

IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RECURRENCIA DE INCENDIOS FORESTALES MEDIANTE ANÁLISIS MULTITEMPORAL Y APLICACIÓN DE ÍNDICES ESPECTRALES, EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.

María José Columba Tallana¹, Wendy Alezandra, Quisilema Ron¹, Oswaldo Padilla Almeida¹, Theofilos Toulkeridis²

¹Departamento de Ciencias de la Tierra y Construcción, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Ecuador. ²Departamento de Seguridad y Defensa, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Ecuador

Resumen

El presente trabajo se basa en la identificación y extracción de áreas quemadas en zonas forestales del Distrito Metropolitano de Quito en los años de 1991, 1996, 2000, 2001, 2009 y 2012 mediante análisis multitemporal e índices espectrales, utilizando imágenes de media y alta resolución, Landsat del sensor TM y ETM+, e imágenes Rapideye respectivamente.

Los resultados indican que el índice de área quemada (IAQ), permite identificar con mayor claridad áreas afectadas por incendios, analizando otros índices de interés orientados a la identificación de áreas quemadas.

Palabras clave: áreas quemadas, índice espectral, análisis multitemporal, NVDI, IAQ, NBR, DMQ

Abstract

The present work is based on the identification and extraction of burned forest areas in the Metropolitan District of Quito in the years 1991, 1996, 2000, 2001, 2009 and 2012 by multitemporal analysis and spectral indices, using images of medium and high resolution, Landsat TM and ETM+ sensor, and Rapideye images respectively.

The results indicate that the burned area index (IAQ), enable to identify more clearly areas affected by fire, analyzing others indices oriented to identified burned areas.

Keywords: burned areas, spectral index, multitemporal analysis, NVDI, IAQ, NBR, DMQ

Introducción

“En el Ecuador los últimos años la problemática de los incendios forestales se ha agudizado, ocasionando grandes daños y perjuicios de índole social, económicos y ecológicos en diferentes provincias en especial aquellas con mayor potencial e incidencia” (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2010). En este sentido, la gestión de riesgos para la prevención o mitigación de incendios forestales es limitada, ya que no existen herramientas de decisión verdaderamente suficientes y útiles que permitan realizar una planificación preventiva y una mejora en la respuesta de atención ante la presencia de este tipo de eventos. Por lo tanto el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) cada época seca es afectado por incendios forestales, los cuales en “más del 90% son originados por actividades humanas, principalmente quemas agrícolas” (CBDMQ, 2013), los mismos que “favorecidos por las condiciones climáticas y orográficas, se propagan rápidamente y afectan extensas zonas” (Plan Operativo Forestal, 2012).

Antecedentes

La Secretaría de Ambiente en el marco del Programa de Reducción de Riesgos del DMQ llevó a cabo la generación del “Proyecto de Sistemas de Información Unificado de Riesgos Urbanos”, cuyo objetivo fue el de generar una sistematización de la información útil para la gestión de riesgos urbanos.

Dicho insumo realizado por la Secretaría de Ambiente sobre los incendios forestales, es información netamente clave para poder comprender la ocurrencia potencial de incendios forestales en el DMQ. Es por ello que la generación de herramientas de conocimiento coadyuva en la gestión e intervención de los incendios forestales (Secretaría de Ambiente, 2012).

La recurrencia de los incendios forestales en el DMQ es una situación preocupante en el ámbito social, ambiental y económico, por lo cual la idea de realizar la presente investigación, responde a la necesidad e interés de generar información cartográfica a escalas que puedan ser útiles para las distintas autoridades competentes en el DMQ en la toma de decisiones de prevención o mitigación de incendios forestales; además de que la misma metodología a utilizarse en la zona de estudio pueda ser aplicada en otras zonas del país que se ven afectadas por los incendios forestales.

Área de estudio

El área de estudio comprende el Distrito Metropolitano de Quito, ubicado en la provincia de Pichincha, en Ecuador.



Figura 1. Ubicación Geográfica. Fuente: Columba, M., Quisilema, W., 2013

Metodología

Tratamiento Digital de Imágenes Satelitales, Para la interpretación de las imágenes satelitales obtenidas por distintos sensores, se realizó con anterioridad la corrección geométrica y radiométrica de las imágenes para así contar con imágenes con los mismos parámetros espaciales y radiométricos que permitan posteriormente el respectivo análisis multitemporal (Chuvieco 2002).

