

IMÁGENES SATELITALES PARA CARACTERIZAR Y MONITOREAR INCENDIOS FORESTALES EN EL PARQUE HENRY PITTIER VENEZUELA

(Satellite images for characterization and monitoring forest fires at the Henry Pittier Venezuelan Park)

Katty Marilyn Rojas Ortega

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (IIAP). E-mail: kmrojas2004@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2616-0785>

Recibido: 31-03-22

Aceptado: 09-04-22

RESUMEN

Los incendios forestales son la causa de importantes pérdidas económicas y medioambientales, estos pueden llegar a modificar o destruir ecosistemas, siendo una de las principales amenazas para la biodiversidad y se constituyen como factor importante en el aporte de carbono a la atmósfera. La evaluación de la gravedad o severidad de las quemaduras producidas por incendios ha ido evolucionando en el tiempo y se han desarrollado índices para cartografiar y monitorizar sus efectos a partir de datos procedentes de la teledetección. Este análisis tuvo como objetivo, poner en práctica el uso de la teledetección, en el manejo de incendios a través de la caracterización de la severidad de Incendios Forestales ocurridos en el Parque Nacional Henry Pittier, durante el periodo febrero-abril 2020, utilizando Imágenes multiespectrales del satélite Sentinel-2, a partir del Índice de Normalización de Área Quemada (NBR). Con este índice, se pudo caracterizar la severidad de los incendios forestales ocurridos en la vertiente sur del parque El área evaluada fue de 29.220,63 (ha), equivalente a aproximadamente un 27% del área total del parque según las clases de severidad, el área sin quemar fue de aproximadamente 11.197,32 (ha) y el área total afectada hasta mediados de abril 2020 fue de 16.376,13 (ha), lo que equivale aproximadamente a un 56% del área evaluada. El área afectada por los incendios tipificados como quemadura de baja severidad fue de 9.848,06 (ha), los de severidad Moderada-Baja 4.433,55 (ha), severidad Moderada-Alta 1.844,82 (ha) y las quemaduras de Alta severidad ocuparon un área de 249,70 (ha).

Palabras clave: Incendios forestales, teledetección, imágenes satelitales, severidad

SUMMARY

Forest fires are the cause of these important environmental losses, they can modify or destroy ecosystems, being one of the main threats to biodiversity and they constitute an important factor in the carbon's emissions to the atmosphere. The evaluation of the gravity or severity of burns produced by fires has evolved over time and indices have been developed to map and to monitor their effects from remote sensing data. This analysis aimed to put into practice the use of remote sensing, in the management of fires through the characterization of the severity of Forest Fires that occurred in the Henry Pittier National Park, during the period February-April 2020, using multispectral images of the Sentinel-2 satellite, by means of the Burned Area Normalization Index (NBR). With this index, it was possible to determine the severity of the characteristic fires that occurred on the southern slope of the Park. The tested area was 29,220.63 (ha), equivalent to approximately 27% of the total Park area; According to the severity classes, the unburned area was approximately 11,197.32

(ha) and the total affected area until mid-April 2020 was 16,376.13 (ha), which is equivalent to approximately 56% of the evaluated area. The areas affected by the fires classified as low severity burns were 9,848.06 (ha), those of Moderate-Low severity were 4,433.55 (ha), Moderate-High severity was 1,844.82 (ha) and the High severity burns occupied an area of 249.70 (ha).

Keywords: Forest fires, remote sensing, satellite images, severity

Introducción

Los incendios constituyen una de las principales amenazas para los bosques, ya que son un importante factor de transformación ambiental para una amplia variedad de ecosistemas a nivel mundial (FAO 2007 citado por Chuvieco 2009). Los incendios pueden llegar a expandirse rápidamente y devastar grandes áreas naturales y forestales, así como comunidades aledañas.

El control y gestión de incendios es de gran importancia para la preservación de la biodiversidad, evitar emisiones de CO₂, prevenir la desertificación, conservación de fauna y flora, entre otros. Por lo tanto, los programas de incendios forestales deben presentarse de manera integral y abarcar desde la prevención hasta la recuperación de áreas afectadas. Para esto podemos tener en cuenta el uso la teledetección y los sistemas de información geográfica (SIG), siendo las imágenes satelitales de gran utilidad, ya que los sensores orbitales pueden detectar el calor y los cambios en la vegetación durante y después de un incendio.

