

**Detección de cicatrices por quemaduras de incendios
forestales en el municipio de Mariquita y Honda
(Tolima) usando sensores remotos.**

CRISTHIAN YAMID GUTIÉRREZ DÍAZ

Universidad Militar Nueva Granada

Diplomado SIG

Bogotá, D.C. Colombia

2021

Tabla de Contenidos

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
2. JUSTIFICACIÓN.....	8
3. OBJETIVO GENERAL.....	10
3.1. Objetivos específicos:.....	10
4. MARCO REFERENCIAL.....	11
5. DISEÑO METODOLOGICO.....	14
5.1. Identificación del área.....	14
5.2. Selección de las imágenes.....	15
5.3. Cargue de las imágenes.....	15
5.4. Análisis visual.....	16
5.5. Análisis de cicatrices de incendios.....	20
5.6. Cálculo de áreas de incendios:.....	22
6. RESULTADOS.....	24
7. PLANIFICACIÓN Y DOCUMENTACIÓN.....	27
8. IMPACTO.....	28
9. CONCLUSIONES.....	30
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

Lista de ilustraciones

Figura 1. Modelo cartográfico empleado	14
Figura 2. Imágenes del Área de trabajo	16
Figura 3. Imagen Prev20140906, Dur20190827 y Post20200914 optimizada	17
Figura 4. Detección de cicatrices por quemaduras de la imagen Dur20190827	18
Figura 5. Detección de cicatrices por quemaduras de la imagen Post20200914	Error!
Bookmark not defined.	
Figura 6. Función ráster FNDR.....	21
Figura 7. Análisis de cicatrices imagen Prev20140906 y Dur20190827.....	21
Figura 8. Análisis de cicatrices imagen Prev20140906 y Post20200914.	22
Figura 9. Áreas de los focos del incendio.	23
Figura 10. Realce de las cicatrices imagen Prev20140906 y Dur20190827.....	24
Figura 11. Realce de las cicatrices imagen Prev20140906 y Post20200914	25
Figura 12. Áreas afectadas por las incidencias.	26
Figura 13. Archivos del proyecto.....	27

Lista de tablas

Tabla 1. Clasificación de áreas quemadas	13
Tabla 2. Descripción de las imágenes seleccionadas	15
Tabla 3. Imágenes utilizadas en el análisis	16
Tabla 4. Clasificación de los valores del pixel del análisis de las cicatrices.	20

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia los incendios de la cobertura vegetal figuran como uno de los principales motores de transformación del ambiente y sus efectos se extienden sobre todos sus componentes: aire, suelo, agua, seres vivos, infraestructura, entre otros (IDEAM, 2011). Se estima que casi la totalidad de los incendios forestales son de origen antrópico, bien sean generados intencionalmente para la ampliación de la frontera agropecuaria, o por negligencia al no tomar las precauciones adecuadas, sobre todo en las quemas agrícolas; por descuido (fumadores, fogatas, pólvora y cacería de animales, entre otros.); accidentales (caída de líneas eléctricas sobre la vegetación o roce de las mismas con los árboles) y por atentados terroristas (IDEAM, 2017).

Las coberturas vegetales son las mayores afectadas en un incendio según los tipos de combustibles dominantes, siendo las más susceptibles las corresponden a arbustos, hiervas y pastos siendo estas la que presentan amenaza alta y muy alta correspondientemente (Comisión Nacional Asesora para la Prevención y Mitigación de Incendios Forestales, 2002).

Colombia ha sufrido en gran medida por incendios Forestales que pueden ocurrir en cualquier momento, sin embargo, en el país se presentan dos temporadas de mayor incidencia: la primera, correspondiente a las zonas centro, norte, noreste y sureste del País, que inicia en diciembre y concluye en marzo. La segunda temporada inicia en julio y termina en octubre, y se registra en el noroeste del País. Ambas coinciden con la época de mayor escasez de lluvias en el territorio nacional.

Detección de cicatrices por quemaduras de Incendios Forestales en el Municipio De Mariquita y Honda (Tolima) Usando Sensores Remotos.

Los años en los que se presentó mayor área de vegetación afectada por incendios, se destacan los años 2007 y 2016, concentrándose principalmente en eventos mayores a 4000 hectáreas. Para el caso del año 2007, donde se registra la mayor cantidad de área afectada, se resalta que, esta cifra obedece a, dos grandes incendios ocurridos en el mes de febrero en la Orinoquía y que coincidieron con la finalización del fenómeno “El Niño”, que venía presentándose desde agosto de 2006. Para el año 2016 se perdieron 114.131 hectáreas, afectada por incendios, siendo, la segunda cifra más alta presentada en los últimos 15 años. Para el periodo 2002 – 2015, el promedio de cobertura vegetal afectada por incendios, fue de 60.162 hectáreas/año, (601,63 km²), aproximadamente 2 veces el área urbana de Bogotá D.C. (IDEAM, 2017).

De acuerdo con le Unidad para la Gestión del Riesgo de Desastres - SNGRD en la segunda temporada seca de país comprendida entre el 15 de junio y el 15 de septiembre de 2019, se registraron 836 incendios forestales en 17 departamentos y 256 municipios. La mayoría de las conflagraciones fueron producidas por la mano del hombre en el intento de adecuar terrenos para la siembra de productos, los departamentos con mayor número de eventos registrados fueron Cundinamarca con 252, Tolima (203), Cauca (78), Nariño (60) y Huila (62). Adicionalmente según informó el IDEAM, en esta época se registran con frecuencia altas temperaturas y fuertes vientos que propician el comienzo de las llamas y su rápida propagación, por esta razón hay muchos territorios del país en alerta por posibles incendios en zonas vegetales.

Una de las emergencias por incendios forestales se presentó en los municipios de Mariquita y Honda (Tolima) en agosto de 2019 que afecto alrededor de 600 hectáreas, consumiendo arbustos, hiervas y pastos. Con las imágenes satelitales de los municipios afectados por los incendios se anhela analizar e identificar las áreas quemadas, grado de afectación de la vegetación en la segunda temporada seca del

*Detección de cicatrices por quemaduras de Incendios Forestales en el Municipio De Mariquita
y Honda (Tolima) Usando Sensores Remotos.*

país particularmente en el mes de agosto y determinar la recuperación de la cobertura vegetal en el tiempo. La teledetección para el análisis de incendios forestales permite trabajar combinaciones de bandas multispectrales empleando bandas de infrarrojo que ayudan a visualizar perfectamente las zonas afectadas.