Identificación y Extracción de Áreas Quemadas, Una vez que se han corregido las imágenes satelitales, se aplican distintas técnicas que permiten identificar y extraer de la mejor forma posible las áreas quemadas.

Combinación de Bandas multitemporales, Se refiere a la composición específica de las bandas multispectrales de las imágenes satelitales, usando bandas de épocas diferentes, para identificar ciertos objetos. Esta técnica no es muy precisa ya que solo se basa en una interpretación visual.

Índices Espectrales multitemporales, Se utilizaron los índices espectrales para identificar la pérdida y el daño de la vegetación ocasionados por el fuego: NVDI (Normalized Differenced Vegetation Index), IAQ (Índice de Área Quemada) y NBR (Normalized Burnt Ratio), que permiten discriminar de mejor manera zonas quemadas. Se compararon índices de diferentes fechas, además de generar índices con bandas de diferentes fechas (Padilla, 2005).

$$NDVI_i = \frac{\rho_{i,IRC} - \rho_{i,R}}{\rho_{i,IRC} + \rho_{i,R}} \quad (1)$$

Índice Normalizado de Variación de la Vegetación (NDVI), Permite identificar y estimar el estado de salud de la vegetación, donde $\rho_{i,IRC}$ y $\rho_{i,R}$ indican las reflectividades del píxel i en la banda del infrarrojo cercano y del rojo, respectivamente.

Normalized Burn Ratio (NBR), Cociente normalizado tipo NDVI, pero utilizando información del infrarrojo cercano y del infrarrojo de onda corta (Rogan y Franklin, 2001). Este índice no fue aplicado a las imágenes Rapideye, ya que no tienen la banda del infrarrojo de onda corta, donde $\rho_{i,IRC}$ es la reflectividad en la banda del infrarrojo cercano y $\rho_{i,SWIR}$ es la reflectividad en la banda del infrarrojo medio de onda corta.

$$NBR_i = \frac{\rho_{i,IRC} - \rho_{i,SWIR}}{\rho_{i,IRC} + \rho_{i,SWIR}} \quad (2)$$

Índice de Área Quemada (IAQ o BAI), Específicamente diseñado para la identificación de áreas quemadas, basándose en el comportamiento espectral de los materiales carbonizados y de las cenizas, producidos tras un incendio. El IAQ se basa en el concepto de distancia euclidiana de cada píxel de la imagen a un punto de convergencia definido en un espacio bidimensional al que tendería a aproximarse el comportamiento espectral de los píxeles recientemente quemados (Martín, 1998). Donde ρ_{nir} y ρ_r indican las reflectividades de las bandas del infrarrojo cercano y del rojo respectivamente, y ρ_{cr} y ρ_{cnir} son los denominados valores de convergencia para áreas recientemente quemadas. Se han definido como 0.1 y 0.06, respectivamente.

$$BAI = \frac{1}{(\rho_{cr} - \rho_r)^2 + (\rho_{cnir} - \rho_{nir})^2} \quad (3)$$

También se aplicó la diferencia de índices en las imágenes en las que se contaba con dos fechas para el análisis.

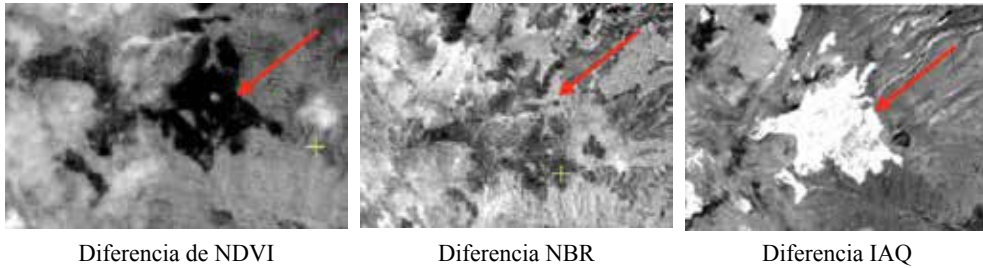


Figura 2. Diferencia de Índices Espectrales. Fuente: Columba, M., Quisilema, W., 2013

Visualmente se pueden identificar las zonas quemadas pero, al extraer la información, se observa que el programa proporciona además otra información que no corresponde a zonas quemadas, por lo cual se considera digitalizar cada incendio, considerando el IAQ, la diferencia de IAQ, y la clasificación no supervisada, para la respectiva digitalización.

