

Análisis de áreas afectadas por incendios y su relación con baja precipitación, con base en información de imágenes de satélite

Ximena Gabriela Quintero Aguirre (1), Alejandro Fidel Flamenco Sandoval (2)

¹ Ingeniería Geomática, Universidad de Guanajuato | quintero031@hotmail.com

² Departamento de Ingeniería Geomática e Hidráulica, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato | Alejandro_flamenco@hotmail.com

Resumen

El objetivo del trabajo es relacionar información de áreas afectadas por incendios y datos de precipitación pluvial para contar con un estimador indirecto de las áreas vulnerables a sufrir incendios. La zona de estudio comprende el Bajío Guanajuatense. Se calculó el índice normalizado de área incendiada o quemada (NBR) a partir de dos bandas del espectro electromagnético y después se calculó el cambio entre un NBR para una fecha en el tiempo y el de la siguiente fecha. Se elaboraron mapas interpolados de precipitación mensual. El proceso incluyó seleccionar y procesar imágenes de satélite del periodo elegido. Luego se reclasificaron las imágenes y los mapas de precipitación. Se generaron tablas de contingencia entre los mapas de cambio de NBR y los mapas de precipitación. Dichas tablas se analizaron estadísticamente con una prueba de Chi cuadrada (X^2) para comprobar la hipótesis planteada. Se discute sobre las relaciones esperadas entre la intensidad de lluvia y la gravedad de incendios ocurridos en el periodo de estudio. Los incendios en pastizales y arbustos afectan buena parte de la vegetación silvestre remanente en la subprovincia. El uso de imágenes de satélite puede contribuir al análisis de información meteorológica para identificar la vulnerabilidad a incendios.

Abstract

Objective for this project was to relate wildfire affected areas and rainfall information in order to achieve an indirect estimator of wild fire susceptible areas. Study region comprise almost all Bajío Guanajuatense physiographic subprovince. Normalized Burn Ratio (NBR) was calculated using two electromagnetic spectrum bands. It was calculated for each one image. Afterwards, these images were used to calculate change in NBR, using one date NBR and the next date NBR. Monthly rainfall interpolated maps were generated. There was a reclassified task for change NBR and rainfall maps. Cross tables were made overlaying reclassified change NBR image and reclassified rainfall maps. Using Chi square (X^2) statistic test our hypothesis was contrasted. There is a broadly discussion about expected relationships between rainfall intensity and wildfire severity happened along study time term. Wildfires which affect ranchlands, pasture and scrublands, threat wild vegetation which remains in the region. Using satellite images may help to analyze weather information in order to find wildfire threats.

Palabras Clave

NBR, NDII, mapas interpolados, reclasificación de datos, incendios.

INTRODUCCIÓN

Los incendios y su relación con variaciones en el estado del tiempo

En todo el país, anualmente se presentan incendios forestales de diversas magnitudes, los cuales tienen lugar principalmente durante la estación seca del año, entre diciembre y agosto [1]. En el verano de 1997, los huracanes que azotaron las costas mexicanas fueron relevantes, entre otros daños, por los estragos causados a zonas agrícolas y de vegetación silvestre. En lugares del norte y centro del país, las bajas temperaturas y las nevadas registradas durante el invierno contribuyeron además a la disposición de grandes cantidades de material vegetal combustible. Finalmente, las lluvias del verano de 1998 iniciaron tardíamente en el país, por lo que en ese periodo de sequía el número de incendios registrados se disparó de manera inusitada [2]. En México entre los años 1980 y 1997 en promedio los incendios fueron 6,837 al año, afectando una superficie de 223,114 ha. El 80% del área afectada estaba cubierta por arbustos y matorrales (vegetación que se renueva) [3]. En 1998 los incendios se incrementaron. Hasta el 31 de julio ocurrieron 14,242 incendios que afectaron 582,857 ha. El 73% de las áreas afectadas fueron pastizales y zonas arbustivas [3]. La razón principal de la virulencia con que ocurrieron tantos y tan intensos incendios fueron las anomalías derivadas del fenómeno climático conocido como “El Niño”.