2. JUSTIFICACIÓN

Colombia posee una gran biodiversidad a lo largo de su territorio, en donde se puede encontrar una gran variedad de especies animales y vegetales, cuya localización depende de los factores ambientales de su entorno, uno de los mayores riesgos está asociado a temas derivados de incendios forestales los cuales se presentan de forma recurrente en el país, en el año 2016, se identificó 72.416 hectáreas (ha) de bosque afectadas por incendios asociados a deforestación. En este sentido, es importante mencionar que, al menos el 95% de los eventos reportados en Colombia son causados por el ser humano. (IDEAM, 2017).

Los incendios en Colombia son unos de los principales motores de transformación del ambiente afectando los entornos naturales y antrópicos, provocando peligros tanto a las personas como al medio ambiente de donde se derivan efectos tales como la pérdida de la biodiversidad, afectación a fuentes hídricas, procesos de desertificación, erosión entre otros, que sumado a otras condiciones climáticas como el fenómeno del niño aumenta considerablemente su ocurrencia en diferentes zonas del país.

Identificando que esta problemática afecta de manera significativa al país, se plantea realizar un estudio sobre aquellas áreas de gran extensión que fueron afectadas por los incendios forestales que ocurren en el territorio, particularmente la emergencia que se presentó en los municipios de Mariquita y Honda (Tolima) en el año 2019, según el informe diario del 14 de agosto de 2019 de incendios del IDEAM, en la región Andina, en el departamento del Tolima especialmente en el municipio de Mariquita y sectores aledaños se encuentran en Alerta Roja, teniendo una amenaza alta de ocurrencia de incendios de la cobertura vegetal en zonas de bosques, cultivos y pastos.

Detección de cicatrices por quemaduras de Incendios Forestales en el Municipio De Mariquita y Honda (Tolima) Usando Sensores Remotos.

Los incendios son de origen socio-natural y la causa está asociada a las prácticas del hombre que pueden ser intencionales o no intencionales. Se deben a descuidos que acaban siendo fatales, tales como, quemas no contraladas, dejar fogatas encendidas, arrojar colillas de cigarrillos encendidas, trabajos con maquinaria agrícola, accidentes en las líneas eléctricas, entre otros

Los incendios de cobertura vegetal, son un fenómeno que perturba la funcionalidad y dinámica del sistema ambiental afectando: el agua, el aire, la flora, la fauna y el suelo, trayendo consigo la afectación de la calidad de bienes y servicios ambientales como por ejemplo la calidad del aire y el paisaje. La presencia de incendios forestales en áreas próximas a asentamientos humanos puede causar; la pérdida o afectación de viviendas, maquinaria, infraestructura y equipos, así como de suelos, cultivos, animales domésticos y el deterioro de la calidad de vida de las personas que habitan los lugares próximos, debido a las emisiones durante la combustión. (UNGRD, 2019)

En el presente estudio se intenta identificar y medir las cicatrices ocasionadas por el incendio forestal a partir del uso de sensores remotos los cuales permiten determinar los cambios de la cobertura vegetal y de suelo en diferentes periodos de tiempo para los municipios de Mariquita y Honda y un seguimiento de la recuperación de la vegetación en el área afectada. Estos estudios permitirán realizar planeas de recuperación de la cobertura vegetal, planes de prevención en los municipios de Mariquita y Honda, identificación de los inmuebles localizados en las zonas que pudieron ser afectado por la emergencia.

3. OBJETIVO GENERAL

Identificar las cicatrices por quemaduras ocasionadas por los incendios forestales que sufrieron los municipios de Mariquita y de Honda, en el mes de agosto del 2019.

3.1. Objetivos específicos:

- Identificar las quemaduras basados en el análisis digital y visual de las imágenes satelitales Landsat 8.
- Calcular las áreas de los polígonos de las quemaduras en los municipios de Honda y Mariquita.
- Identificar la recuperación de la cobertura vegetal de las áreas afectadas por el incendio.

4. MARCO REFERENCIAL

La teledetección se basa en el análisis de la energía reflejada por la superficie terrestre, que se resume de la siguiente forma: el Sol ilumina la superficie terrestre, y esta refleja parte de la energía en función del tipo de cubierta vegetal presente sobre ella. Este flujo lo puede recoger un sensor, que lo transmite posteriormente a las estaciones receptoras. Entre superficie y sensor se interpone la atmósfera que dispersa y absorbe también parte de la señal original. De igual forma, la observación remota puede basarse también en la energía emitida por las propias cubiertas, o en la que se puede enviar desde un sensor que fuera capaz, tanto de generar su propio flujo energético, como de recoger su reflexión sobre la superficie terrestre. Ello ha sido posible gracias al desarrollo que han experimentado, por un lado, las técnicas de tratamiento digital de imágenes, lo cual ha facilitado la obtención de datos significativos del territorio, y por otro, el acceso a la exhaustiva información digital proporcionada por sensores en su aspecto espacial, radiométrico, espectral y temporal (Chuvieco E,1996).

Los incendios forestales dan lugar a diferentes patrones de severidad a consecuencia de factores diversos como lo son la topografía, la vegetación o la meteorología, entre otros. Desde esta perspectiva, es esencial el rol que juega la severidad de los incendios en la modificación del paisaje. Se ha probado que incendios con altos niveles de severidad consumen la cubierta vegetal y exponen el suelo a procesos erosivos, lo cual incrementa notablemente la magnitud y duración del impacto (Chuvieco E, 2009).

El estudio de incendios mediante teledetección ofrece claras ventajas frente a otras fuentes de datos. La recopilación de información de incendios en el campo es mucho más costosa en términos de tiempo y dinero, especialmente en áreas remotas,

extensas o de difícil acceso. Numerosos estudios han usado las imágenes de satélite para el estudio de incendios ya que ofrecen una fuente fiable de datos de incendios que pueden superar algunas de las limitaciones del seguimiento tradicional del fuego (Chuvieco E, Kasischke, 2007).