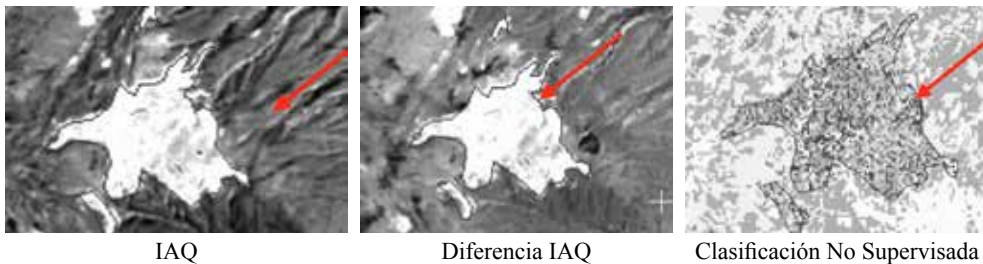


Figura 3 Digitalización áreas quemadas. Fuente: Columba, M., Quisilema, W., 2013

Resultados

Para las imágenes Landsat se aplica la combinación 7, 4, 3, del infrarrojo medio, infrarrojo cercano y del rojo respectivamente, que “permite identificar algunas formas de estrés de la vegetación (como áreas quemadas)” (Centurión, V, 2011), identificándose con una tonalidad violeta rojiza las áreas afectadas por incendios. Para las imágenes RapidEye se utiliza la combinación 5, 4, 3, del Infrarrojo cercano, borde del rojo y rojo respectivamente, en las que se pueden visualizar las áreas quemadas de un color oscuro.

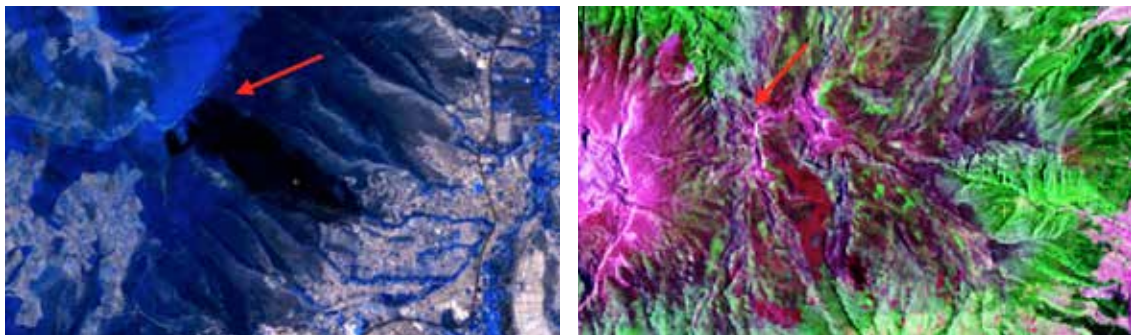


Imagen RapidEye 2012
Combinación 5, 4,3

Imagen Landsat ETM+ 2009
Combinación 7,4,3

Figura 4. Combinación de bandas. Fuente: Columba, M., Quisilema, W., 2013

Índices Espectrales

Los índices espectrales que se aplicaron permitieron discriminar de mejor forma las áreas afectadas por incendios forestales. Dentro de ellos, el IAQ (Índice de Área Quemada) es el índice que muestra mejores resultados, donde las zonas quemadas muestran un color blanco bien definido.

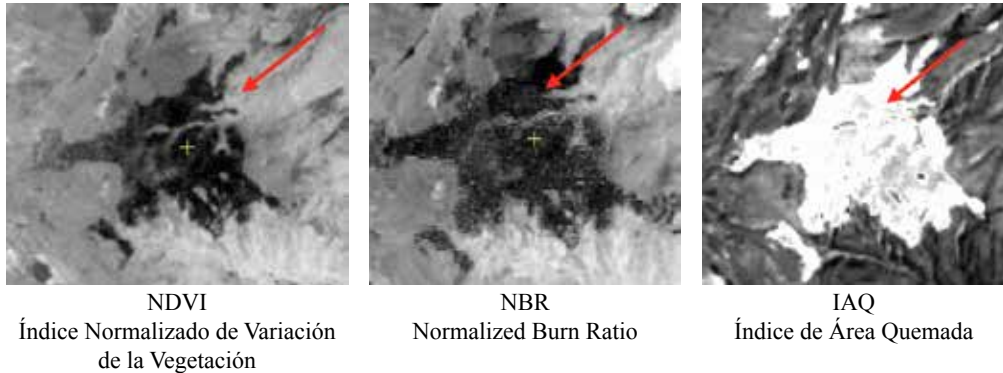


Figura 5. Comparación Índices Espectrales. Fuente: Columba, M., Quisilema, W., 2013

