

# Aplicación de Tecnologías de la Información Geográfica para estimación de áreas afectadas por incendios forestales



*Application of Geographic Information Technologies to estimate areas  
affected by forest fires*

Esteban David Toaza Patiño.<sup>1</sup>, Julia Desiree Velasteguí Cáceres.<sup>2</sup>, Víctor Manuel Espinoza.<sup>3</sup> & Hernán Chamorro Sevilla.<sup>4</sup>

Recibido: 05-04-2021 / Revisado: 13-04-2021 / Aceptado: 06-05-2021/ Publicado: 05-06-2021

## Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v4i2.2.1739>

**Introduction.** At present, remote sensing is a tool that allows obtaining geospatial information of the areas affected by forest fires through systematic observation. **Objective.** Apply Geographic Information Technologies to estimate burned areas from a multitemporal perspective in the province of Chimborazo. **Methodology.** To determine the occurrence of forest fires, the MODIS product for burned areas called MCD64A1 was used, which determines areas greater than or equal to 25 hectares and the date of occurrence. The delimitation of the affected area and the severity of the fires was carried out using the spectral indices NBR and NDVI (pre and post fire), calculated with the images previously used to validate the affected area. The pre and post processing was carried out using the QGIS 3.4 program. **Results.** 10 fires that occurred in Chimborazo between the years 2015 to 2018 were determined, with a total affected area of 2,760.59 hectares, the coverage affected by these was also determined, the moorland being the one

<sup>1</sup> Fundación MARCO. Riobamba, Ecuador. esteban.david.toaza@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6144-8085>

<sup>2</sup> Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales. Riobamba, Ecuador. julia.velastegui@esPOCH.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0002-6825-0853>

<sup>3</sup> Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales. Riobamba, Ecuador. victor.espinoza@esPOCH.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0001-6058-2274>

<sup>4</sup> Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales. Riobamba, Ecuador. hernan.chamorro@esPOCH.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0002-8531-7116>

that had the most affected area. **Conclusion.** The present investigation demonstrated that the application of geospatial technologies is an effective and practical resource for the management of surfaces affected by forest fires and that the inputs used are freely available for download.

**Keywords:** Geographic Information Technologies, forest fires, burned areas, satellite images

### Resumen.

**Introducción.** En la actualidad la teledetección es una herramienta que permite obtener información geoespacial de las áreas afectadas por incendios forestales mediante observación sistemática. **Objetivo.** Aplicar de Tecnologías de la Información Geográfica para la estimación de áreas quemadas desde una perspectiva multitemporal en la provincia de Chimborazo. **Metodología.** Para determinar la ocurrencia de incendios forestales se utilizó el producto para áreas quemadas de MODIS denominado MCD64A1, que determina áreas quemadas mayores o iguales a 25 hectáreas y su fecha de ocurrencia. La delimitación del área afectada y la severidad de los incendios se realizó mediante los índices espectrales NBR y NDVI (pre y post incendio), calculados con las imágenes utilizadas previamente para la validación área de afectación. El pre y post procesamiento se realizó mediante el programa QGIS 3.4. **Resultados.** Se determinaron 10 incendios ocurridos en Chimborazo entre los años 2015 al 2018, con un área total de afectación de 2760,59 hectáreas, también se determinó las coberturas afectadas por estos eventos siendo el páramo la que más área de afectación tuvo. **Conclusión.** La presente investigación demostró que la aplicación de tecnologías geoespaciales son un recurso efectivo y práctico para la gestión de superficies afectadas por incendios forestales ya que los insumos utilizados son de descarga libre y gratuita.

