



Tecnológico
de Antioquia
Institución Universitaria



RESUMEN TRABAJO DE GRADO

ANÁLISIS DE LA OCURRENCIA DE INCENDIOS EN LA ORINOQUIA COLOMBIANA DURANTE LA CUARENTENA OBLIGATORIA POR COVID-19 A TRAVÉS DE TELEDETECCIÓN ÓPTICA Y DE RADAR

Autor:

DANIELA TORINJANO JIMÉNEZ

Asesora

ADRIANA ISABEL OSORIO MOSQUERA

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICO DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA AMBIENTAL

MEDELLÍN, COLOMBIA

2020

RESUMEN

La información que se obtiene por los satélites sobre la cobertura de la tierra ha sido una fuente importante para conocer los cambios en los ecosistemas, generando una herramienta de gran utilidad para el monitoreo en tiempo real de la superficie terrestres como instrumento de análisis de los recursos ambientales que han sufrido transformaciones a causa de actividades antrópicas o naturales.

La transformación de la cobertura vegetal, es más notoria en eventos como los incendios, que en Colombia tradicionalmente, se evidencia en la región de la Orinoquia. Por tal motivo, se implementó las herramientas provistas por la teledetección analizando la distribución temporal y espacial de incendios forestales durante diciembre 2019 a Junio 2020 con el uso de las imágenes de radar de apertura sintética (SAR) e imágenes ópticas para la estimación de la superficie quemada, con el fin de determinar si el aislamiento preventivo decretado por el gobierno nacional por COVID-19 en Marzo de 2020, influyó en las dinámicas de incendios de cobertura vegetal en la Orinoquia Colombiana

A partir de datos obtenidos por MODIS, Sentinel-1 y Sentinel-2, se encontró que los incendios en el área de estudio se mantienen dentro del patrón nacional; se evidencia que para el 2020 la severidad aumento considerablemente; anualmente en la Orinoquia entre Diciembre a Marzo se presentan el mayor número de anomalías térmicas, esto, debido a que en este periodo se presenta la temporada seca, las altas temperaturas y la acción del viento hacen que se intensifiquen estos eventos. A partir de abril, se nota una clara reducción en el número de fuegos detectados, la causa de esta reducción está asociada al inicio de la temporada de lluvia que se extiende hasta finales de Noviembre. En cuanto a áreas protegidas se afectaron el 10.19% con 209.363.98 ha del total de hectáreas calcinadas detectadas entre diciembre 2019 a junio 2020.

PALABRAS CLAVE:

Área Quemada, Incendio Forestal, Radar de Apertura Sintética (SAR), Teledetección

*Análisis de la ocurrencia de incendios en la Orinoquia Colombiana durante la cuarentena obligatoria por covid-19
a través de teledetección óptica y de radar*

Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria

Página 3

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN	3
ABSTRACT.....	4
ABREVIATURAS.....	10
1. INTRODUCCIÓN	11
2. PLANTEAMIENTO DE LA PREGUNTA O PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN	14
3. MARCO TEÓRICO.....	17
3.1. Incendios forestales	17
3.2. Incendios forestales en Colombia	19
3.3. Incendios en la Orinoquia	23
3.4. La teledetección.....	25
3.4.1. Principios básicos de la teledetección	27
3.4.1.1. El espectro Electromagnético.....	29
3.4.1.2. Firma espectral	31
3.4.1.3. Bandas de teledetección	32
3.4.2. Teledetección Óptica	34
3.4.3. Teledetección de radar.....	36
3.5. Uso de la teledetección en la detección de incendios.....	42
3.6. Focos de calor.....	44
3.7. Detección áreas quemadas	46
3.8. Espesor óptico de aerosoles (AOD)	48
4. OBJETIVOS	49
4.1. Objetivo General.....	49
4.2. Objetivos Específico	49

*Análisis de la ocurrencia de incendios en la Orinoquia Colombiana durante la cuarentena obligatoria por covid-19
a través de teledetección óptica y de radar*

Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria

Página 5

5. HIPÓTESIS.....	50
6. METODOLOGÍA.....	51
6.1. Área de estudio.....	51
6.2. Descarga focos de calor o anomalías térmicas del sensor MODIS (hotspots).....	53
6.3. Descarga del área quemada por el sensor MODIS.....	54
6.4. Análisis de incendios a partir de imágenes de Sentinel-1 y Sentinel-2.....	55
6.4.1. Imágenes satelitales utilizadas	55
6.4.2. Procesamiento de la información.....	57
6.5. Espesor óptico de aerosoles (AOD)	63
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	64
7.1. Focos de calor o anomalías térmicas (hotspots).....	64
7.2. Área quemada a través del sensor MODIS	68
7.3. Índice Normalizado de área quemada (NBR) a través de imágenes Sentinel-2.....	70
7.4. Cálculo de pérdida de vegetación a través de imágenes de Sentinel-1	73
7.5. Comparación del análisis de áreas quemadas	75
7.6. Espesor óptico de aerosoles (AOD)	77
8. CONCLUSIONES	80
9. IMPACTO ESPERADO.....	82
10. RECOMENDACIONES FUTURAS	83
REFERENCIAS.....	84
ANEXOS	90
Anexo 1. Afectación de las áreas protegidas de la Orinoquia Colombiana por la ocurrencia de incendios	90
Anexo 2. Código del Análisis Multi-Temporal con Sentinel-1, en Google EarthEngine.....	92
Anexo 3. Código del Índice Normalizado de Área Quemada con Sentinel-2, en Google Earth Engine	96

*Análisis de la ocurrencia de incendios en la Orinoquia Colombiana durante la cuarentena obligatoria por covid-19
a través de teledetección óptica y de radar*

Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria

Página 6

REFERENCIAS

- Aguado, I., Chuvieco, E., Martín, P., & Salas, J. (2003). Assessment of forest fire danger conditions in southern Spain from NOAA images and meteorological indices. *International Journal of Remote Sensing*, 24(8), 1653–1668. <https://doi.org/10.1080/01431160210144688>
- Alonso-González, A., & Hajnsek, I. (2019). *Radar Remote Sensing of Land Surface Parameters*. https://doi.org/10.1007/978-3-662-48297-1_12
- Alonso, F. G. (1993). *Aplicaciones De La Teledeteccion Espacial Al Estudio De Los Incendios Forestales*. 53–57.
- Anaya, J. A., Sione, W. F., & Rodriguez-Montellano, A. M. (2018). Identificación de áreas quemadas mediante el análisis de series de tiempo en el ámbito de computación en la nube. *Revista de Teledetección*, 51, 61. <https://doi.org/10.4995/raet.2018.8618>
- Armenteras, Clerici, N., Kareiva, P., Botero, R., Ramírez-Delgado, J. P., Forero-Medina, G., Ochoa, J., Pedraza, C., Schneider, L., Lora, C., Gómez, C., Linares, M., Hirashiki, C., & Biggs, D. (2020). Deforestation in Colombian protected areas increased during post-conflict periods. *Scientific Reports*, 10(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61861-y>
- Armenteras, D. (2013). Forest fragmentation and edge influence on fire occurrence and intensity under different management types in Amazon forests. *ScienceDirect*. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.10.026>
- Armenteras, D. (2020). *Policy brief. Smoke signals: policy solutions to sustain Colombian forests*. July, 1–3.
- Armenteras, D., González-Alonso, F., & Aguilera, C. F. (2009). Distribución geográfica y temporal de anomalías térmica. *Caldasia*, 31(February), 303–318. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0366-52322009000200007&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Armenteras, D., Rodríguez, N., Retana, J., & Morales, M. (2011). Understanding deforestation in montane and lowland forests of the Colombian Andes. *Regional Environmental Change*, 11(3), 693–705. <https://doi.org/10.1007/s10113-010-0200-y>
- Arnaldos Viger, J., Castelló Vidal, J. I., & Giménez Pujol, A. (2004). *Manual de ingeniería básica para la prevención y extinción de incendios forestales*. 414. http://discovery.udl.cat/iii/encore/record/C__Rb1164641__Sarnaldos_viger__Orightresult__U__X4?lang=cat
- Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas., D. S., & Cavayas, F. (2008). Geoacta revista de la Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas. *Geoacta*, 39(1), 62–89. <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/geoacta/article/view/2858/4293>
- Cede, R., Cabrera, E., Vargas, D. M., Galindo, G., García, M. C., Ordoñez, M. F., & Alonso, F. (2011). Introducción a la percepción remota y sus aplicaciones Geológicas. *SIGMUR. SIG y Análisis de la ocurrencia de incendios en la Orinoquia Colombiana durante la cuarentena obligatoria por covid-19 a través de teledetección óptica y de radar*