Áreas de Recurrencia a Incendios Forestales

La mayor afectación por incendios forestales se produjo en el año 2009, para el que se registran 2034.23 Ha. Afectadas. No se puede obtener un dato cercano a la realidad en el año 2012 debido a que solamente se pudo disponer de 3 imágenes satelitales Rapideye que no cubrían todo el Distrito Metropolitano de Quito; En el gráfico 4.1, se muestra las Ha. afectadas por incendios forestales en los años analizados.

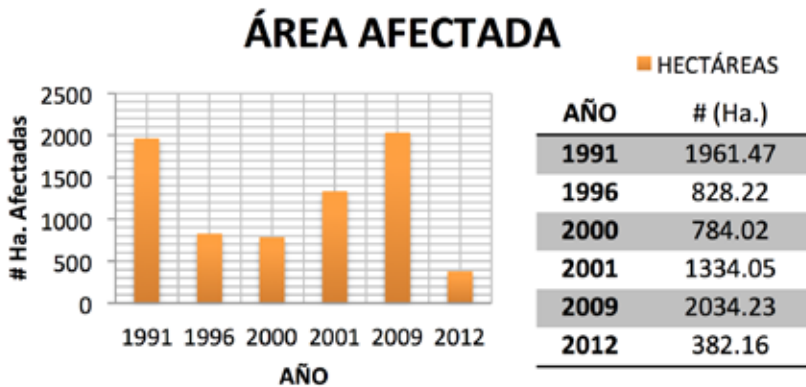


Gráfico 1. Hectáreas Afectadas. Fuente: Columba, M., Quisilema, W., 2013

Las zonas administrativas La Delicia, Eloy Alfaro y Tumbaco presentan una mayor recurrencia de incendios forestales. En la parte noroccidental de La Delicia y de la Eloy Alfaro no se registran datos debido a la espesa capa de nubes de esas zonas.