**Palabras claves:** Tecnologías de Información Geográfica, incendios forestales, áreas quemadas, imágenes satelitales

### Introducción.

A nivel mundial los incendios forestales son considerados una catástrofe natural de primera magnitud. Los incendios forestales a nivel mundial ocasionan grandes problemas en varios aspectos como el económico, ambiental y social (Justino et al., 2011). Las quemadas de biomasa producto de incendios forestales y agrícolas son la segunda mayor fuente de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, porque durante la combustión de la vegetación se liberan gases como dióxido de carbono o metano, óxidos de nitrógeno y aerosoles, todos estos son serios contaminantes atmosféricos (Corti, 2014). Los incendios forestales representan un elemento medioambiental de carácter global; que influye en la vegetación, biodiversidad, reservas de carbono y cambio en el uso del suelo. El fuego es un agente de cambio preponderante afectando la estructura del ecosistema, el ciclo del carbono y de los nutrientes (Boschetti et al., 2015). El fuego es un actor natural de cambios sobre los ecosistemas naturales y colabora en el mantenimiento y evolución

de los ecosistemas. El hombre al modificar el espacio ha alterado el ciclo natural de incendios e incluso algunos siniestros adquieren dimensiones dramáticas al afectar económicamente su patrimonio. Por eso es imperativo contar con información precisa de cada siniestro (Michalijos & Uboldi, 2014).

En el Ecuador toda la información respecto a incendios forestales se encuentra dispersa e incluso no se cuenta con estadísticas oficiales de algunos años, sobre localización geográfica de áreas afectadas por incendios forestales, número de eventos ocurridos, intensidad de estos, en el país se requiere de información in-situ de las áreas que presentan quemaduras causadas por incendios (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2016). La información que se genera es en base a toma de datos geoespaciales a través de un GPS y a su vez por la apreciación visual del área afectada por los incendios forestales.

En la Región Interandina de nuestro país hay lugares donde los incendios forestales son reincidentes y muy pocos se producen naturalmente. Al contrario, la gran mayoría de eventos tienen un origen antrópico como; fogatas que salen de control, quema de pajonales para la agricultura y ganadería, o incendios forestales provocados intencionalmente. La mayor incidencia de incendios forestales, se produce en la región Sierra, especialmente en épocas de verano, donde las condiciones climáticas son favorables para que los incendios se produzcan y desarrollen, los meses de mayor riesgo son agosto y en especial el mes de septiembre. Agosto y septiembre se caracterizan por altas temperaturas del aire, escasez de precipitaciones y fuertes vientos (Bustos, A., et al., 2019).

Según la Secretaría Nacional de Riesgos (2018), en 929 eventos registrados se ha producido una pérdida considerable de la cobertura vegetal con aproximadamente 135000 hectáreas. Así también, la provincia de Chimborazo con un total de 82 eventos reportados, esta se encuentra entre las cuatro provincias que reportan mayor número de incendio. La necesidad de encontrar soluciones oportunas a los problemas de mayor complejidad y manejar de forma eficiente la información, ha convertido a las Sistemas de Información Geográfica (SIG) y a los Sensores Remotos en herramientas clave cuando se trata de analizar, planificar y administrar los recursos naturales (Rodríguez & Arredondo, 2005).

