DE 14 À 19 DE OUTUBRO DE 2024
DEL 14 AL 19 DE OCTUBRE DE 2024
V SLACTIA
SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO EM AGROPECUÁRIA
SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN LA AGROPECUARIA

RECURSOS NATURALES Y PROTECCIÓN AMBIENTAL

EVALUACIÓN DE LA SEVERIDAD DEL INCENDIO DE SEPTIEMBRE DE 2024 EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE EL DURANZO, CÓRDOBA, ARGENTINA.

Ing. Agr. Ledesma, María Micaela [1]
Dra. Mg. Ledesma, Claudia Rosa [2]
Ing. Agr. Solla Pastén, Nazarena [3]
Ing. Qco. Quinteros, Rolando [4]
Dra. Rodríguez, Claudia [5]

Resumen: El fuego es un evento natural que actúa como modelador del paisaje. El resultado de esta influencia se manifiesta en cambios en la frecuencia, severidad, distribución del fuego en el paisaje, número de igniciones y disponibilidad de combustible, entre otras. En las últimas décadas, en la cuenca alta del embalse Río Tercero, el fuego es un factor repetido que incide y provoca cambios en el área, convirtiéndose en un modificador del ecosistema donde se produce y afecta tanto a la biomasa vegetal como al suelo, hidrósfera y atmósfera. Por ello se considera imprescindible evaluar índices espectrales temporales de los eventos de incendios, con la finalidad de determinar el estado de los recursos naturales de vegetación pre y post incendio. En el presente trabajo se evaluaron índices espectrales temporales del evento de incendio de septiembre de 2024. Se utilizaron imágenes de satélite Sentinel-2, donde se analizaron los indicadores Tasa de Quema Normalizada (NBR) y el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) pre y post incendios de ambos eventos. Los resultados obtenidos permitieron identificar el área del territorio afectada por los incendios y los grados de severidad dados. Los sensores remotos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas fundamentales para abordar estudios relacionados a la ecología del fuego y para evaluar el riesgo de incendio. Además, los SIG permiten manejar e integrar múltiples variables espaciales, facilitando la identificación de los factores ambientales que determinan los patrones de ocurrencia de incendios.

[1] Ingeniera Agrónoma. Cátedra de Agrometeorología y Matemática y Bioestadística de la Facultad de Agronomía y Veterinaria (FAV) de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC). INCIVET (CONICET-UNRC); mledesma@ayv.unrc.edu.ar.
[2] Ingeniera Química. Cátedra Matemática y Bioestadística de la FAV-UNRC.
[3] Ingeniera Agrónoma. INCIVET (CONICET-UNRC)
[4] Ingeniero Químico. Cátedra Matemática y Bioestadística de la FAV-UNRC.
[5] Médica Veterinaria. INCIVET (CONICET-UNRC)

Palabras claves: Incendios, Severidad, GIS, Cuenca

1. INTRODUCCIÓN

Un incendio forestal se define como un fuego que se propaga rápidamente y de forma descontrolada a través de la vegetación de una zona. Se pueden originar por causas naturales, pero más del 95 % de los incendios forestales en Argentina son provocados por el hombre, ya sea de forma intencional, o no (Torres 2023).

En Argentina, entre los años 2008 y 2013, se quemaron alrededor de 250 mil ha promedio por año (PNEF 2007-2017). En el año 2017, se quemaron un total de 1.603.338 ha, siendo las cuatro provincias más afectadas La Pampa (964.408 ha), Mendoza (418.799 ha), Río Negro (61.076 ha) y Córdoba (45.343 ha) (PNEF 2017). Desde enero hasta noviembre de 2020 se registraron 1.255.000 ha incendiadas, de las cuales 410.000 ha correspondieron a la provincia de Córdoba, 350.000 al litoral (islas y márgenes del Paraná) y las restantes a las provincias de Chaco, Formosa, Catamarca, San Luis, Santiago del Estero y Tucumán (Deon 2021).

Los incendios pueden ser los causantes de la deforestación, degradación de bosques, contaminación del aire y fuentes de agua, erosión y escorrentía excesiva que deterioran los suelos produciendo mayor exposición a condiciones climáticas extremas, aumento en la tasa de mineralización del humus y pérdida de la estabilidad de los agregados, destrucción del hábitat de la fauna y nichos ecológicos, así como de pérdida de biodiversidad, infraestructura y hasta de vidas humanas (PNEF 2018, Caride 2022, Torres 2023).

