57-69.
- FAO. (2011, 22 diciembre). Recursos Genéticos Forestales. Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques en el sur y sureste de México. Extraído el 15 de junio 2017, desde <http://www.fao.org/docrep/006/j0606s02.htm>.

- Fulé, P.Z. y Covington, W.W. (1999). Fire regime changes in La Michilía Biosphere Reserve, Durango, México. *Conservation Biology* 13(3), 640-652.
- Giglio, L., J. Descloitres, C.O. Justice & Y.J. Kaufman. (2003). An enhanced contextual fire detection algorithm for MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 87, 273-282.
- Jaiswal, R. K., Mukherjee, S., Raju, K. D., & Saxena, R. (2002). Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4(1), 1-10.
- K.V. Suryabagavan, M. Alemu, M. Balakrishnan. (2016). GIS-based multi-criteria decision analysis for forest fire susceptibility mapping: A case study in Harena forest, southwestern Ethiopia. *Trop. Ecol.* 57 (1), 33-43.
- Lauk, C., Erb, Kh. (2009). Biomass consumed in anthropogenic vegetation fires. Global patterns and processes. *Ecol Econ Manage.* 607-617.
- Merino de Miguel S, Huesca M, González Alonso F. (2010). Modis Reflectance and active fire data for burn mapping and assessment at regional level. *Ecol Modell.* 67-74.
- Narendran K, Murthy IK, Suresh HS, Dattaraja HS, Ravindranath NH, Sukumar R. (2001). Nontimber forest product extraction, utilization and valuation: a case study from the Nilgiri Biosphere Reserve, Southern India. *Econ Bot.* 528-538.
- NASA. (2014, agosto 6). National Aeronautics and Space Administration. Extraído el 23 de agosto del 2014, desde <http://modis.gsfc.nasa.gov>.
- Pereira G, Freitas SR, Moraes EC, Ferreira NJ, Shimabukuro YE, Rao VB. (2009). Estimating tracegas and aerosol emissions over South America: Relationship between fire radiative energy released and aerosol optical depth observations. *Atmos Environ.* 6388-6397
- Plata -Rosas, L. J., (2007). Dinámica de las Ondas Internas en la Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit, México. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Baja California. FCC-IIO. Ensenada, B.C.
- Pyne S.J., Andrews P.L. y Laven R.D. (1996). Introduction to wildland fire. John Wiley, Nueva York. Pp.769
- Said, B.M., Zahran, E.M., Shahriar, & Shams (2017). Forest Fire Risk Assessment Using Hotspot Analysis in GIS Safwanah Ni' matullah. *The Open Civil Engineering Journal*, 11, 786-801
- Sánchez-Rodríguez R. y Cavazos, T. (2015). Capítulo 1: Amenazas naturales, sociedad y desastres. Conviviendo con la Naturaleza: El problema de los desastres asociados a fenómenos hidrometeorológicos y climáticos en México. REDESClim, México, Ediciones ILCSA. Pp.1-45.
- Santiago F.H., Servín M.M., Rodarte H.C. y Garfias F.J. (1999). Incendios forestales y agropecuarios: prevención e impacto y restauración de los ecosistemas. Universidad Nacional Autónoma de México, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca e Instituto Politécnico Nacional. México D.F.
- Sarmiento-Pinzón, CE y Fonseca-Tobián, CP. (2010). Incidencia de incendios forestales en biomas naturales y transformados en Colombia durante el periodo 1997-2009. Informe sobre el Estado de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Componente de Biodiversidad Continental 2009, Bogotá, D.C., Colombia: Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Pp.88-100.
- Whelan R. (1995). The ecology of fire. Cambridge Univ. Press. Cambridge.
- Zedler P.H., Gautier C.R. y McMaster, G.S. (1983). Vegetation change in response to extreme events: the effect of a short interval between fires in California chaparral and coastal scrub. *Ecology* 64 (4), 809-818.