Teledetección En La Universidad de Murcia, 84(4), 3–4. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2011000400004>

Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de la teledetección*.

Codei TDEA. (2019). *Aplicabilidad del radar SAR SAOCOM como herramienta de monitoreo agroambiental para Colombia*. 1–13.

CONAE. (2020). *SAOCOM, Usos del satélite*. <http://saocom.invap.com.ar/usos-del-satelite/>

De Santis, A., & Chuvieco, E. (2007). Burn severity estimation from remotely sensed data: Performance of simulation versus empirical models. *Remote Sensing of Environment*, 108(4), 422–435. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.11.022>

Di Bella, C. M., Jobbágy, E. G., Paruelo, J. M., & Pinnock, S. (2006). Continental fire density patterns in South America. *Global Ecology and Biogeography*, 15(2), 192–199. <https://doi.org/10.1111/j.1466-822X.2006.00225.x>

Díaz, R., Lloret, F., & Pons, X. (2003). Influence of fire severity on plant regeneration by means of remote sensing imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24(8), 1751–1763. <https://doi.org/10.1080/01431160210144732>

ESA. (2020a). *Sentinel-1 SAR GRD: C-band Synthetic Aperture Radar Ground Range Detected*. https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S1_GRD#description

ESA. (2020b). *Sentinel-2 MSI Technical Guide*. <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi>

Gámez, D. (2012). *Aplicación Del Radar De Apertura Sintentica Del Ers-2 En El Suroeste Del Golfo De Mexico*.

Giglio, L. (2018). *MODIS Collection 6 Active Fire Product User's Guide Revision B (December 2018)*. http://modis-fire.umd.edu/files/MODIS_C6_Fire_User_Guide_B.pdf

Gimeno, M., & Ayanz, J. (2004). Evaluation of RADARSAT-1 data for identification of burnt areas in Southern Europe. *Remote Sensing of Environment*, 92(3), 370–375. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.03.018>

Gómez-Sánchez, E., de las Heras, J., Lucas-Borja, M., & Moya, D. (2017). Ajuste de metodologías para evaluar severidad de quemado en zonas semiáridas (SE peninsular): Incendio donceles 2012. *Revista de Teledeteccion*, 2017(49 Special Issue), 103–113. <https://doi.org/10.4995/raet.2017.7121>

Análisis de la ocurrencia de incendios en la Orinoquia Colombiana durante la cuarentena obligatoria por covid-19 a través de teledetección óptica y de radar
Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria

- Huguet, G. (2020). *Grandes Pandemias de la Historia*. National Geographic. https://historia.nationalgeographic.com.es/a/grandes-pandemias-historia_15178/5
- IDEAM. (2016). *Estadísticas sobre incendios en Colombia*. http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/estadisticas-incendios?p_p_id=110_INSTANCE_Xyglx80CsJIT&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&_110_INSTANCE_Xyglx80CsJIT_struts_action=%2Fdocument_library_d
- IDEAM. (2020a). *Incendios de la cobertura vegetal*. <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/incendios-cobertura-vegetal>
- IDEAM. (2020b). *Informe técnico alertas vigentes, boletín N° 31*. 1–34. http://www.pronosticosyalertas.gov.co/documents/78690/90053522/031_IDA_ENERO_31_2020.pdf/8beade84-2764-4ae2-9a13-01ac4b968b36?version=1.0
- IDIGER. (2019). *Caracterización General del Escenario de Riesgo por Incendio Forestal*. <https://www.idiger.gov.co/rincendioof#:~:text=Los incendios forestales en Colombia,y áreas de plantaciones forestales.>
- Lasso, C., Rial, a, & Matallana, C. (2011). Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: II. Áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible. In *Página* <https://doi.org/978-958-8343-60-0>
- Lozano., Vasquez, C., Rivera, C., & Zapata, A. (2019). Efecto de la vegetación riparia sobre el fitoperifiton de humedales en la Orinoquía colombiana. *Acta Biológica Colombiana*, 24(1), 67–85. <https://doi.org/10.15446/abc.v24n1.69086>
- Lozano, C., & Rodriguez, O. (2011). Design of forest fire early detection system using wireless sensor networks. *Electronics and Electrical Engineering*, 3(2), 402–405.
- Marcelo, C., Bella, D., Posse, G., & Beget, M. E. (2008). La teledetección como herramienta para la prevención, seguimiento y evaluación de incendios e inundaciones. *Ecosistemas*, 17(3), 39–52. <https://doi.org/10.7818/re.2014.17-3.00>
- Meza, M., González, T. M., & Armenteras, D. (2019). *Propuesta para el manejo integral del fuego en Colombia*. November.
- Mondragón Leonel, M. F., Melo Ardila, A., & Gelvez Pinzón, K. (2013). *Causas de los incendios forestales en la región Caribe, Andina y Orinoquía de Colombia*. 1, 222.

- Morón, L., Devisscher, D., & Espinoza, D. (2014). *Análisis espacial y multitemporal de la dinámica de los incendios forestales entre los años 1986 – 2012 en la cuenca de Zapocó, Santa Cruz, Bolivia.*
- NASA. (2020a). *Aerosol Optical Depth.* https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MODAL2_M_AER_OD
- NASA. (2020b). *La NASA observa reducciones en los niveles de dióxido de nitrógeno en América del Sur.* Ciencias Espaciales. <https://ciencia.nasa.gov/la-nasa-observa-reducciones-en-los-niveles-de-dióxido-de-nitrógeno-en-américa-del-sur>
- NASA. (2020c). *Moderate resolution imaging spectroradiometer, MODIS.* <https://modis.gsfc.nasa.gov/data/>
- NASA. (2020d). *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS).* <https://terra.nasa.gov/about/terra-instruments/modis>
- NASA. (2020e). *Wildfires Can't Hide from Earth Observing Satellites.* <https://earthdata.nasa.gov/learn/articles/feature-articles/wildfire-articles/wildfires-cant-hide-from-earth-observing-satellites>
- NASA. (2017). Conceptos Básicos del Radar de Apertura Sintética. *Applied Remote Sensing Training*, 1–56. https://arset.gsfc.nasa.gov/sites/default/files/water/Brazil_2017/Day1/S1P2-span.pdf
- Paz, A. (2020). Incendios, contaminación del aire y Covid-19: tres problemas que acechan a Colombia. *Mongabay Latam.* <https://es.mongabay.com/2020/04/calidad-del-aire-y-coronavirus-incendios-en-colombia/>
- Pérez, D. (2012). *Identificación de ecosistemas en la Provincia de Napo - Ecuador mediante análisis digital de imágenes satelitales.* 1–152. file:///C:/Users/User/Downloads/104897.pdf
- Plana, E., Font, M., & Serra Marta. (2016). *Los incendios forestales, guía para comunicadores y periodistas. Proyecto eFIRECOM.* http://efirecom.ctfc.cat/docs/efirecomperiodistes_es.pdf
- Podest, E., Mccullum, A., Luis, J., Pérez, T., McCartney, S., & Curso, E. (2020). *Mapeo y Monitoreo de Bosques con Datos SAR : Análisis Multi-Temporal.* 34–87.
- Polychronaki, A., Gitas, I. Z., Veraverbeke, S., & Debien, A. (2013). Evaluation of ALOS PALSAR imagery for burned area mapping in greece using object-based classification. *Remote Sensing*, 5(11), 5680–5701. <https://doi.org/10.3390/rs5115680>
- Rodríguez, D. A. (2014). *Incendios de Vegetación su Ecología Manejo e Historia.* 1(November),