Tradicionalmente, la evaluación de la gravedad o severidad de las quemaduras producidas por incendios se ha realizado utilizando métodos de campo; sin embargo, en

la actualidad el uso de imágenes de detección remota ha ido en aumento ya que brindan una cobertura espacial completa de las áreas de interés, es relativamente económica y a través de índices y métodos estadísticos, permite contar con información precisa para la gestión de programas de Incendios Forestales. En los últimos años, se han ido desarrollando una serie de índices para cartografiar y monitorizar los efectos de los incendios forestales a partir de datos procedentes de teledetección (Botella y Fernández 2017). Uno de ellos es el Índice de Normalización de Área Quemada NBR, por sus siglas en inglés, que es un índice espectral que combina las bandas del infrarrojo cercano e infrarrojo de onda corta para diferenciar entre zonas quemadas y las no quemadas, e incluso ofrece información sobre la variación en la severidad del fuego dentro de la zona afectada (Key y Benson, 2006 citado por Botella y Fernández 2017).

El objetivo de este análisis es poner en práctica el uso de la teledetección, en el manejo de incendios forestales a través de la caracterización la severidad de Incendios Forestales ocurridos en el Parque Nacional Henry Pittier, en el periodo Febrero-Abril 2020, utilizando imágenes multiespectrales del satélite Sentinel-2.

Materiales y Métodos

Área de Estudio

El Parque Nacional Henri Pittier se encuentra ubicado en la Cordillera de la Costa, específicamente en el sector centro-occidental de la Serranía del Litoral, en las coordenadas

10°22'48" N y 67°37'8.4" W. La superficie del parque es de 107.800 (ha) y se encuentra en su mayor parte en el estado Aragua, y solamente una pequeña fracción del mismo (la porción sur-

occidental) se encuentra en el estado Carabobo (Parque Nacional Henri Pittier, 2013).

Antecedentes

Diversos autores que han evaluado las principales amenazas hacia el área del Parque Nacional Henri Pittier han establecido que los incendios de vegetación son el principal problema del parque. Año tras año el área afectada por el fuego es considerable y va en aumento, a pesar de que se dedican grandes esfuerzos por controlarlos.

Abarca y Quiroz (2005), realizaron un modelado cartográfico de riesgo de incendios en el Parque Nacional Henri Pittier y presentaron un Mapa de Ignición de incendios de vegetación. En el mismo, se puede observar que la vertiente sur del parque, cercana a los centros poblados presentan riesgos de incendios de muy alto a alto, y aproximadamente el 58% del parque se encuentra en riesgo moderado de ignición de incendio. Los autores afirman, que la mayoría de los incendios son intencionales y se realizan con la finalidad de quemar áreas para establecer viviendas, cultivos o potreros; para hacer más eficiente la cacería o como generador de presiones en asuntos políticos; así mismo, afirman que los incendios afectan principalmente la vegetación de sabana, pero cuando llegan a alcanzar grandes extensiones pueden afectar a los bosques secos o deciduos.

Para febrero de 2020 el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH), emitió un Boletín de Alerta Temprana al Riesgo de Incendios Forestales para la República Bolivariana de Venezuela, de acuerdo con información publicada más del 74% del territorio en Venezuela se encontraba en alto riesgo de incendios forestales (El Aragüño, 2020). Para el 19 de febrero se habían registrado un total de

201 focos de calor (INAMEH, 2020).

Metodología

Para el análisis de las imágenes se utilizó la metodología recomendada por United Nations, para el Mapeo de Severidad de Incendios Forestales en QGIS, descrita en <https://un-spider.org/es/asesoria/practicas-recomendadas/practica-recomendada-mapeo-gravedad-quemaduras/paso-a-paso/qgis>. Fue necesario obtener imágenes multiespectrales de alta resolución del satélite SENTINEL-2. Se obtuvieron dos imágenes, una antes de la ocurrencia de los incendios y otra después de que ocurrieron los incendios. Estas imágenes fueron obtenidas a través de la página del USGS (<http://earthexplorer.usgs.gov/>). Se seleccionaron imágenes con el menor contenido de nubosidad, para las fechas Pre-incendio: 28 de enero de 2020 y Post-incendio: 12 de abril de 2020, esto permitió cuantificar y caracterizar el área afectada por incendios en este rango de tiempo.

Resultados y Análisis

1.Pre-Procesamiento de Imágenes:

Para cumplir los objetivos planteados, fue necesario realizar algunas correcciones previas a las imágenes de interés, se realizó una Corrección de la parte superior de la atmósfera (TOA), y Máscara de nube. Estas correcciones se le aplicaron tanto para las imágenes pre-incendio como las post-incendio, con la finalidad de obtener bandas corregidas de ambas fechas.