Imágenes de satélite para identificar áreas afectadas por incendios

El Índice de Infrarrojos de Diferencia Normalizada (NDII por sus siglas en inglés) resulta más eficaz para cartografiar áreas quemadas, ya que la señal de cubierta quemada es más nítida en el segmento del espectro electromagnético Infrarrojo medio de Onda Corta (SWIR por sus siglas en inglés), especialmente para separar la señal del carbón de las zonas con reflectividades bajas, además de que hay menos alteraciones de otros factores externos, como la atmosfera [4].

Disponibilidad de información meteorológica

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) tiene un servidor con información disponible al público. Su información permite seguir el comportamiento meteorológico desde épocas remotas (1825 al presente) y aunque esto no ocurre en todas las estaciones, muchas de ellas cumplen con periodos que permiten establecer normales climatológicas (más de 30 años consecutivos). La red incluye miles de estaciones distribuidas a lo largo del país.

Hipótesis de trabajo: Utilizando información del espectro electromagnético correspondiente al infrarrojo cercano y medio de onda corta y de lluvias escasas o nulas es posible identificar áreas que han sufrido incendios. **Objetivo:** Relacionar información de áreas afectadas por incendios y datos de precipitación pluvial para contar con un estimador indirecto de las áreas vulnerables.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio corresponde a la subprovincia fisiográfica del Bajío Guanajuatense (IMAGEN 1). Es una región llana, interrumpida por algunos lomeríos y cerros aislados. Esta región, ocupa toda la parte del estado que se ubica al sur de la Sierra de Guanajuato. Se caracteriza por una llanura de 1,700 a 1,800 metros de altitud y en su mayoría está ocupada por labores agrícolas altamente tecnificadas. Se considera que sus tierras son de las más ricas del país [5].

Imágenes de satélite para generar NBR

El NVII también llamado Índice de Relación Normalizada Quemada (NBR por sus siglas en inglés), se calcula a partir de dos bandas adquiridas al mismo tiempo (b4 infrarrojo cercano y b7 infrarrojo medio) de la misma imagen

$$NBR = \frac{E_4 - E_7}{E_4 + E_7}$$

[6]. La diferencia entre un NBR para una fecha en el tiempo y el de la siguiente fecha se llama Cambio en NBR. Este índice se calcula a partir de una imagen justo antes de la quema y un segundo se calcula para una imagen inmediatamente posterior a la quema; sus valores tienden a tener

variación por la escena y la interpretación en casos específicos siempre debe basarse en alguna evaluación sobre el terreno.

$\Delta NBR = NBR_{PREFIRE} - NBR_{POSTFIRE}$

[6].

Mapas de precipitación mensual

Para la elaboración de mapas interpolados de precipitación mensual se seleccionaron las estaciones meteorológicas que quedan en la subprovincia y un área de influencia delimitada por la subescena de las imágenes Landsat TM que se utilizaron para generar los índices de área afectada. Se trabajó con la información de precipitación de 92 estaciones climatológicas. De esas 92 estaciones climatológicas se utilizó la información de la precipitación desde el 1 de Octubre de 1997 al 31 de Mayo de 1999. Esta información se sistematizó en una base de datos. Utilizando los datos de las estaciones meteorológicas, se incorporaron como capa geográfica en el software ArcGIS ver. 10.2© y se realizó una interpolación con el método de Kriging lineal, para genera una superficie estimada a partir de un conjunto de puntos dispersados con valores z. Se elaboró un mapa para cada mes que cubriera del inicio de la temporada de secas de 1997 (octubre) al final de la temporada de secas de 1999(mayo).

Procesamiento de imágenes de satélite

Se seleccionaron y procesaron las imágenes de satélite con características determinadas previamente, usando el complemento del programa Quantum GIS versión 2.8© "Semiautomatic clasification" [7], una vez seleccionadas las imágenes, se revisaron desplegando el compuesto de color de cada escena utilizando el programa Mutlispec para Windows versión 3.4© [8], con el mismo programa se generaron las imágenes apiladas con las siete bandas espectrales en el orden respectivo. A partir de las imágenes de satélite, y usando el programa

ERDAS IMAGINE© ver. 2013 se realizó el cálculo del NBR para cada imagen seleccionada y luego calcular el DNBR entre índices consecutivos. Para ello se utilizó el módulo de programación gráfica Model Maker.