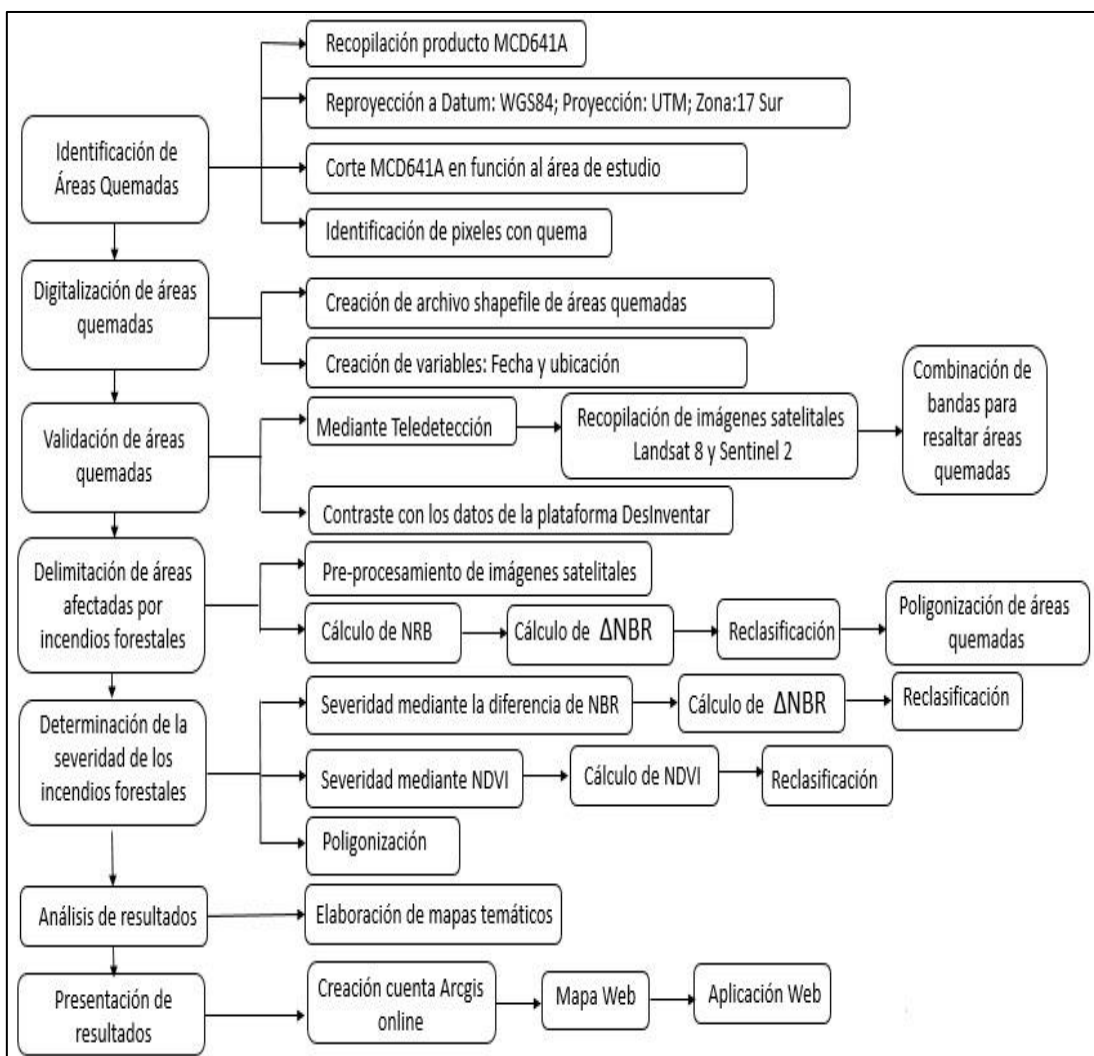
En la actualidad la teledetección es una herramienta que permite obtener información geoespacial de las áreas afectadas por incendios forestales mediante observación sistemática (Heredia, 2003). Las imágenes satelitales permiten obtener una amplia información del estado de la cobertura vegetal afectada por los incendios y a su vez datos dirimentes de las características del territorio para el respectivo análisis ante eventualidades de gran magnitud (Chuvieco, 1996).

En este trabajo se utilizan estas alteraciones para delimitar la zona incendiada, estudiar el grado de daños causados por el incendio. Para identificar zonas quemadas se considera metodologías basadas en el análisis multitemporal de un área de estudio determinada a través de imágenes satelitales (Manzo Delgado & López García, 2013). La teledetección se ha utilizado ampliamente para determinar a diferentes escalas el nivel de severidad de los incendios (Key y Benson, 2006), la pérdida de cobertura vegetal (Miller & Yool,

2002). El análisis basado en los índices de vegetación permite reconocer las áreas afectadas por incendios forestales y el cambio en la cobertura vegetal por dicho evento (De Santis & Chuvieco, 2007).

**Metodología.**

Para el presente estudio se considera el análisis multitemporal del área de estudio donde se considera imágenes satelitales pre y post evento. En la *figura 1* se puede observar el esquema de trabajo realizado para conseguir los objetivos planteados en la presente investigación.