2.Procesamiento de datos:

2.1.Composiciones RGB de las imágenes satelitales (Combinación de Bandas), con la

finalidad de hacer una primera aproximación a la visualización de zonas quemadas. Se realizó la Composición de bandas 12, 8A, 4 (RBG12,8A,4), con esta combinación de bandas, se pudo observar que la vegetación sana está representada por tonos verdes (Figura 1), mientras las zonas afectadas por el fuego quedaron representadas por colores pardos a rojizos (Figura 2). En las imágenes podemos diferenciar claramente la zona del parque nacional afectada por los incendios en

cuestión, y nos permitieron observar que la zona más afectada es la vertiente sur del parque, en concordancia con el Mapa de Ignición de incendios de vegetación, realizado por Abarca y Quiroz (2005), donde señalan que esta es la zona con más riesgo a presentar incendios. A partir de esta combinación se delimitó el área afectada y se cuantificó la superficie afectada mediante indicadores como el Índice normalizado de área quemada.



Figura 1. Composición de bandas 12, 8A, 4. Imagen pre-incendios (28-01-2020).



Figura 2. Composición de bandas 12, 8A, 4. Imagen pre-incendios (12-04-2020).

2.2. Cálculo del Índice Normalizado de área quemada (NBR): El índice Normalizado de Área Quemada (NBR), es un índice diseñado para resaltar áreas quemadas en grandes zonas de incendio. La fórmula es similar al Índice Diferencial Normalizado de Vegetación (NDVI), con la diferencia que combina el uso de longitudes de onda de infrarrojo cercano (NIR) e infrarrojo de onda corta (SWIR) (United Nations,(s.f)). El NBR, se calculó utilizando las bandas 8A y 12, con la siguiente Formula:

$$\text{NBR} = (\text{NIR} - \text{SWIR}) / (\text{NIR} + \text{SWIR})$$

En el infrarrojo cercano (NIR), la vegetación saludable muestra una reflectancia muy alta, mientras que en infrarrojo de onda corta (SWIR) la reflectancia es baja, lo contrario sucede en áreas devastadas por el fuego. Las áreas recién quemadas, muestran baja reflectancia en

el NIR y alta reflectancia en el SWIR, es decir, la diferencia entre las respuestas espectrales de la vegetación saludable y las áreas quemadas alcanzan su pico en las regiones NIR y SWIR del espectro (United Nations,(s.f)).

El NBR, se calculó para ambas fechas (pre-incendio y post-incendios). Para esto se utilizó el software QGIS, la herramienta calculadora de bandas, con la siguiente formula:

$$\text{NBR} = (\text{B8A} - \text{B12}) / (\text{B8A} + \text{B12})$$

Con el cálculo del NBR, para las imágenes anterior y posterior a los eventos, se calculó la diferencia entre ambas fechas (dNBR), el cual mostró la severidad de las quemaduras. Con este cálculo, se consiguió identificar de manera más precisa los píxeles que mostraban la vegetación quemada. Para el cálculo del dNBR, se utilizó la

siguiente fórmula:

$$dNBR = NBR_{pre-Incendio} - NBR_{post-incidentos}$$

Finalmente, se realizó el recorte de áreas de interés, para posteriormente realizar la clasificación de la dNBR, a partir de la clasificación propuesta por la USGS. A partir del NBR y dNBR, se pueden generar mapas en los que la severidad se representa en forma de categorías temáticas discretas, distinguiendo, generalmente, entre “no quemado”, “severidad baja”, “severidad moderada” y “severidad alta”. Dado que los índices proporcionan datos de naturaleza continua (Botella y Fernández 2017).

3. Evaluación de datos

3.1. Cálculo de Áreas: Para cuantificar el área de interés fue necesario el cálculo de las estadísticas del raster (dNBR). Los resultados

fueron los siguientes: el área evaluada fue de 29.220,63 (ha), lo que equivale aproximadamente a un 27% del área total del Parque Nacional Henri Pittier. Así mismo, se pudo definir las clases de severidad de incendios y las áreas de cada una de ellas, pudiéndose destacar que el área sin quemar es de aproximadamente 11.197,32 (ha), y el área total afectada hasta el 12 de abril 2020 fue de 16.376,13 (ha) lo que equivale aproximadamente a un 56% del área evaluada en la vertiente sur del parque. En el Cuadro I. Podemos encontrar el área para cada clase, arrojando los siguientes resultados: El área afectada por los incendios tipificados como quemadura de baja severidad (valor 4) fue de 9.848,06 ha, los de severidad Moderada-Baja (valor 5) 4.433,55 ha, severidad Moderada-Alta (valor 6) 1.844,82 ha y las quemaduras de Alta severidad (valor 7) ocuparon un área de 249,70 ha.