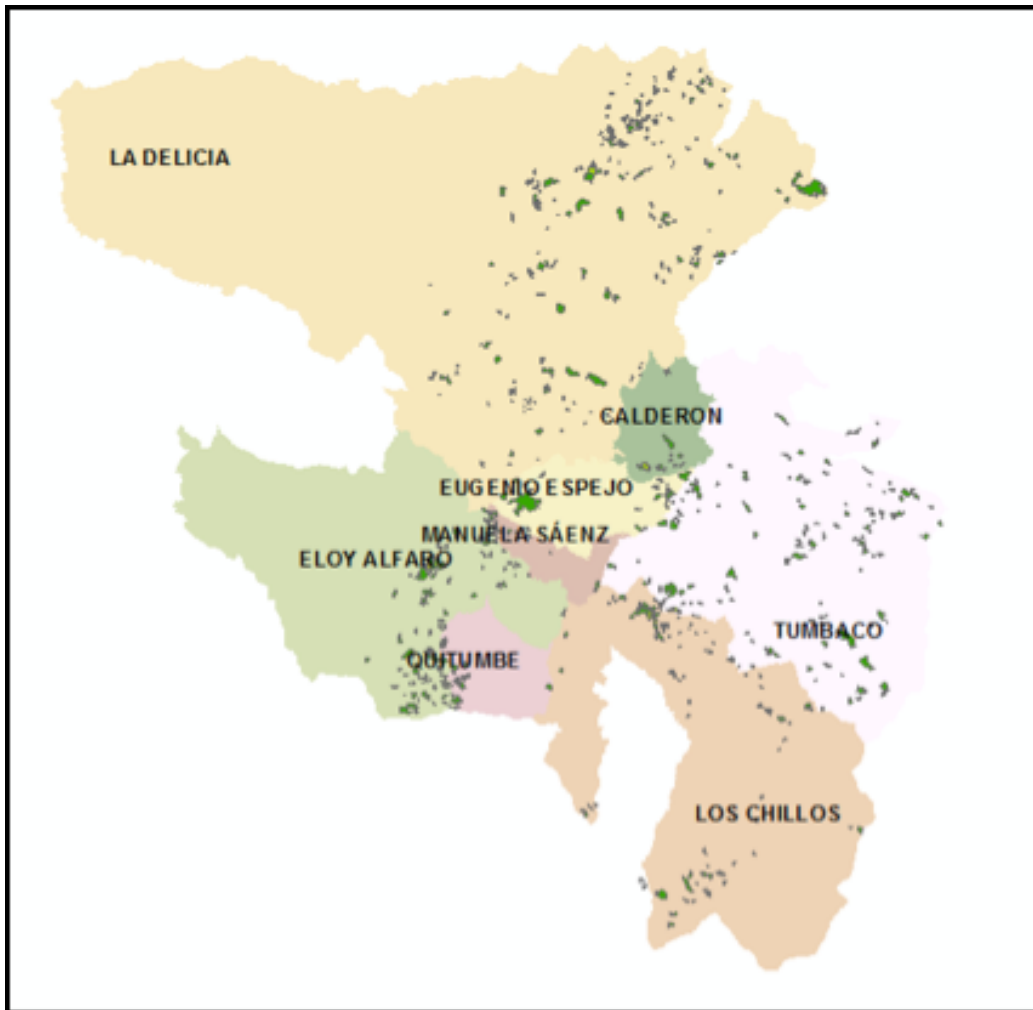


Figura6. Recurrencia de Incendios Forestales. Fuente: Columba, M., Quisilema, W., 2013

Conclusiones

Para un análisis de imágenes satelitales es importante previamente realizar las correcciones geométricas y radiométricas, además de la topográfica, ya que se necesita una homogenización relativa de los valores de reflectividad para trabajar con una misma unidad, especialmente cuando se compara imágenes de distintas fechas y sensor, y de una correcta georeferenciación.

Al comparar los índices espectrales post-incendio, el IAQ y la diferencia de IAQ en análisis multitemporal mostraron mejores resultados al discriminar las áreas quemadas.

Es preciso indicar que fue necesario realizar la digitalización de los incendios, ya que a pesar de que se lograron buenos resultados al identificar áreas quemadas con el IAQ, existieron áreas que presentaron similares características por lo cual el programa no pudo extraer solamente las zonas afectadas por incendios forestales.

Las zonas administrativas La Delicia, Eloy Alfaro y Tumbaco presentan una mayor recurrencia de incendios forestales, los mismos que afectan principalmente a las parroquias rurales de estas zonas.

Bibliografía

- Bernis, Víctor; Betancourt; Franz, (2006), “Análisis multitemporal y generación del escenario prospectivo de cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo en el Parque Nacional Llanganates”. Tesis de Grado, ESPE
- Chahi, A., Clauer, N., Toulkeridis, T. and Bouabdelli, M., 1999: Rare earth element distribution as tracer of the genetic relationship between smectite and palygorskite of marine phosphorites. *Clay Minerals*, 34: 419-427.
- Chuvieco, E.; Martín, M., (2004), “Nuevas tecnologías para la estimación del riesgo de incendios forestales” Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Chuvieco, Emilio, (2002), “Teledetección Ambiental, La observación de la Tierra desde el espacio”, primera edición, Ariel Ciencia, España.
- Chuvieco, Emilio, (2008), “Satellite observation of biomass burning, en Earth observation of global change. The role of satellite remote sensing in monitoring the global environment” Springer Science: 109-142.
- Clauer, N., Liewig, N. Pierret, M.C. and Toulkeridis, T., 2003: Crystallization conditions of fundamental particles from mixed-layer illite-smectite of bentonites based on isotopic data (K-Ar, Rb-Sr and $d18O$). *Clays and Clay minerals*, 51: 664-674.
- Heredia et. al., (2003) “Comparación de distintas técnicas de análisis digital para la Cartografía de Áreas Quemadas con Imágenes Landsat Etm+”, *GeoFocus, Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 19.
- Padilla, Oswaldo, (2005) “Cartografía de áreas Quemadas a Escala Local”, España PONCE, Carlos, (2008), “Análisis de Cambio de Cobertura Vegetal y Fragmentación en el Corredor de Conservación Comunitaria El Ángel - Bosque Golondrinas, Provincia del Carchi (1996 - 2005)”, Ecuador.
- Zhao, B., Clauer, N., Robb, L.J., Zwingmann, H., Toulkeridis, T. and Meyer, M.F., 1999: K-Ar dating of micas from the Witwatersrand Basin, South Africa: timing of post-depositional alteration and gold mineralization. *Mineralogy and Petrology*, 66: 149-170.