Para el análisis de incendios se utilizan las bandas multispectrales que permiten identificar la afección de un incendio, tanto en el momento del suceso como a posteriori. El fundamento del análisis parte del estudio de las dos bandas multispectrales en las que la vegetación interacciona de una manera relevante dentro del espectro electromagnético. Por un lado, la parte del espectro visible en el que la vegetación muestra una elevada absorción en la sección del rojo debido a la presencia de clorofila generando imágenes multispectrales oscuras. Mientras que la parte del infrarrojo cercano en el que la vegetación se comporta de manera opuesta generando elevados niveles de reflexión obteniéndose imágenes multispectrales brillantes (niveles radiométricos bajos vs niveles radiométricos elevados).

Este comportamiento también se traduce en el estado en el que se encuentra la vegetación, pues un estrés hídrico o vegetación menos joven varía su pigmentación afectando de manera directa a los valores del índice NDVI (*Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada*). Así se puede diferenciar cubiertas vegetales en diferentes estados. El índice podrá ser obtenido mediante la siguiente relación:

$$NDVI = \frac{(Banda\ infrarroja\ cercana - Banda\ roja)}{(Banda\ infrarroja\ cercana + Banda\ roja)}$$

Detección de cicatrices por quemaduras de Incendios Forestales en el Municipio De Mariquita y Honda (Tolima) Usando Sensores Remotos.

El intervalo de valores posibles oscila entre -1 y 1. Los valores negativos están asociados a zonas de agua y nieve. Valores positivos próximos a 0 representan zonas rocosas y desnudas que pueden adquirir algo de vegetación hasta llegar a valores próximos a 0,3. A partir de este valor se encuentra presencia de vegetación. Cuanto mayor sea el valor más frondoso será la vegetación hasta adquirir valores próximos a 1. Se debe tener en cuenta que aspectos como la floración, la existencia de suelo expuesto, la presencia de masas de agua, o la pérdida de hojas pueden influir bruscamente en los valores del NDVI.

En los casos de los incendios cuándo se aplica el índice NDVI a una imagen Previa y índice NDVI a una imagen Posterior, en la imagen resultante se pueden clasificar los niveles digitales según los intervalos de datos dados por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) para la interpretación de estas bandas en estudios con imágenes Landsat se como se muestra a continuación:

Tabla 1. Clasificación de áreas quemadas

Valor de pixeles	Descripción
< -0,25	Alto crecimiento de vegetación posterior al fuego
-0,25 -- 0,1	Bajo crecimiento de vegetación posterior al fuego
-0,1 - 0,1	Zonas estables o sin quemar
0,1 - 0,27	Zonas quemadas con gravedad baja
0,27 - 0,44	Zonas quemadas con gravedad moderada-baja
0,44 - 0,66	Zonas quemadas con gravedad moderada-alta
> 0,66	Zonas quemadas con gravedad alta

5. DISEÑO METODOLOGICO

La metodología implementada para la identificación de la afectación de la vegetación generada por un incendio forestal de Mariquita y Honda (Tolima), se muestra paso a paso el siguiente diagrama en el que se definen cuáles son las etapas con las que realizo el presente:



Figura 1. Modelo cartográfico empleado

5.1. Identificación del área

En el año 2019 en el mes de agosto en los municipios de Mariquita y Honda (Tolima) se presentó una emergencia por el incendio forestal con una duración aproximadamente de dos semanas, el cual logro controlarse después del día 28. El incendio forestal comenzó en el sector Cuchillas de Lumbí, una zona del vecino municipio de Mariquita, por la fuerza de los vientos se extendió a las veredas Caimital y El Tambor, en Honda. En total fueron más de 600 hectáreas incineradas, cuyas coberturas más afectadas corresponden a arbustos, hiervas y pastos (Fabio Arenas, 23 de agosto de 2019).

5.2. Selección de las imágenes.

Las imágenes Landsat 8 multiespectrales adquiridas para el análisis de la afectación de la cobertura vegetal por el incendio ocurrido en los municipios de Mariquita y Honda Tolima, se realizaron teniendo en cuenta las siguientes variables:

- Porcentaje de nubosidad: Se tomo el 10 % dentro de la zona de interés.
- Fecha de finalización del incendio 28 de agosto del 2019.

Tabla 2. Descripción de las imágenes seleccionadas.

Descripción	Fecha	imagen
Imagen Previa	6 de septiembre de 2017	LC80080562017249LGN00
Imagen Durante	27 de agosto de 2019	LC80080562019239LGN00
Imagen Posterior	14 de septiembre de 2020	LC80080562020258LGN00

5.3. Cargue de las imágenes

Para los análisis se utilizó la herramienta SIG ArcGIS Pro, la cual permite realizar tratamiento de imágenes y las imágenes que se utilizaron en el estudio corresponde a las que provee el servicio Multiespectral ArcGIS Living Atlas of the World (Colección de información geográfica de todo el mundo. Incluye mapas, aplicaciones y capas de datos). Las capas se renombraron según la etapa del incendio y la fecha de la imagen.

Detección de cicatrices por quemaduras de Incendios Forestales en el Municipio De Mariquita y Honda (Tolima) Usando Sensores Remotos.

Tabla 3. *Imágenes utilizadas en el análisis*

Nombre	Fecha	imagen
Prev20140906	6 de septiembre de 2017	LC80080562017249LGN00
Dur20190827	27 de agosto de 2019	LC80080562019239LGN00
Post20200914	14 de septiembre de 2020	LC80080562020258LGN00



Figura 2. *Imágenes del Área de trabajo*

5.4. Análisis visual

Para el análisis visual de las imágenes Landsat en las áreas quemadas se usaron la combinación RGB de bandas *infrarrojo/roja/verde* que permite realzar las áreas quemadas y se utilizó la herramienta DRA (Dinamic Ranger Adjustment), función que

Detección de cicatrices por quemaduras de Incendios Forestales en el Municipio De Mariquita y Honda (Tolima) Usando Sensores Remotos.

ajusta automáticamente el tipo de extensión activo cuando navega por la imagen en función de los valores de píxeles de la visualización actual cada una de las imágenes.