Cuadro I. Áreas por clase definida

Valor	Número de píxeles	Área (m ²)	Área (ha)
0	19434	1943400	194.34
1	84367	8436700	843.67
2	60917	6091700	609.17
3	1119732	111973200	11.197.32
4	984806	98480600	9.848,06
5	443355	44335500	4.433,55
6	184482	18448200	1.844,82
7	24970	2497000	249,70

Elaboración del mapa de nivel de severidad del incendio: Para realizar el mapa de severidad de los incendios, se utilizó el diseñador de mapas QGIS (Figura 3) y se tomó en cuenta solo las clases 3, 4, 5, 6 y 7, (ver cuadro I), se obtuvo

un mapa de severidad a escala 1:200000. Estos mapas permiten visualizar la gravedad de las quemaduras en determinada áreas, además de ser un apoyo para la toma de decisiones en la gestión de Incendios forestales.

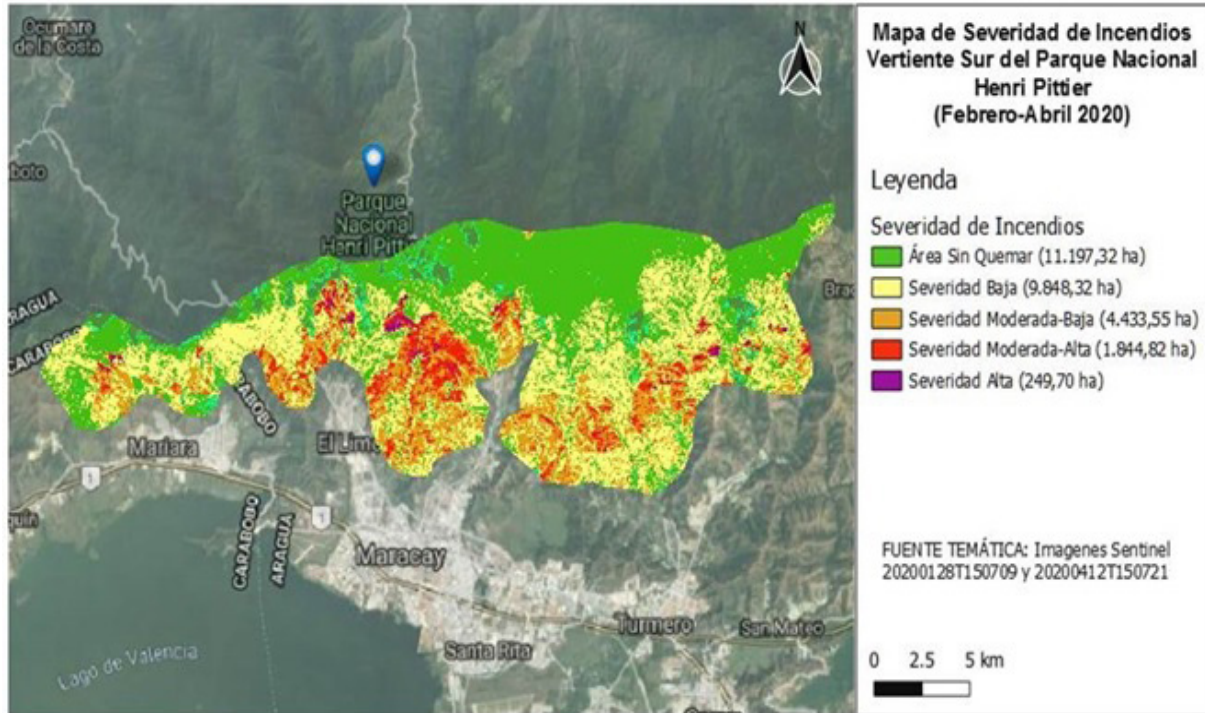


Figura 3. Mapa de severidad de incendios, PN Henry Pittier.