La teledetección se constituye como una herramienta imprescindible en el ámbito de las emergencias ya que posibilita el acceso de forma rápida, precisa y de bajo costo a zonas que de otra manera sería casi imposible (Torres 2023).

La distribución espacial y temporal de incendios puede ser estimada mediante técnicas de teledetección, ya que permiten analizar el material combustible y el nivel de riesgo por medio de índices creados para tal fin. Variables como biotipo y distribución de la vegetación, contenido de humedad, estructura y otros, pueden obtenerse a partir de sensores remotos, siendo una herramienta útil para la prevención, el monitoreo y el manejo del fuego (Zalazar 2014). El rol de la información en la gestión de incendios es fundamental para entender mejor la ocurrencia de los mismos (Mari 2012; Shoijet 2022).

Actualmente existen varios satélites cuyos instrumentos están diseñados de forma específica para proveer información de los incendios forestales. Un ejemplo de ello es el satélite Sentinel-2 desarrollado por la Agencia Espacial Europea (ESA) y la Comisión Europea, el cual proporciona información desde el 2015 (ESA 2015).

El objetivo del presente trabajo es evaluar la severidad de uno de los incendios más actuales, registrado en septiembre del 2024, dado próximo a la localidad de El Durazno de la Provincia de Córdoba, Argentina.