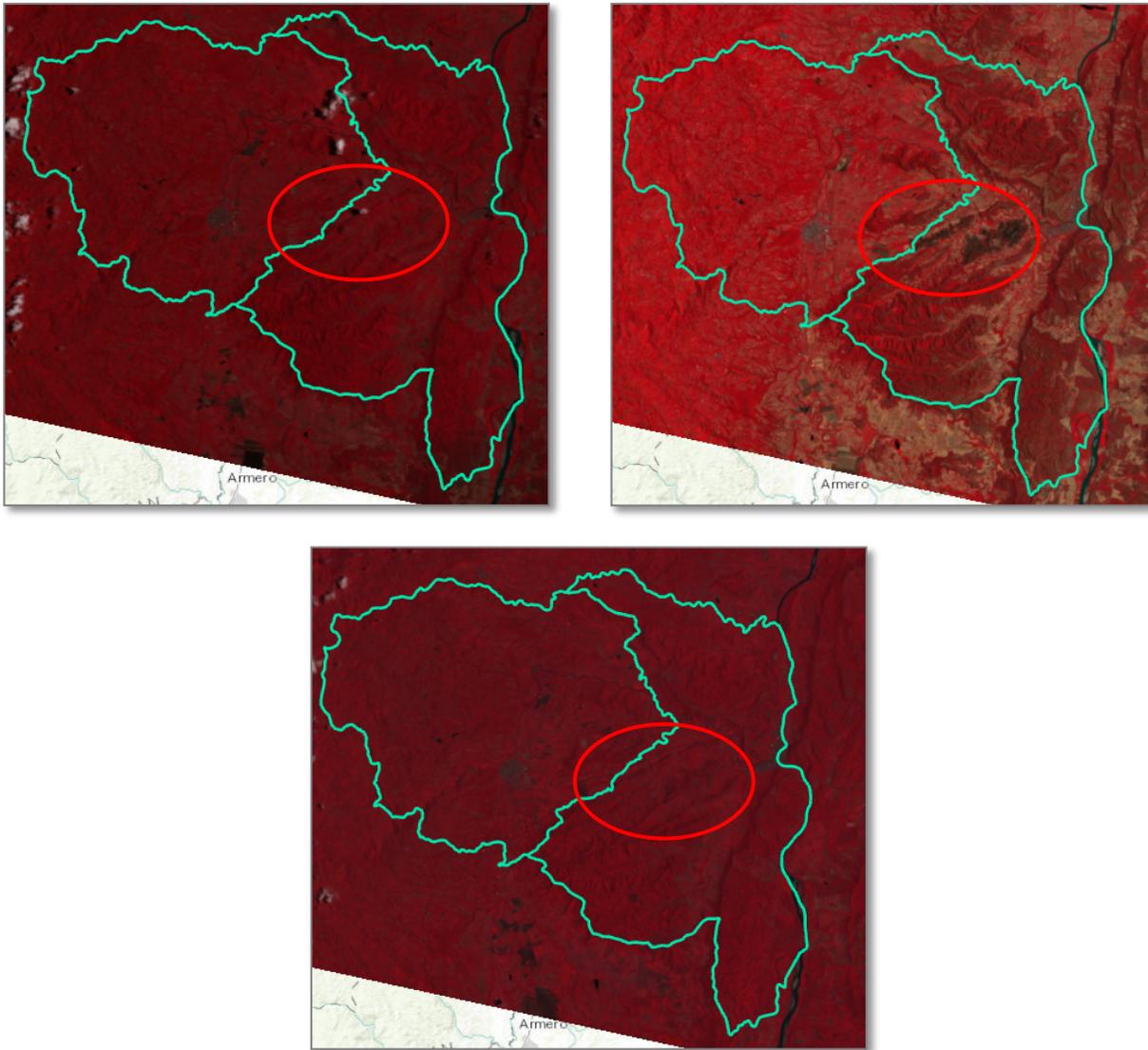


Figura 3. Imagen Prev20140906, Dur20190827 y Post20200914 optimizada

Detección de cicatrices por quemaduras de Incendios Forestales en el Municipio De Mariquita y Honda (Tolima) Usando Sensores Remotos.

Posteriormente se utilizó la combinación RGB de las bandas a ***infrarrojo de onda corta 2/ infrarrojo de onda corta 1/infrarrojo cercano***, la cual permite identificar como el incendio generó el cambio de la vegetación drásticamente en la zona norte del municipio de Honda y las cicatrices del incendio forestal en la imagen Dur20190827 y Post20200914, identificándose el impacto en la imagen de agosto de 2019 y la recuperación de la vegetación en la imagen septiembre 2020.

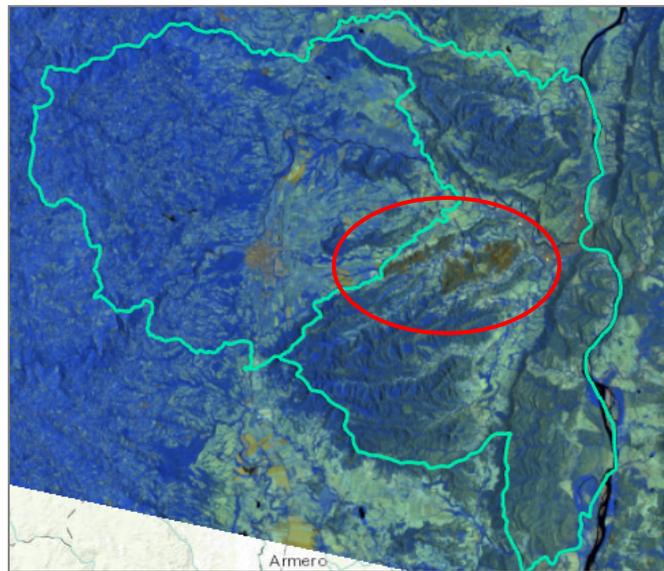


Figura 4. Detección de cicatrices por quemaduras de la imagen Dur20190827

Detección de cicatrices por quemaduras de Incendios Forestales en el Municipio De Mariquita y Honda (Tolima) Usando Sensores Remotos.