Reclasificación de imágenes y mapas de precipitación.

Para agilizar la interpretación de los datos y facilitar su análisis, estos fueron reclasificados utilizando el módulo correspondiente de ArcGIS ver. 10.2©. Los mapas de cambio de NBR se reclasificaron utilizando tres clases modificadas del método utilizado en el programa FireMon [10] (Tabla1). En cuanto a los mapas interpolados de precipitación, debido a la variación mensual en las cantidades registradas, se optó por clasificar cada mapa con tres categorías (Tabla 2) que se determinaron a partir de un clasificador de rupturas naturales, que determina, con base en el número de categorías seleccionado, cuáles son los puntos de inflexión que separan los datos en el número deseado de clases.

Tablas de contingencia.

Utilizando la herramienta para tabular áreas del programa ArcGIS 10.2© se realizaron las 22 tablas de contingencia entre el mapa de categorías de severidad de incendio de los cambios de NBR y el mapa de categorías de precipitación. Para esas tablas se realizaron análisis de Chi cuadrada (X^2) para comprobar si la hipótesis planteada era válida o se sostenía la hipótesis de que no hay relación entre la severidad de los incendios y la baja disponibilidad de lluvia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 3 se muestran las relaciones esperadas entre la intensidad de lluvia y la gravedad de incendios ocurridos durante el periodo de estudio. Con base en la hipótesis planteada, a mayor sequía correspondería mayor gravedad del incendio. La gama de colores indica

la relación esperada. Los colores más cálidos implicarían una mayor relación entre la baja intensidad de lluvia y mayor gravedad de los incendios, mientras que los más fríos implicarían una muy baja incidencia de incendios y una mayor regeneración de la vegetación afectada.

De los análisis de X^2 la hipótesis propuesta resultó cierta en la mayoría de los casos, excepto para el mes de marzo de 1999, en que las lluvias fueron nulas o escasas en toda la zona de estudio, pero tampoco hubo incendios de ningún tipo. Es posible que esto se relacione con la falta de material vegetal combustible que en gran medida se había quemado con anterioridad. El siguiente paso será analizar con profundidad las relaciones entre las categorías de ambas variables.

Los incendios en pastizales y arbustos afectan buena parte de la vegetación silvestre remanente en la subprovincia [3]. Entender los patrones de incendio que pueden afectar a estos remanentes es de utilidad para establecer medidas de prevención. Para el periodo analizado, el manejo de fuego en las tierras agrícolas fue muy intenso. La mayor parte de los sitios detectados en este trabajo correspondieron a este tipo de uso del suelo (IMAGEN 2).

Las imágenes de satélite se han vuelto cada vez más accesibles [9], pero a pesar de un incremento en todas las resoluciones, aún hay limitaciones, principalmente ambientales, que complican los análisis multitemporales. Este ejercicio resultó excesivamente demandante de tiempo, principalmente para generar series de tiempo que permitieran contar con secuencias completas, sobre todo por la presencia incidental de nubes y bruma.

El trabajo realizado es una fase de exploración, pero en el futuro se debe trabajar con clases más detalladas y con métodos de análisis adicionales, sobre todo para identificar la relación más precisa entre la cantidad de precipitación registrada y la posible severidad con que pueden ocurrir los incendios.

CONCLUSIONES

El procesamiento digital de imágenes permite analizar información ambiental de manera eficiente, ya que el trabajo en campo y análisis de