2. METODOLOGÍA

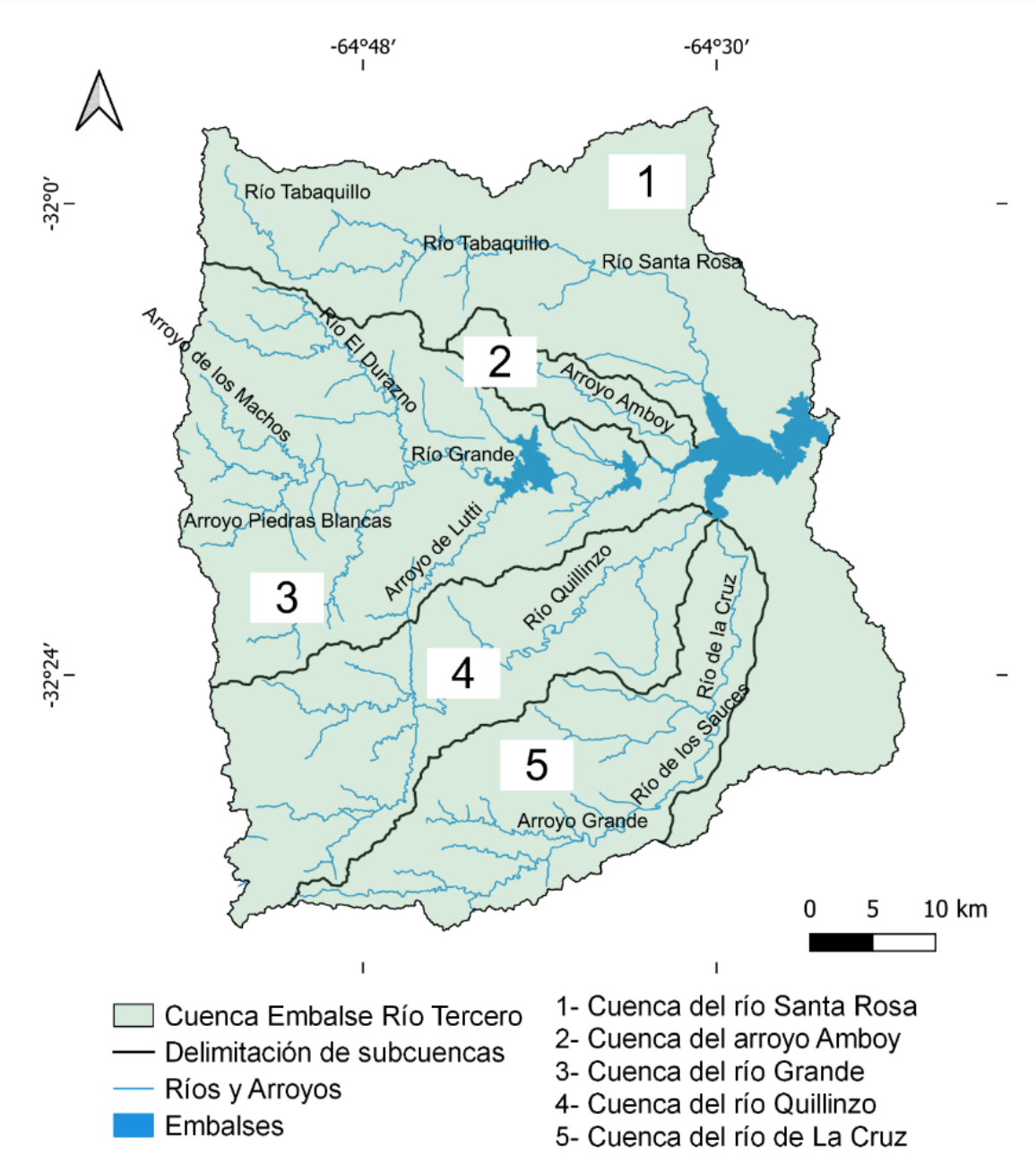
2.1. Área de estudio

La cuenca alta del embalse Río Tercero (Figura 1), ubicada en el ámbito de las sierras Pampeanas de la provincia de Córdoba y formando parte del Valle de Calamuchita, posee una superficie aproximada de 3300 km^2. En esta cuenca encontramos a los ríos Santa Rosa, Amboy, Grande, Quillinzo, La Cruz, y al río Tercero (Ctalamochita). Cuenta con tres reservorios de agua: Cerro Pelado, Arroyo Corto y Río Tercero (Boltovskoy y Foggetta, 1985).

De los 26 departamentos de la provincia de Córdoba, entre los años 2007-2017, el departamento de Calamuchita se ubicó dentro de los primeros 10 más afectados por los incendios (PNEF 2007-2017,

PNEF 2018). Por lo que, debido a la importancia ambiental de esta región multipropósito, es de vital importancia el estudio de los eventos de fuego en este departamento.

Figura 1 – Hidrografía del área de estudio: cuenca del embalse Río Tercero, Córdoba.



Fuente: Elaboración propia, 2024

2.2. Gestión integral de incendios

El punto de partida es visualizar al ciclo de ocurrencia de incendios en 3 etapas: 1) etapa pre incendio: aquella previa al inicio de la estación de incendios, 2) etapa durante: aquella donde están ocurriendo los incendios y 3) etapa post incendio: aquella donde los incendios ya ocurrieron (Mari 2012; Shoijet 2022).

El marco conceptual de la gestión integral de incendios ayuda a ordenar acciones y estrategias para el manejo de datos e información asociados a un objetivo de trabajo. Debemos pensar en productos que hacen al monitoreo de las condiciones ambientales (Gandis et al. 2014; Liu et al. 2020).

Los mapas con índices son útiles para la cuantificación de áreas quemadas a partir de la reflectancia de la superficie. Se utilizaron imágenes provenientes del satélite Sentinel-2 pre (05/07/2024) y post fuego (23/09/2024) para calcular el Índice de Área Quemada (NBR). El daño producido se conoce como severidad, esta medida se estima como la diferencia entre el NBR pre y post fuego (dNBR), y de acuerdo a la magnitud de cambio registrada es el daño generado por los incendios (Gandis et al. 2014; Liu et al. 2020). La mima metodología se utilizó para calcular la diferencia pre y post fuego del Índice de Vegetación Diferencia Normalizada (dNDVI) (Collins 2018).

3. RESULTADOS E DISCUSIONES

Con el objetivo de establecer una comparación entre el estado previo y posterior a los incendios, diferenciar las zonas quemadas de las no quemadas y establecer de manera cuantitativa el grado de severidad de éstos, se aplicó el índice dNBR.