**Figura 1.** Esquema de trabajo

**Fuente:** Elaboración propia

**Identificación de áreas quemadas**

Para el mapeo de incendios forestales en la provincia de Chimborazo se utilizó el producto satelital MCD64A1, el mismo fue recopilado abordando los registros del año 2015 al 2018, a través del portal de la NASA. El producto necesario para el presente estudio contiene un total de 48 imágenes en formato HDF-EOS. Lo primero que se realizó

después de obtener las 48 imágenes correspondientes al producto satelital MCD64A1 para el presente estudio fue realizar una reproyección a Datum WGS84 y Sistema de Coordenadas Proyectadas UTM, Zona 17 Sur. Para facilitar el procesamiento del producto satelital, se realizó un recorte del área de estudio con el perfil de la provincia de Chimborazo de la base cartográfica del Instituto Geográfico Militar (IGM). Se realizó el mismo procedimiento con las 48 imágenes, que se utilizaron para la identificación de áreas quemadas mes a mes a nivel de pixel con su respectiva fecha.

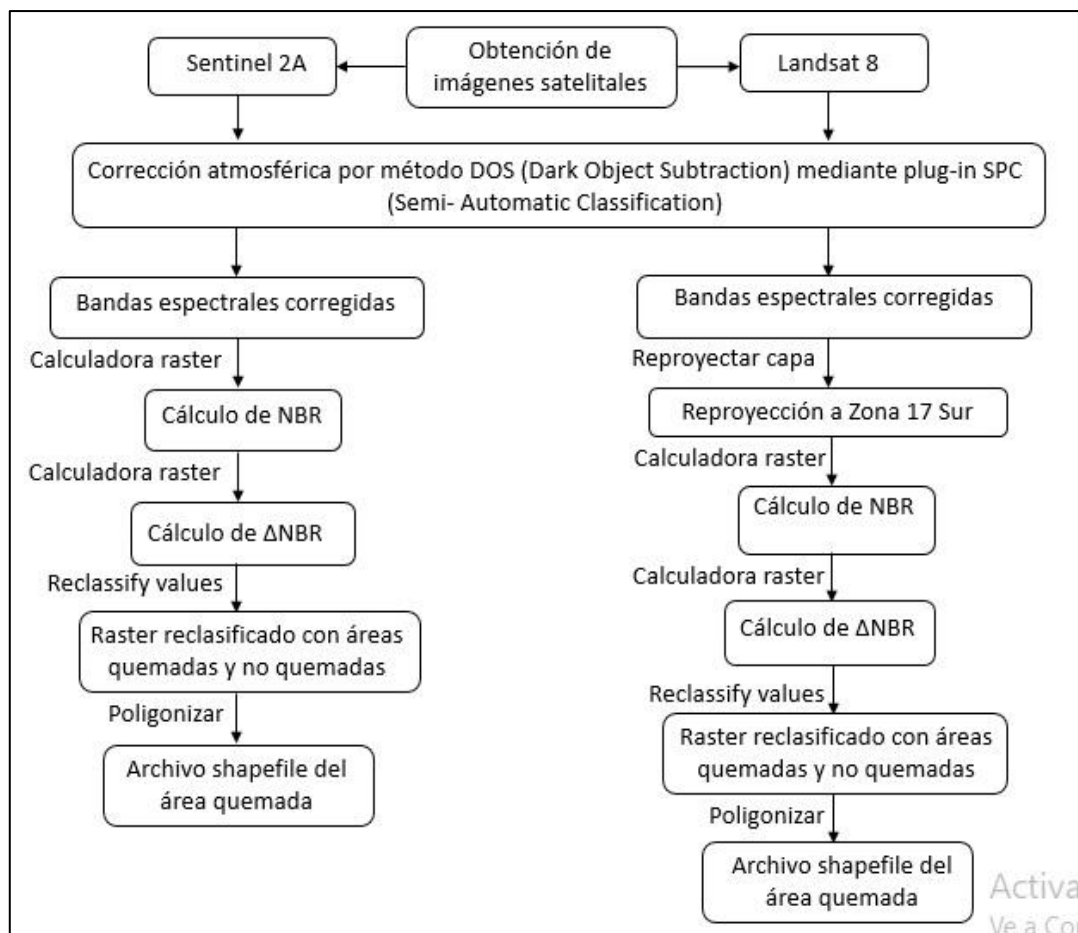
### ***Validación de áreas quemadas***

Se utilizó imágenes satelitales Landsat 8 y Sentinel 2 disponibles a la fecha más próxima a cada evento detectado por MODIS, pero la validación realizada fue únicamente de manera cualitativa, es decir solo se identificó la concordancia de las fechas y si las ubicaciones geográficas en las que el producto registró áreas quemadas son correctas. La metodología de Boschetti et al., 2015 y Corti, 2014 se las consideraron como guía y referencia ya que se fundamentan en la combinación de bandas espectrales, como la clave para que imágenes satelitales de mejor resolución espacial ayuden a destacar áreas quemadas como consecuencia de la ocurrencia de áreas quemadas en sitios específicos.