CONCLUSIÓN

El uso de imágenes de Sentinel-2 y la metodología aplicada, permitió evaluar la magnitud de los incendios en términos de severidad y discriminar entre clases de severidad de la quemadura. Poder determinar la severidad de los incendios es una herramienta fundamental para la gestión del mismo, puesto que es rápida, de bajo costo y presenta una alta fiabilidad.

En casos de incendios en áreas de difícil acceso y de grandes extensiones, son necesarios e indispensables los datos proporcionados por sensores satelitales. Estas imágenes nos dan buenas aproximaciones y nos aportan datos de calidad y precisión, para un adecuado registro estadístico y posibilita el análisis de la evolución

de las superficies quemadas.

Finalmente, al analizar el área del Parque Nacional Henry Pittier, se pudo observar que la mayor parte de los incendios se concentran en la vertiente sur del parque, lo que coincide con Abarca y Quiroz (2005). Siendo en su mayoría incendios que se originan en las zonas aledañas a centros poblados. Esto indica, que el factor humano ejerce presión constante sobre las áreas protegidas y el Parque Nacional Henri Pittier no escapa de esta realidad. Por lo tanto, es recomendable encaminar las actividades de prevención y educación ambiental, hacia las poblaciones aledañas al Parque Nacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, O., Quiroz, J. (2005). Modelado cartográfico de riesgo de incendios en el parque nacional Henri Pittier. Estudio de caso: Vertiente sur, área colindante con la ciudad de Maracay. *Revista Agronomía Tropical*, 55(1):35-62. Recuperado de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2005000100003&lng=es&tlng=es
- Agencia Espacial Europea (ESA), (s.f.). Sentinel [en línea] Recuperado de: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2/overview>.
- Ataroff, M. Selvas y bosques de montaña. Libro Biodiversidad en Venezuela. Pág. 762-810. Recuperado de: https://bibliofep.fundacionempresaspolarg.org/media/17051/libro_bio_t2_047.pdf
- Botella, M., Fernández, A. (2017). Estudio de la severidad post-incendio en la Comunidad Valenciana comparando los índices dNBR, RdNBR y RBR a partir de imágenes Landsat 8. *Revista De Teledetección. Asociación Española de Teledetección* (2017) 49, Número especial, 33-47. Recuperado de: <https://doi.org/10.4995/raet.2017.7095>
- Chuvieco, E. (2009). Detección y Análisis de Incendios Forestales desde Satélites de Teledetección Emilio. X Programa de Promoción de la Cultura Científica y Tecnológica. *Rev.R.Acad.Cienc.Exact. Fís.Nat. (Esp.)* Vol. 103, N°. 1, pp. 173-181, 2009. Recuperado de: <https://rac.es/ficheros/doc/00917.pdf>
- El Aragüeno. (15 de abril 2020). 74% del país está en riesgo muy alto de incendios forestales. Recuperado de: <https://elaragueno.com.ve/74-del-pais-esta-en-riesgo-muy-alto-de-incendios-forestales/>.
- INAMEH. (2020). Boletín de Alerta Temprana al Riesgo de Incendios Forestales para la República Bolivariana de Venezuela, correspondiente a los días 18, 19 y 20 de febrero de 2020 Recuperado de: <http://www.inameh.gob.ve/web/PDF/Boletin%20Diario%20de%20Amenza%20de%20Incendios%20Forestales%20Febrero%202020.pdf>
- Índice Normalizado de Área Quemada (NBR). (s.f.). UN-SPIDER. Recuperado de : [https://unspider.org/es/node/12287#:~:text=E1%20%C3%ADndice%20Normalizado%20de%20%C3%81rea,de%20onda%20corta%20\(SWIR\).](https://unspider.org/es/node/12287#:~:text=E1%20%C3%ADndice%20Normalizado%20de%20%C3%81rea,de%20onda%20corta%20(SWIR).)
- Parque Nacional Henri Pittier (PNHP). (2013, 13 de abril). Sociedad conservacionista Audubon de Venezuela. Recuperado de: <https://audubonvenezuela.org/web/parque-nacional-henri-pittier-pnhp/>
- United Nations (s.f). Índice Normalizado de Área Quemada (NBR). Recuperado de : <https://un-spider.org/es/node/10959>
- United Nations (s.f). Paso a Paso: Mapeo de Severidad de Incendios Forestales en QGIS. Recuperado de : <https://un-spider.org/es/asesoria/practicas-recomendadas/practica-recomendada-mapeo-gravedad-quemaduras/paso-a-paso/qgis>.