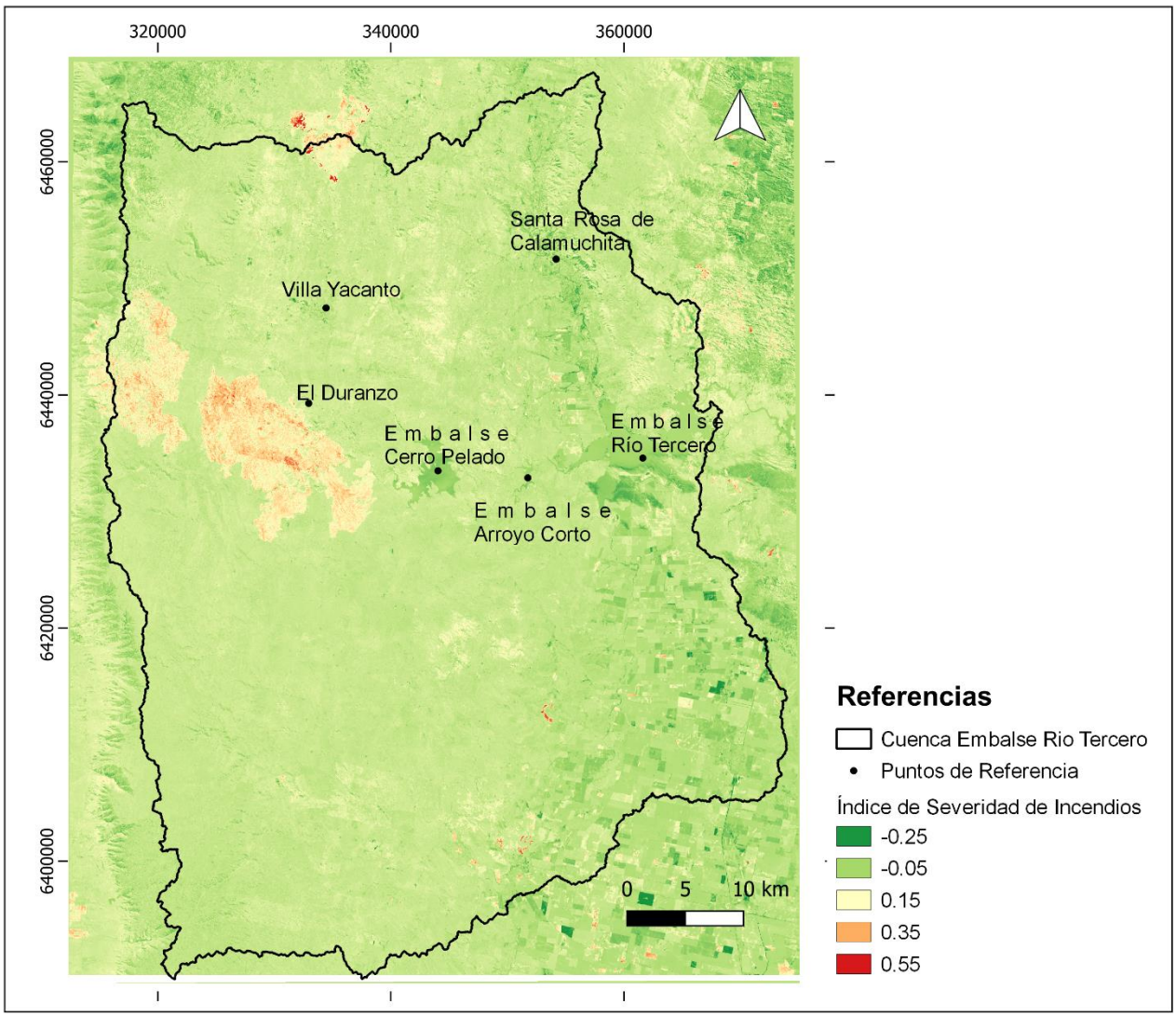
En la Figura 2 se puede discriminar claramente las zonas afectadas por los incendios, las cuales van desde el color amarillo al rojo en orden creciente de gravedad del incendio, tomando valores comprendidos entre 0,1 y 0,55.

De acuerdo al índice dNBR se puede apreciar que, dentro del área quemada, existe una gran superficie que toma valores medios de 0,15 en color amarillo, los cuales son áreas quemadas de gravedad baja. Seguido a éstos aparecen en color naranja, con valores medios de 0,35, áreas quemadas de gravedad moderada-baja. Por último, en una leve menor medida a esta última clasificación aparecen las áreas quemadas con una gravedad moderada-alta en color rojo, las cuales toman valores hasta de 0,55.