Las combinaciones de bandas utilizadas fueron 7,5, 4 (para Landsat8) y 12, 8A, 4 (para Sentinel 2), en donde las áreas afectadas por incendios se muestran de color marrón oscuro, mientras que la vegetación sana se muestra de color verde brillante, la vegetación seca presenta color naranja, las praderas de color verde claro, el suelo estéril es de color rosa y el vapor de agua junto con los humedales serán en tonalidades de color azul (Butler, 2013).

### ***Delimitación de áreas afectadas por incendios forestales***

Una vez identificados los sitios donde se identificó quema, el siguiente paso fue la delimitación del área afectada por cada incendio forestal. Debido al gran tamaño de pixel que proporciona el producto satelital MCD64A1, fue necesario utilizar imágenes satelitales con una mejor resolución espacial. En el presente estudio se utilizó imágenes Landsat 8 (años: 2015 y 2016) y Sentinel 2 (año 2018), obteniendo una imagen previa al incendio y una posterior al incendio (hasta un mes luego de la fecha en que se produjo el incendio). En la *figura 2*, se observa el diagrama de procesamiento para la delimitación de áreas quemadas.



**Figura 2.** Diagrama de procesamiento para calcular NBR.

**Fuente:** Elaboración propia

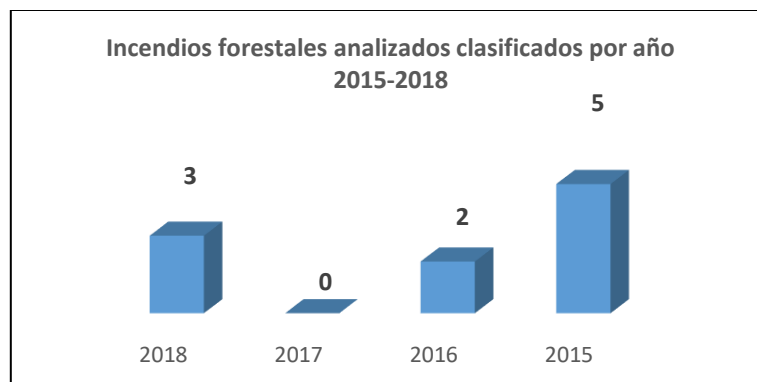
### *Severidad de los incendios forestales*

Para la determinación de la severidad del incendio por medio del índice NBR, se utilizaron las imágenes ráster de la diferencia entre el NBR post y pre-incendio previamente generadas para la delimitación del área afectada. A las cuales se aplicó una reclasificación para ubicar los valores del 10-40 de acuerdo con el rango de valores de severidad post-incendio del proyecto FIREMAN (Lutes et al., 2006). Después se reclasificó las imágenes ráster obtenidas de los índices NDVI pre y post para generar los rangos de valores para la actividad fotosintética asignándoles valores del 10-70. Asignando valores de actividad fotosintética a las áreas de estudio antes y después de los incendios forestales.

### **Resultados.**

En el presente estudio el producto satelital MCD64A1 detectó un total de 52 píxeles con quema en la provincia de Chimborazo entre el año 2015 al 2018; cada uno de ellos con un área mínima igual o superior a 25 ha. De los cuales, 14 se determinaron como registros erróneos ya sea por no poseer cubierta vegetal adecuada para poder ser determinados como incendios forestales o porque cuando se validaron estas áreas con ayuda de

imágenes satelitales no mostraron rastro de quemas, y 2 no pudieron ser analizados por no existir imágenes satelitales de buena calidad que coincidan espacial y temporalmente con dichos eventos. Luego del análisis geoespacial se determinaron 10 eventos con una superficie superior a 25 hectáreas, los mismos que fueron analizados en el presente estudio para la determinación tanto de su superficie afectada como de la severidad de los incendios. En el *gráfico 1*, se muestra el número de incendios forestales analizados por año; siendo el año 2015 el que más incendios registrando un total de 5 eventos.