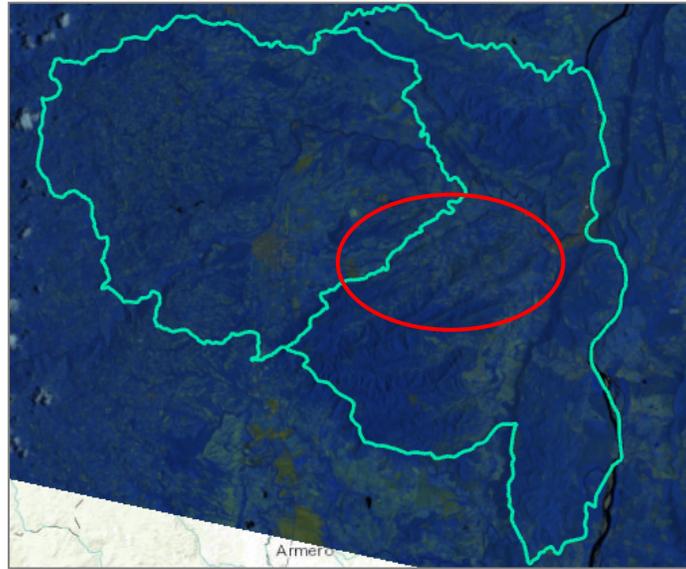


Figura 5. Detección de cicatrices por quemaduras de la imagen Post20200914

5.5. Análisis de cicatrices de incendios

Para el análisis de cicatrice de incendios se utilizó el índice de vegetación de diferencia normalizada – NDVI Es una transformación que se realiza para caracterizar las cubiertas vegetales, reforzando la contribución espectral. Varía entre -1 y 1, cuanto mayor sea el resultado, mayor vigor presenta la vegetación, característica que se traduce en la imagen con colores que van desde los rojos a amarillos y verdes, en contraste con aquellos sectores en los que existe escasa presencia o ausencia total de vegetación, donde los colores van desde los azules a negro.

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

Se creó una función ráster FNDR donde se configurando Band aritmética para configurar el Índice NDVI, también se utilizó la herramienta Minus, que permite restar los valores del segundo ráster a los del primer ráster de entrada, Luego se utilizó el Remap el cual permite asignar o reclasificar los valores de píxel de los datos ráster, teniendo en cuenta la siguiente tabla:

Tabla 4. Clasificación de los valores del píxel del análisis de las cicatrices.

Mínimo	máximo	Clasificación
-0,5	-0,25	-2
-0,25	- 0,1	-1
-0,1	0,1	0
0,1	0,27	1
0,27	0,44	2
0,44	0,66	3
0,66	1	4

Detección de cicatrices por quemaduras de Incendios Forestales en el Municipio De Mariquita y Honda (Tolima) Usando Sensores Remotos.

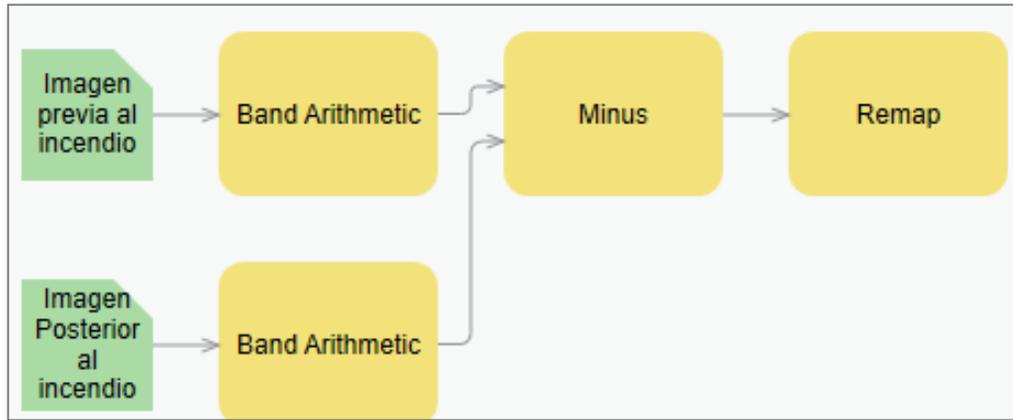


Figura 6. Función ráster FNDR

Con la ejecución de la función FNDR de las imágenes *Prev20140906* y *Dur20190827* se puede observar en la imagen las cicatrices del incendio en colores grises claros:

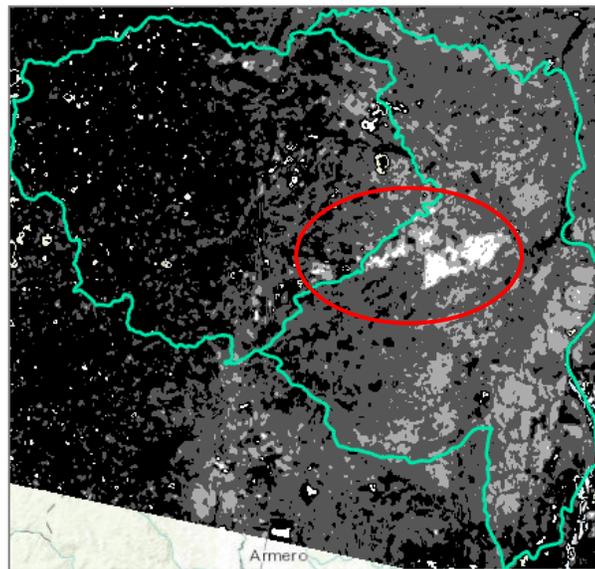


Figura 7. Análisis de cicatrices imagen *Prev20140906* y *Dur20190827*.