Destacamos que el fuego no llegó al ejido urbano, pero sí estuvo muy próximo. Los focos se mantuvieron en los límites de la zona urbana, lo que permite clasificar a este incendio como uno de interfase.

Según el Plan Nacional para la Reducción de Riesgos de Desastre (2018), cuando el fuego afecta zonas no boscosas ni aptas para la forestación, se denominan incendios rurales. En el caso que los incendios rurales y/o forestales se desarrollen en zonas contiguas con áreas urbanas, donde se interfiere vegetación con estructuras edilicias se denominan incendios de interfase.

Figura 2 – Diferencia de NBR aplicado sobre el incendio de septiembre de 2024 en El Durazno, Córdoba.



Fuente: Elaboración propia, 2024

Se observa que en el mapa del dNDVI (Figura 3) la mayoría de la superficie se encuentra estable o sin quemar (valores comprendidos entre -0,20 y -0.,05), podemos decir que no hubo un cambio en el tipo de vegetación, sino que principalmente en su densidad.

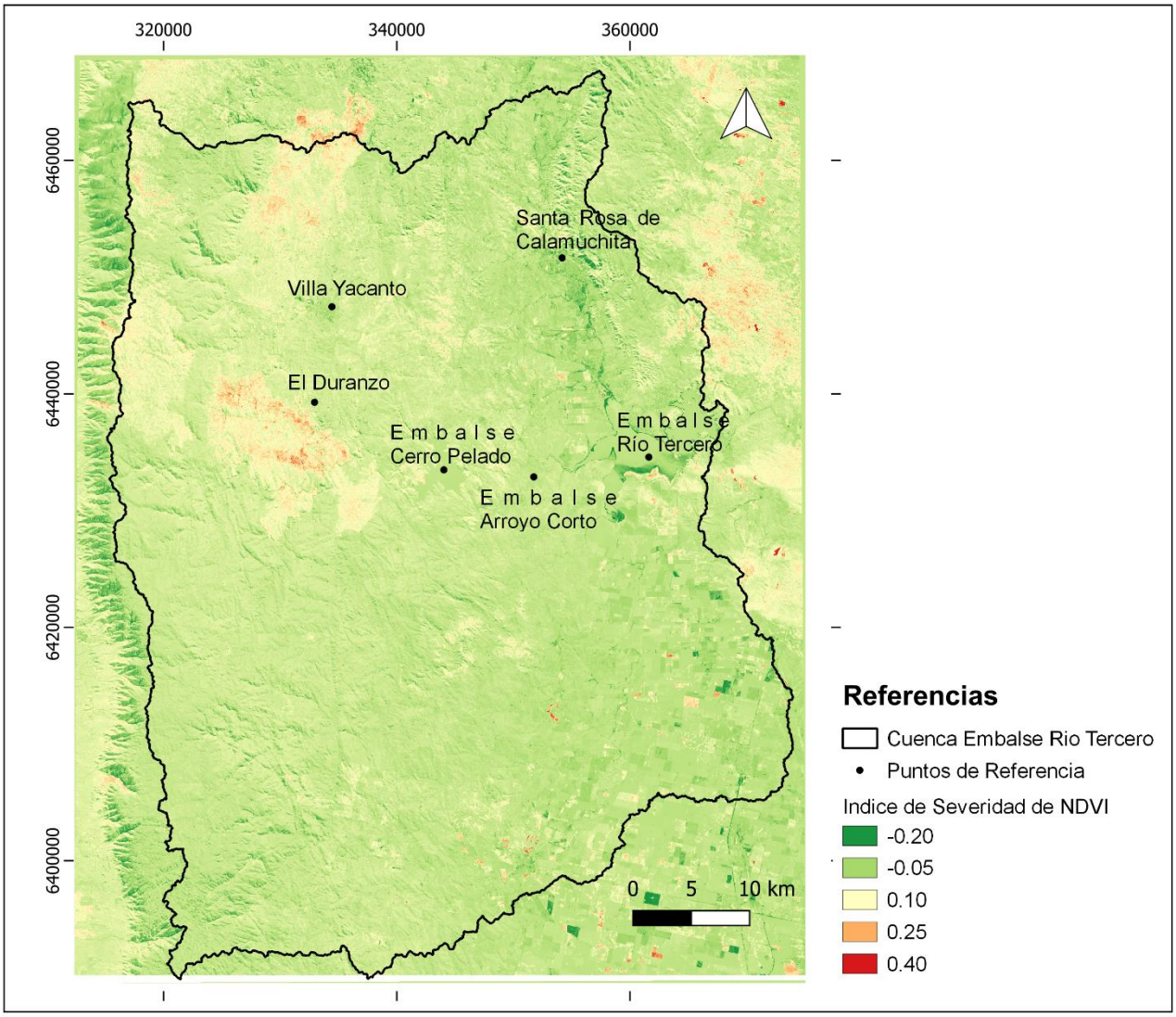
Si se compara la imagen del índice dNDVI con la del índice dNBR se puede delimitar las áreas afectadas por los incendios de septiembre de 2024, generando zonas quemadas con gravedad media-alta y alta, marcadas por los valores medios registrados entre 0,25 y 0,40, respectivamente.