**Gráfico 1.** Incendios forestales analizados por año

**Fuente:** Elaboración propia.

Se determinó una superficie afectada total de 2760,59 hectáreas. La cual está dividida en 10 incendios forestales entre los años 2015 a 2018 como se visualiza en la *tabla 1*.

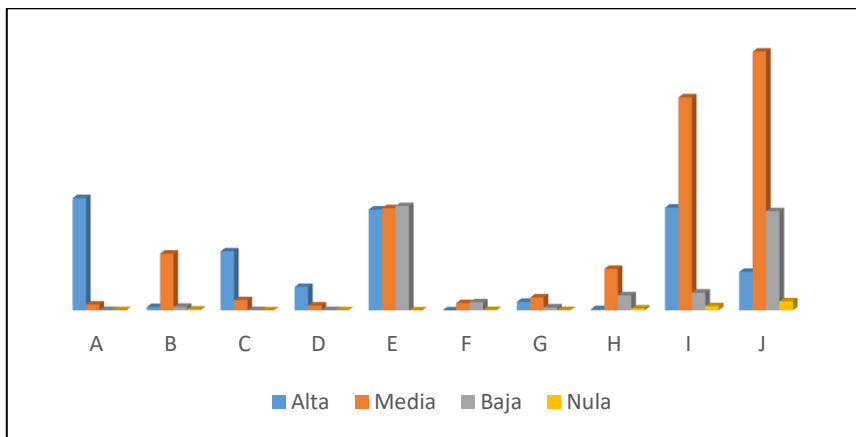
EVENTO	FECHA	CANTON	PARROQUIA	ÁREA AFECTADA
A	27-ago-18	Colta	Juan de Velasco	228,03
B	16-sep-18	Riobamba	San Juan	123,89
C	27-sep-18	Alausí	Huigra	133,74
D	19-25-nov-16	Colta	Juan de Velasco	55,08
E	23-nov-16	Riobamba	Pungalá	592,20
F	24-ago-15	Guamote	Guamote	30,06
G	27-28-ago-15	Colta	Juan de Velasco	46,98
H	06-sep-15	Alausí	Achupallas	114,57
I	15-20-sep-15	Colta	Cañi	650,61
J	12-21-sep-15	Riobamba	San Juan	785,43

**Tabla 1.** Incendios forestales determinados en el presente estudio

**Fuente:** Elaboración propia.

Del total de la superficie afectada por incendios forestales determinada en el presente estudio, se encontró que las coberturas vegetales afectadas fueron las siguientes: bosque nativo, páramo, plantación forestal, tierra agropecuaria y vegetación arbustiva. Siendo el páramo la cobertura vegetal que más se quemó con un total de 2115,04 hectáreas.

La superficie afectada por incendios forestales determinada se clasificó el grado de severidad de los incendios forestales en función a la afectación provocada a la vegetación, teniendo las siguientes clases de intensidad: alta, media, baja y nula. En el *gráfico 2*, se observa las clases de severidad y las áreas en hectáreas de las mismas de cada uno de los 10 incendios forestales objeto del presente estudio. En donde se observó que el incendio con mayor intensidad fue A (27 de agosto del 2018) en la parroquia Juan de Velasco, cantón Colta.