Cuando se ejecuta el modelo analizando de la imagen Prev20140906 y Post20200914 se puede observar la recuperación la vegetación en la zona de estudio

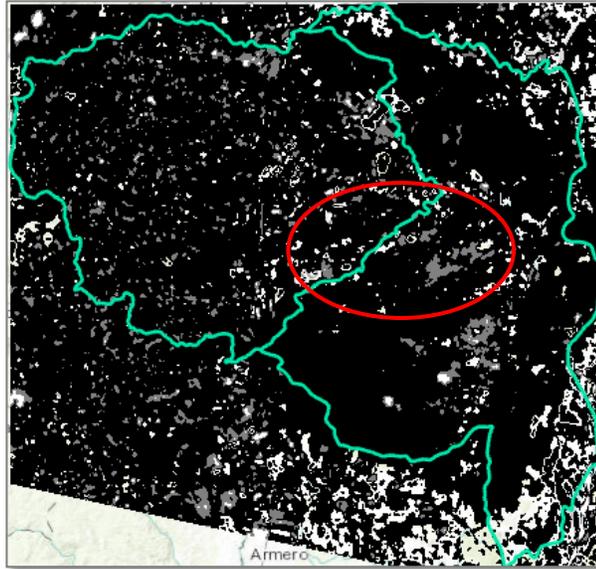


Figura 8. Análisis de cicatrices imagen Prev20140906 y Post20200914.

5.6. CÁLCULO DE ÁREAS DE INCENDIOS:

Por último, se realizó el cálculo de áreas digitalizadas de los focos de incendios a partir de la imagen resultante del análisis de cicatrices de incendios cuyos insumos son las imágenes Prev20140906 y Dur20190827:

Detección de cicatrices por quemaduras de Incendios Forestales en el Municipio De Mariquita y Honda (Tolima) Usando Sensores Remotos.

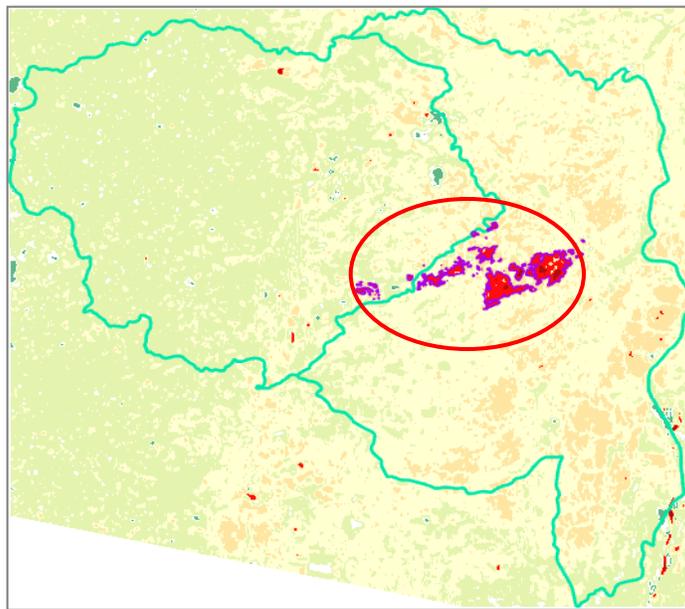


Figura 9. Áreas de los focos del incendio.

6. RESULTADOS

Para resaltar las cicatrices se cambió la simbología, en la que se ven muy marcadas el impacto del incendio, el cual afecto mayormente al municipio de Honda a pesar de que este comenzó en el municipio de Mariquita, la intensidad de rojos en el mapa indica el impacto de tuvo el incendio en la cobertura vegetal, caracterizando aproximadamente el 85% como Zonas quemadas con gravedad moderada y el valor restante a Zonas quemadas con gravedad alta:

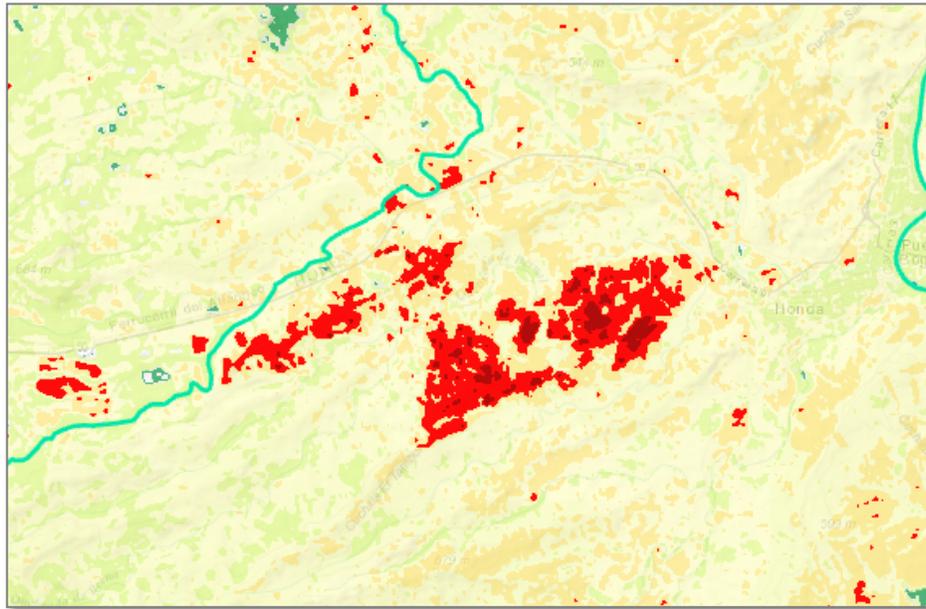


Figura 10. Realce de las cicatrices imagen Prev20140906 y Dur20190827

Para el año 2020, trece meses después del incendio, se puede observar como las cicatrices muestran que se ha recuperado la cobertura vegetal cambiando el estado de zonas quemadas moderadas a Zonas quemadas con gravedad baja.

Detección de cicatrices por quemaduras de Incendios Forestales en el Municipio De Mariquita y Honda (Tolima) Usando Sensores Remotos.