Análisis de la ocurrencia de incendios en la Orinoquia Colombiana durante la cuarentena obligatoria por covid-19 a través de teledetección óptica y de radar
Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria

891. <http://www.liverpool.com.mx/tienda/incendios-de-vegetación-su-ecología-manejo-e-historia-vol-1/1038100650?skuId=1038100650>

Rodriguez, 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. *Rom J Morphol Embryol*, 25–65. <https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis123.pdf>

Romero, M. H., Flantua, S. G. A., Tansey, K., & Berrio, J. C. (2012). Landscape transformations in savannas of northern South America: Land use/cover changes since 1987 in the Llanos Orientales of Colombia. *Applied Geography*, 32(2), 766–776. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.08.010>

Rowell, A. (n.d.). *Global Review of Forest Fires*.

Roy, D. P., Jin, Y., Lewis, P. E., & Justice, C. O. (2005). Prototyping a global algorithm for systematic fire-affected area mapping using MODIS time series data. *Remote Sensing of Environment*, 97(2), 137–162. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.04.007>

Skolnik, M. I. (1990). Radar Handbook. In *Radar Handbook* (p. 846). <http://www.geo.uzh.ch/microsite/rsl-documents/research/SARlab/GMTILiterature/PDF/Skolnik90.pdf>

Soler, D., & Hernández, P. (2017). Desarrollos y perspectivas de investigación en la Orinoquía. *Revista de Medicina Veterinaria*, 36, 7–13. <https://doi.org/10.19052/mv.5167>

TELEDET. (2020). ¿QUE ES UNA IMAGEN SATELITAL? <http://www.teledet.com.uy/imagen-satelital.htm>

UN-SPIDER. (2018). *Step by Step: Burn Severity mapping in Google Earth Engine*. UNITED NATIONS. <https://un-spider.org/es/asesoria/practicar-recomendadas/practica-recomendada-mapeo-gravedad-quemaduras/paso-a-paso/google-earth-engine>

UNGRD. (n.d.). *Informe Incendios Forestales*. <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/26>

UNGRD. (2019). Cartilla: “Lo que usted debe saber sobre incendios de cobertura vegetal.” In *עלן ענין* (Vol. 66). https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/28309/Cartilla_Incendios_2019-.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Vásquez, H. (1999). *Radarsat International. Radarsat 1. Geologic Mapping*.

Análisis de la ocurrencia de incendios en la Orinoquia Colombiana durante la cuarentena obligatoria por covid-19 a través de teledetección óptica y de radar
Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria

- Vásquez Peinado, Á., Toro, L., & González-Caro, S. (2018). *Dinámica de incendios en Antioquia con énfasis en Bosques Andinos*. February, 87–102.
- Vega, H. V. (2008). *INTRODUCCION A LA PERCEPCION REMOTA Y SUS APLICACIONES GEOLOGICAS*.
<http://recordcenter.sgc.gov.co/B12/23008002524448/documento/pdf/2105244481102000.pdf>
- Wainschenker, R. S., Ciccimarra, G., Tristan, P., & Doorn, J. (n.d.). *Generación de Mapas Temáticos a partir del Procesamiento de Imágenes*. 7000.
- Zamora, A. (2016). *Estudio Metodológico Para El Monitoreo De Alertas Tempranas De Deforestación Basado En Focos De Calor En La Amazonía Peruana*. 163.
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2601>