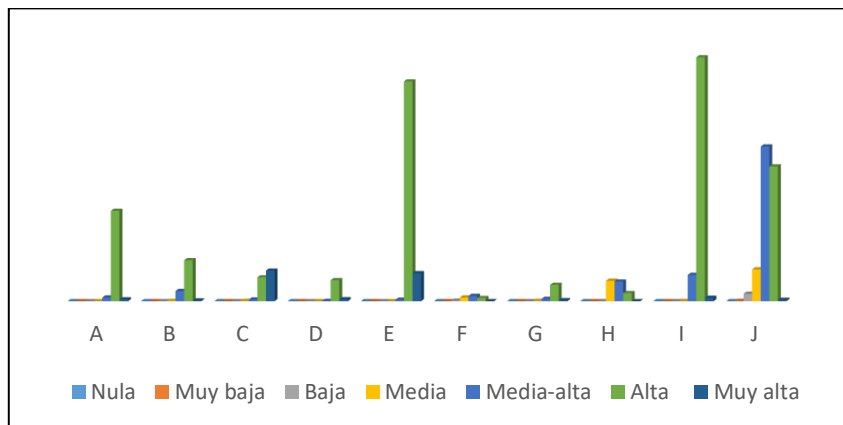


**Gráfico 2.** Severidad de los incendios forestales

**Fuente:** Elaboración propia.

La determinación de la severidad del fuego por incendios forestales mediante NDVI se la realizó de una forma más bien perceptiva que cuantitativa.

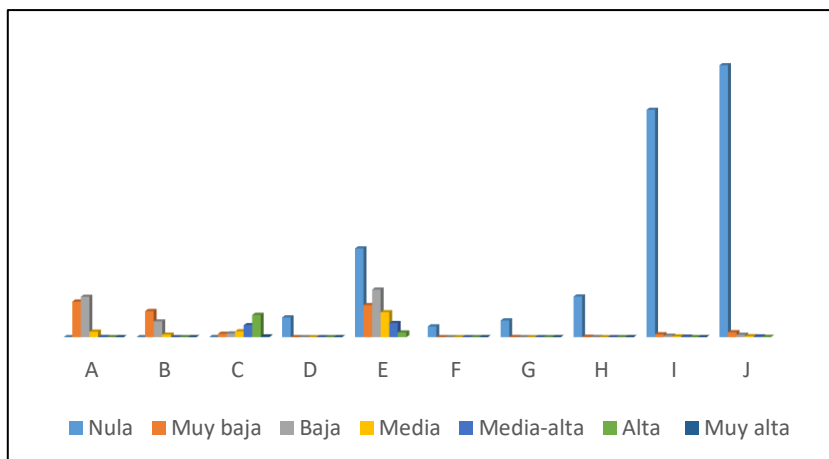
Para ello se utilizó la comparación de la actividad fotosintética por medio de la interpretación del NDVI de la vegetación antes de que se dé el siniestro con la actividad fotosintética luego del siniestro. En el *gráfico 3* se muestra los rangos de actividad fotosintética para la vegetación existente antes de cada incendio, mientras que en *gráfico 4* se encuentra representada la actividad fotosintética de la vegetación luego de producido el incendio.



**Gráfico 3.** Actividad fotosintética de la vegetación pre-incendios

**Fuente:** Elaboración propia.





**Gráfico 4.** Actividad fotosintética de la vegetación post-incendios  
**Fuente:** Elaboración propia.

### Conclusiones.

- La aplicación de tecnologías geoespaciales, demostró ser una alternativa práctica, relativamente precisa y sobre todo viable para el estudio sobre incendios forestales, ya que todos los insumos utilizados en la presente investigación son de descarga libre y gratuita.
- La escasez de información completa y precisa sobre delimitación de áreas afectadas, y peor aún un análisis y caracterización de los incendios forestales en nuestro país es preocupante. Lo que le da mayor valor práctico a la presente investigación y a investigaciones similares que se pueden realizar en el futuro.
- La delimitación de áreas de afectación de incendios forestales realizada mediante el índice espectral NBR realizado en el presente estudio, es una metodología que mostro ser efectiva para la discriminación de áreas afectadas sobre el fuego en los ecosistemas andinos donde se registró la mayoría de ocurrencia de incendios. En lo referente al grado de afectación y severidad de los incendios forestales, al no existir estudios realizados en nuestro país, la metodología aquí aplicada es una herramienta aplicable para el desarrollo de estudios más específicos sobre severidad y grado de afectación de incendios forestales.
- En el presente estudio se determinó que en la provincia de Chimborazo el cantón con mayor incidencia de incendios forestales es Colta, y dentro del cantón la parroquia con más ocurrencia de incendios es Juan de Velasco. Mientras que la cobertura vegetal con mayor afectación es el páramo seguido por las plantaciones forestales registrando un área de afectación de 2115,04 y 167,03 hectáreas respectivamente.