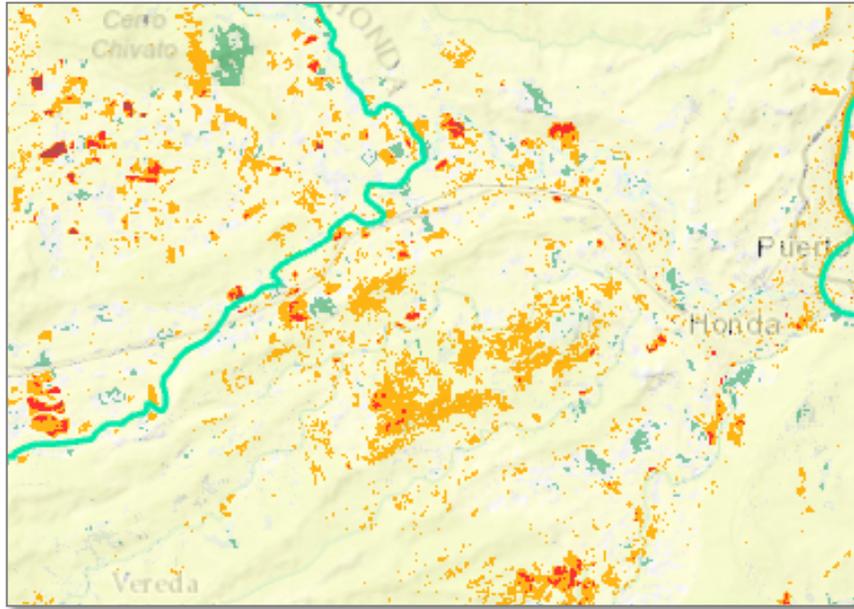


Figura 11. Realce de las cicatrices imagen Prev20140906 y Post20200914

Al digitalizar los focos de incendios que se presentaron en su mayoría en el municipio de Honda Tolima. Se encontró un total de 62 polígonos, que corresponde a Zonas quemadas con gravedad moderada-baja, Zonas quemadas con gravedad moderada-alta y Zonas quemadas con gravedad alta, son unas cicatrices que corresponden a 632, 32 ha:

Detección de cicatrices por quemaduras de Incendios Forestales en el Municipio De Mariquita y Honda (Tolima) Usando Sensores Remotos.

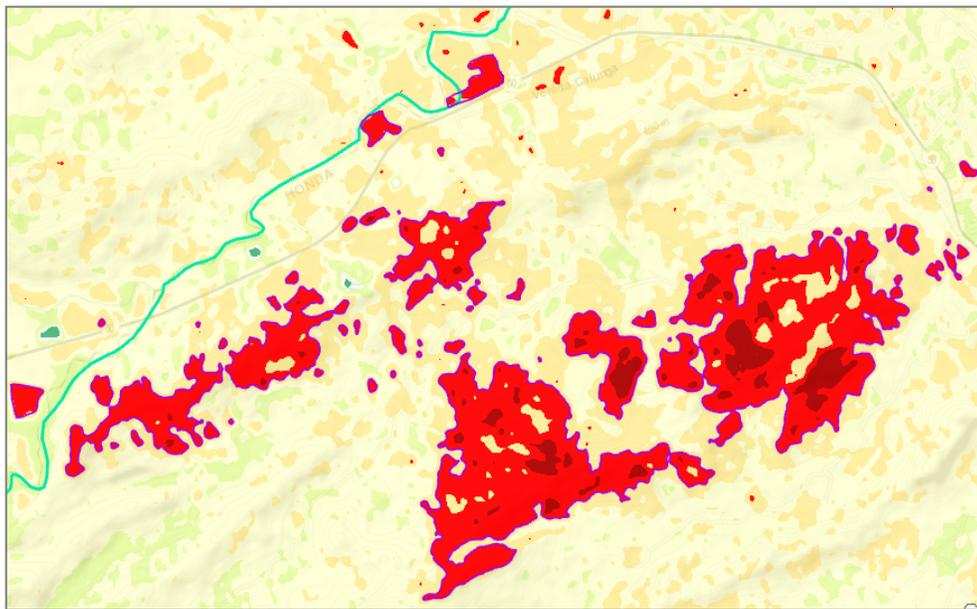


Figura 12. Áreas afectadas por las incidencias.

7. PLANIFICACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

Con el presente estudio se entrega la información en una carpeta del proyecto Proyecto_Final_Incidendios-Forestales_Honda de ArcGIS Pro, en la que se encuentra la información correspondiente a:

- Presente documento “Detección de cicatrices por quemaduras de Incendios Forestales en el Municipio De Mariquita y Honda (Tolima) Usando Sensores Remotos.
- ArcGIS Project File Proyecto_Final_Incidendios-Forestales_Honda.
 - Imágenes utilizadas en el proceso Prev20140906, Dur20190827 y Post20200914.
- Función ráster denominada FNDR (Carpeta RasterFunctionTemplates\Project1)
- GDB
 - Imágenes resultantes del análisis de las cicatrices de incendios.
 - Capa con la digitalización de las áreas de incendios.

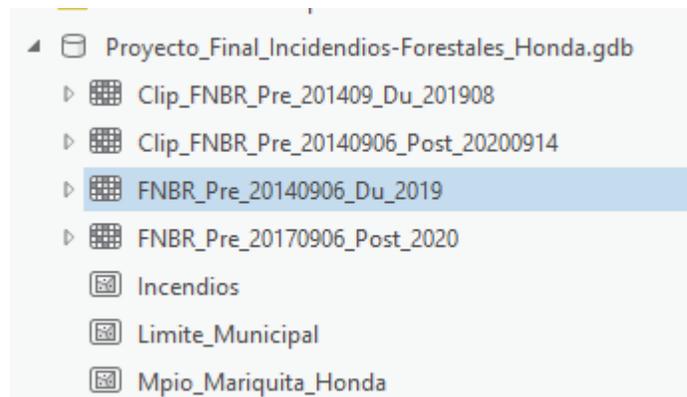


Figura 13. Archivos del proyecto.

8. IMPACTO

Con el presente estudio se intenta identificar cuáles son las áreas susceptibles por incendios forestales a partir de la utilización de percepción remota con imágenes LANSAT 8 en los municipios de Mariquita y Honda dado los 48 eventos asociados a incendio forestales que ocurrieron en el departamento de Tolima en agosto del año 2019, esto con el fin de que los municipios tomen las medidas de mitigación y prevención necesarias para controlar e evitar los incendios en sus municipios e identificar sus posibles causas, teniendo en cuenta que dependiendo de la época del año la ocurrencia de los incendio puede aumentar debido a la presentan de factores adicionales que agudizan la problemática, como es el caso del fenómeno del Niño.