los datos recabados por otros medios requieren alta inversión de tiempo y recursos. Las imágenes son cada día más accesibles, sin embargo su tratamiento requiere de mucho trabajo para ordenar los datos y se necesitan nuevos algoritmos para manejar toda la información disponible de manera más rápida. La región de estudio representó un reto para comprender en una primera aproximación la dinámica de fuego en la región. Sería aleccionador trabajar en adelante en zonas con otros usos del suelo predominantes, y sobre todo evaluar el efecto de los incendios forestales en las regiones forestales del estado.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Dirección de Apoyo a la Investigación y Posgrado de la Universidad de Guanajuato por la beca otorgada a la primera autora para realizar este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Los incendios en México. Un análisis de su amenaza a la biodiversidad
http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/puntos_calor/doctos/incendios.html.
- [2] Palacio Prieto, J.L., Luna González, L., Macías Morales, L. 1999. Detección de incendios en México utilizando imágenes AVHRR (temporada 1998). *Investigaciones Geográficas*, 38: 7-14
- [3] Cedeño Sánchez, O. 1998. Resultados de la campaña antiincendios de México 1998. Reunión sobre políticas públicas que afectan a los incendios forestales. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma.
(<http://www.fao.org/docrep/003/x2095s/x2095s10.htm>)
- [4] Chuvieco, E. 2010. Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio. Ariel.
- [5] Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, Guanajuato
<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM11guanajuato/mediofisico.html>
- [6] http://wiki.landscapetoolbox.org/doku.php/remote_sensing_method_s:normalized_burn_ratio
- [7] Congedo, L. 2015. Semi-Automatic Classification Plugin Documentation. Release 4.3.4.2.
<https://cdnmedia.readthedocs.org/pdf/semiautomaticclassificationmanual-v4/latest/semiautomaticclassificationmanual-v4.pdf>
- [8] Purdue Research Foundation. 2015. Multispec Application version 3.4 (32 bits version).
<https://engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/>

[9]USGS Global Visualization Visor <http://glovis.usgs.gov/>[10] Lutes, Duncan C.; Keane, Robert E.; Caratti, John F.; Key, Carl H.; Benson, Nathan C.; Sutherland, Steve; Gangi, Larry J.. 2006. FIREMON: Fire effects monitoring and inventory system. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-164-CD. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 1 CD. General Technical Report (GTR).

Cambio de IAQ	Gravedad
< -0.1	REGENERACIÓN POST-INCENDIO.
-0.1 a 0.27	SIN QUEMAR O QUEMA DE BAJA INTENSIDAD
> 0.27	QUEMA MODERADA A INTENSA.

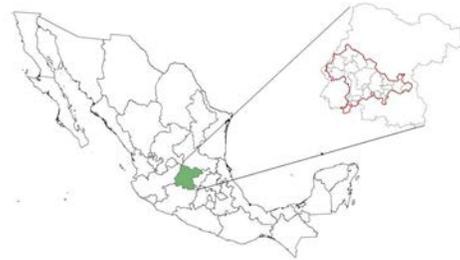


IMAGEN 1: Ubicación del área de estudio

Tabla 1. Categorías de clasificación de la severidad de cambio de NBR. Modificado del método propuesto por el programa FireMon[10]

Clasificación	Categoría
1	ESCASA NULA
2	MODERADA
3	ALTA

Tabla 2. Clasificación para los mapas de precipitación

Gravedad del incendio	Intensidad de lluvia		
	Lluvia nula o escasa	Lluvia moderada	Lluvia intensa
Regeneración post-incendio.			
Sin quemar o quema de baja intensidad			
Quema moderada a intensa.			

Tabla 3. Relaciones esperadas entre la intensidad de lluvia y la gravedad de incendios ocurridos durante el periodo de estudio

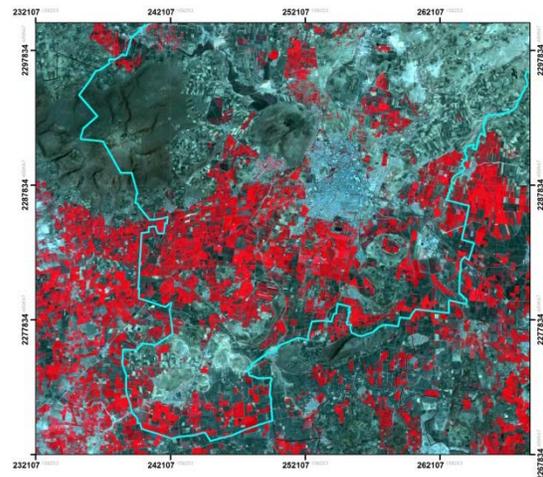


IMAGEN 2: El color rojo representa zonas agrícolas.