### Referencias bibliográficas.

Boschetti, L., Roy, D., Hoffmann, A., & Humber, M. (2015). MODIS Collection 5.1 Burned Area Product – MCD45. Users Guide. USGS. University of Maryland.

Version 3.1.0. Recuperado el 3 de agosto del 2019, de [http://modis-fire.umd.edu/files/MODIS\\_Burned\\_Area\\_Collection51\\_User\\_Guide\\_3.1.0.pdf](http://modis-fire.umd.edu/files/MODIS_Burned_Area_Collection51_User_Guide_3.1.0.pdf)

- Bustos, A., Segura, D., Coronel, J., & Onofa, A. (2019). Los incendios forestales en el Ecuador. Programa Amazonía sin Fuego. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Ministerio del Ambiente. Recuperado el 3 de agosto del 2019, de <https://osbodigital.es/2019/03/25/los-incendios-forestales-en-ecuador/>
- Butler, K. (2013). Band combination for Landsat8. Esri. Blog. (24 de julio de 2017). Recuperado el 3 de agosto del 2019, de <https://blogs.esri.com/esri/arcgis/2013/07/24/band-combinations-for-landsat-8/>
- Chuvieco E. (1996). Fundamentos de Teledetección espacial. Madrid: RIALP S.A.
- Corti, D. (2014). Inter-comparación de productos globales de área quemada, generados por teledetección. (Tesis de posgrado). Universidad de Alcalá. Madrid, España.
- De Santis A., & Chuvieco E. (2007). Burn severity estimation from remotely sensed data: performance of simulation versus empirical models. *Remote Sensing of Environment* (108), 422-435.
- Heredia, A. (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*, pp.216–234.
- Justino, F., De Mélo, A., Setzer, A., Sismanoglu, R., Sedyama, G., Ribeiro, G., Machado, J., & Sterl, A. (2011). Greenhouse gas induced changes in the fire risk in Brazil in ECHAM5/MPI-OM coupled climate model. *Climatic Change*. 106(1): 285-302.
- Key C., & Benson N. (2006). Sampling and Analysis Methods, en FIREMON: Fire effects monitoring and inventory system. En D. Lutes, R. Keane, y J. Caratiet (Edits.), *Integration of Standardized Field Data Collection Techniques and Sampling Design With Remote Sensing to Assess Fire Effects*. Fort: Department of Agriculture, Forest.
- Lutes D., Keane R., Caratti J., Key C., Benson N., Sutherland S., & Gangi L. (2006). FIREMON: *Fire effects monitoring and inventory system*. Recuperado el 3 de agosto del 2019, de <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/24042/24042>.
- Manzo Delgado L., y López García J. (2013). Detención de áreas quemadas en el sureste de México, utilizando índices pre y post - incendio NBR y BAI, derivados de compuestos MODIS. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 2(13), 66-83.
- Miller A., y Yool S. (2002). Mapping forest post fire canopy consumption in several overstory types using multitemporal Landsat. *Remote Sensing of Environment* (82), 481-496.

- Ministerio del Ambiente del Ecuador (2016). Informe sobre los reportes del módulo de incendios forestales del Sistema de Administración Forestal – SAF. Quito, Ecuador. pp. 1-3
- Michalijos, M. P., & Uboldi, J. (2014). Propuesta metodológica para la evaluación de áreas afectadas por incendios mediante el uso de imágenes satelitales (Sierra de la Ventana, Argentina). *Revista de Geografía Norte Grande*, (56), 223–234.
- Rodríguez, O., & Arredondo, H. (2005). Manual para el manejo y procesamiento de imágenes satelitales obtenidas del sensor remoto MODIS de la NASA, aplicado en estudios de Ingeniería Civil. (Tesis de grado. Ingeniero Civil). Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.

**PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.**

Toaza Patiño, E. D., Velasteguí Cáceres, J. D., Espinoza, V. M., & Sevilla, H. C. (2021). Aplicación de Tecnologías de la Información Geográfica para estimación de áreas afectadas por incendios forestales. *ConcienciaDigital*, 4(2.2), 58-69. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v4i2.2.1739>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente refleja el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.