El NDVI índice es uno de los indicadores más importantes empleados para detectar cobertura vegetal durante diferentes períodos y en áreas específicas mediante el uso de técnicas de teledetección. El uso de este índice apunta significativamente a detectar cambios en la cobertura del suelo causados por actividades humanas como la construcción y el desarrollo, así como para analizar los cambios espacio-temporales de la cobertura vegetal (Aburas et al., 2015).

Existe numerosa bibliografía que reconoce la importancia del NDVI y ciertas técnicas de teledetección, de ahí la justificación para adoptarlas para determinar eventos posteriores al incendio (Alcaraz-Segura et al., 2010; Veraverbeke et al., 2012). Por lo tanto, el NDVI ha sido un método popular para

evaluar regiones quemadas debido a que es fácil de obtener utilizando imágenes de casi todos los sensores presentes (Evangelides & Nobajas, 2020).

Figura 3 – Diferencia de NDVI aplicado sobre el incendio de septiembre de 2024 en El Durazno, Córdoba.



Fuente: Elaboración propia, 2024

6. CONCLUSIONES

A partir del estudio desarrollado acerca del evento de incendio de septiembre de 2024 próximo a la localidad de El Durazno, es posible concluir que dicha localidad se encuentra en una zona vulnerable a los incendios forestales por sus características biogeográficas, geopedológicas, climáticas y accionar humano.

Los cambios de reflectividad en las imágenes satelitales, muestran la alteración de la cubierta vegetal con reducción de clorofila y contenido de humedad, lo cual incrementa el porcentaje de suelo descubierto.

La teledetección es una herramienta alternativa muy sólida para cartografiar áreas quemadas, ya que proporciona una cobertura espacial y temporal suficientemente detallada, así como

información espectral que permite la separación de las áreas quemadas respecto a otros tipos de coberturas.

La implementación de índices espectrales permite visualizar, de forma clara y concisa la severidad en el incendio bajo estudio.

Los resultados obtenidos dan cuenta de la importancia de las herramientas utilizadas para un mayor entendimiento del comportamiento del fuego, lo que permite a su vez generar productos e información valiosa para la toma de decisiones.

El uso de SIG para la zonificación de vulnerabilidades, amenazas y riesgos ambientales constituyen una metodología sencilla y de simple aplicación para la toma decisiones, la gestión de los recursos naturales y la planificación y ordenamiento territorial y ambiental.

REFERENCIAS

ABURAS, M. M.; ABDULLAH, S. H.; RAMLI, M. F.; ASH'AARI, Z. H. Measuring land cover change in Seremban, Malaysia using NDVI index. **Procedia Environmental Sciences**, v. 30, p. 238-243, 2015.

ALCARAZ-SEGURA, D.; CHUVIECO, E.; EPSTEIN, H. E.; KASISCHKE, E. S.; TRISHCHENKO, A. Debating the greening vs. browning of the North American boreal forest: differences between satellite datasets. **Global Change Biology,** v. 16, n. 2, p. 760–770, 2010

BOLTOVSKOY A; FOGGETTA M. Limnología física del embalse Río III. **Biología Acuática,** v. 7, p. 1-26, 1985.