Adicionalmente se puede identificar las cicatrices por quemaduras del incendio forestal ocurrido en el año 2019: la localización de las áreas afectadas por el incendio tanto para el municipio de Marquita como el de Honda, área de afectación de los incendios en ha, grado de afectación según la clasificación del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) para la interpretación de las imágenes Landsat, con las cuales se puede determinar las medidas de recuperación de cobertura vegetal teniendo en cuenta que en el área de estudio se encontraron zonas quemadas con gravedad moderada - baja, gravedad moderada - alta y gravedad alta.

La identificación de las áreas quemadas por los incendios forestales más el inventario de los propietarios de los predios y sus inmuebles en la zona y sus alrededores, permite identificar cuáles fueron las personas afectadas, para que los municipios posteriormente realicen un proceso de acompañamiento, cálculo de pérdidas y presten la ayuda correspondiente.

*Detección de cicatrices por quemaduras de Incendios Forestales en el Municipio De Mariquita y Honda
(Tolima) Usando Sensores Remotos.*

Adicionalmente con los análisis multitemporales de las imágenes LANSAT 8 se puede determinar el avance en la recuperación de la cobertura vegetal en diferentes periodos de tiempo: ya sea que la recuperación de la vegetación sea de forma natural sin la intervención humana o el monitoreando de las medidas de recuperación planteadas por los municipios y/o oficinas de riesgos.

9. CONCLUSIONES

- Para el análisis de cicatrices por incendios forestales las imágenes multiespectrales, permiten su caracterización a partir de las bandas rojas e infrarrojo cercano donde se puede identificar la zona de influencia del incendio, vegetación afectada y la recuperación de la cobertura en diferentes periodos de tiempo.
- Se realizó un análisis visual del área de estudio se evidencia que en la imagen previa al incendio Prev20140906 del año 2018, existía cobertura vegetal de los municipios de Mariquita y Honda arrasada por el incendio. Y como en la imagen de días posteriores al incendio Dur20190827, la respuesta espectral de vegetación cambia a suelo descubierto, señal del cambio que tuvo esta cobertura
- En la imagen de agosto del 2019 se puede ver las cicatrices de las quemaduras producidas por el incendio, resaltándose al utilizar las combinaciones de bandas con rojo e infrarrojo cercano.
- Las áreas quemadas fueron aproximadamente a 632 ha en donde las coberturas vegetales más afectadas pertenecen a arbustos, hiervas y pastos, localizándose en mayor parte en la zona norte del municipio de Honda Tolima.
- Con el análisis de la imagen posterior de septiembre del 2020, la cual fue tomada aproximadamente un año después del incendio, las cicatrices disminuyeron de tamaño y cambiaron su respuesta espectral, se muestra como se ha ido regenerado la vegetación después del incendio, cambiando el grado de afectación de zonas quemadas moderada a Zonas quemadas con gravedad baja.

*Detección de cicatrices por quemaduras de Incendios Forestales en el Municipio De Mariquita y Honda
(Tolima) Usando Sensores Remotos.*

- Este estudio permite mostrar que las cicatrices del incendio del 2019 en los municipios de Mariquita y Honda tuvieron un grado de afectación en su mayoría de polígonos afectados de zonas quemadas con gravedad moderada bajo y alto, y se encontraron áreas focalizada como zonas quemadas con gravedad alta.
- El uso de las imágenes satelitales y la percepción remota permite realizar una diversidad de estudios, identificando diferentes problemáticas en el territorio, como es el caso de los incendios forestales que se presentó en este estudio y adicionalmente se pueden realizar otros como es el caso de deforestación, mineral informal, erosión, uso de suelos, detención de cambios en vegetación, entre otros, Es importante tener en cuenta la escala con la que se va a realizar el estudio o su finalidad dado que esto determina la precisión de los insumos que se utilizaran en el estudio.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chuvieco E, (2009). *Earth Observation of Wildland Fires in Mediterranean Ecosystems*, Berlin.

Chuvieco E (1996). Empleo de imágenes de satélite para medir la estructura del paisaje: análisis cuantitativo y representación cartográfica. *Serie Geográfica* 6, 131-147.

Chuvieco E, Kasischke ES (2007) Remote sensing information for fire management and fire effects assessment. 112, 1-8.

Comisión Nacional Asesora para la Prevención y Mitigación de Incendios Forestales, (2002). Plan nacional de prevención, control de incendios forestales y Restauración de Áreas Afectadas, 13-18.

El tiempo Editorial, (19 de agosto de 2019). Un cigarrillo habría causado incendio en Parque Nacional los Nevados. *El Tiempo*. Recuperado de <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/incendio-en-parque-nacional-los-nevados-noticias-de-caldas-hoy-531024>

El tiempo Editorial, (23 de agosto de 2019). Alerta: cada tres horas se presenta un incendio forestal en Colombia. *El Tiempo*. Recuperado de <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/incendios-forestales-en-colombia-cada-cuanto-hay-un-incendio-en-colombia-403830>

Fabio Arenas, (23 de agosto de 2019). Declaran emergencia en Tolima por incontrolable incendio forestal, agosto de 2019. *El Tiempo*. Recuperado de <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/incendio-forestal-en-honda-tolima-600-hectareas-consumidas-en-4-dias-404182>

Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, (octubre de 2011). Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal escala 1:100.00.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2011), Zonificación del riesgo a incendios. IDEAM de www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/zonificacion-del-riesgo-a-incendios.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, (2017). Informe del Estado del Ambiente y Los Recursos Naturales Renovables. Bogotá: IDEAM.

Michalijos, M. P., & Uboldi, J. (2013). Propuesta metodológica para la evaluación de áreas afectadas por incendios mediante el uso de imágenes satelitales. *Revista de Geografía Norte Grande*, 223-234.

Ministerio del Medio Ambiente (2000), Diagnóstico Nacional sobre la problemática de los incendios forestales en Colombia y la percepción del público en general en cuanto a las acciones de divulgación e información adelantadas en el nivel nacional y regional.

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - UNGRD, (2019) Boletín N° 160.

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - UNGRD, (2019) Cartilla incendios: Lo que usted debe saber sobre incendios de cobertura vegetal