CARIDE V. Modelando el riesgo de incendios en Argentina - Una contribución a las políticas de manejo del fuego. **Revista de Investigación en Modelos Financieros,** v. 2, p. 17-33, 2022.

COLLINS L.; GRIFFIOEN P.; NEWELL G.; MELLOR A. The utility of Random Forests for wildfire severity mapping. **Remote sensing of Environment**, v. 216, p. 374-384, 2018.

DEON J. U. Incendiando bosques, brotando luchas: reverdeciendo colectivamente tras los incendios del capital en Argentina. **Sin Miga**, v. 1, p. 1-11, 2021.

ESA. **Sentinel-2 User Handbook.** Versión 1.0. European Space Agency. 2015. Disponible en: https://sentinel.esa.int/documents/247904/685211/sentinel-2_user_handbook. Último acceso 20 de Marzo de 2023.

EVANGELIDES, C.; NOBAJAS, A. Red-Edge Normalised Difference Vegetation Index (NDVI705) de imágenes de Sentinel-2 para evaluar la regeneración posterior al incendio. **Remote Sensing Applications: Society and Environment,** v. 17, p. 100-283, 2020.

GRANDIS G. C.; BRANDI C. G.; PICCIANI A. L.; FINOLA R.A. Análisis de la amenaza antrópica como componente del riesgo ambiental: estudio de las variaciones sufridas en la vegetación en un área de las Sierras de Comechingones afectada por incendios forestales, Achiras, prov. de Córdoba. **Cronía**. ISSN 1514-2140, 2014

LIU S.; ZHENG Y.; DALPONTE M.; TONG X. A novel fire index-based burned area change detection approach using Landsat-8 OLI data. **European journal of remote sensing**, v. 53, n. 1, p. 104-112, 2020.

MARI, N. **Diseño de un Sistema de Alerta y Respuesta Temprana a Incendios de Vegetación – SARTiv**. 2012. Tesis (Maestria) - Magíster en aplicaciones espaciales de alerta y respuesta temprana a emergencias., [*S. l.*], 2012.

ARGENTINA. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Programa Nacional de Estadística Forestal (PNEF). **Estadística de Incendios Forestales 2007-2017.** Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/ambiente/bosques/estadistica-forestal. Último acceso: 7 oct. 2024.

ARGENTINA. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Programa Nacional de Estadística Forestal (PNEF). **Estadística de Incendios Forestales 2017.** Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/ambiente/bosques/estadistica-forestal. Último acceso: 7 oct. 2024.

PNRRD, (2018). Plan Nacional para la Reducción de Riesgo de Desastre 2018 - 2023.Sistema Nacional para la Gestión Integral del Riesgo(SINAGIR). Ministerio de Seguridad de la República Argentina. Pp. 106. Recuperado de: https://www.argentina.gob.ar/sinagir/institucional/plan-nacional-reduccion-de-riesgos

SHOIJET V.; MARI N.; PONS D. Fortalecimiento de la infraestructura de datos espaciales para la gestión integral de incendios forestales en la provincia de Córdoba. **INTA.** 2022.

ORRES, M. **Evaluación de geoindicadores espectrales temporales de los eventos de incendios de interfase del 2009 y 2020 en el área de influencia de Achiras, Córdoba, Argentina**. 2023. Tesis (Grado) - Licenciada en Ambiente y Energías Renovables de la Universidad Nacional de Villa María., [*S. l.*], 2023.

VERAVERBEKE, S.; SOMERS, B.; GITAS, I.; KATAGIS, T.; POLYCHRONAKI, A.; GOOSSENS, R. Spectral mixture analysis to assess post-fire vegetation regeneration using Landsat Thematic Mapper imagery: accounting for soil brightness variation. **Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf**, v. 14, n. 1, p. 1–11, 2012.

ZALAZAR, L. **Herramientas geoespaciales para la gestión de incendios en el Parque Nacional Quebrada del Condo-rito**. 2014. Tesis (Maestria) - Maestría en aplicaciones espaciales de alerta y respuesta temprana a emergencias., [*S. l.*], 2014.