

Estimación de la severidad de incendios forestales en el Ejido San Diego de Tezains

Introducción

La severidad del fuego se define como la magnitud del cambio ecológico causado por un incendio, manifestándose principalmente en la pérdida de biomasa aérea y subterránea (Keeley, 2009). A diferencia de la intensidad, que describe la energía liberada durante la combustión, la severidad se centra en las consecuencias post-incendio sobre el ecosistema (Cochrane y Ryan, 2009).

Los efectos del fuego son multidimensionales y dependen directamente de severidad. En el suelo, las altas temperaturas pueden inducir hidrofobicidad (repelencia al agua), lo que reduce la infiltración y aumenta la escorrentía superficial (Mataix-Solera y Doerr, 2004). En la flora, mientras que algunas especies han evolucionado para colonizar espacios tras un incendio, una severidad extrema puede suprimir cualquier intento de regeneración natural (Crotteau et al., 2013).

Aunque tradicionalmente se asocia la severidad del fuego con la degradación del paisaje, desde una perspectiva ecológica, los parches de severidad alta y moderada son motores fundamentales de la biodiversidad. Un incendio severo actúa como un agente de reinicio ecosistémico, eliminando el dosel cerrado y permitiendo que la radiación solar alcance el suelo forestal. Este proceso rompe la dominancia de especies arbóreas maduras y da paso a una explosión de vida herbácea y arbustiva que, de otro modo, permanecería latente. La creación de estos espacios abiertos genera un mosaico de hábitats que favorece a especies colonizadoras, aumentando la riqueza biótica a escala de paisaje. Por tanto, entender la severidad no es solo un ejercicio de medición, sino un paso crítico para predecir el futuro de los bosques en un contexto de cambio climático global.

Para cuantificar este impacto de manera precisa, se ha recurrido al uso de la teledetección. Mediante el análisis de imágenes satelitales, se calculan índices espectrales como el NBR (Normalized Burn Ratio), que aprovechan la respuesta de la vegetación en las bandas del infrarrojo. Al comparar el estado del ecosistema antes y después del evento (dNBR), se puede mapear con exactitud las áreas afectadas. Esta herramienta no solo permite evaluar los daños

inmediatos, sino que es la base para diseñar planes de restauración ecológica adaptados a la realidad de cada zona quemada.

El objetivo del presente análisis fue determinar la severidad de incendios del Ejido San Diego de Tezains, ocurridos en el año 2025.

Metodología

El análisis comprendió tres eventos de incendio registrados en 2025 dentro del Ejido San Diego de Tezains: Montoros (242.9 ha), La Caña (12.88 ha) y El Alto del Chivo (0.7 ha). La ubicación geográfica de estas áreas se presenta en la Figura 1."

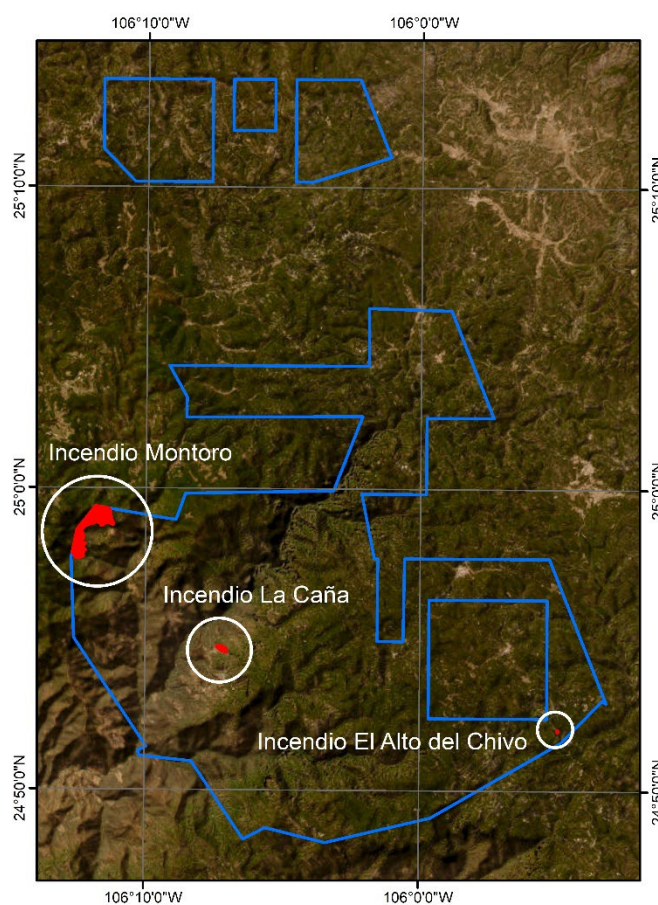


Figura 1. Ubicación geográfica de los incendios forestales en el Ejido San Diego de Tezains durante 2025.

Para la determinación de la severidad de cada incendio se implementó un algoritmo de procesamiento de imágenes satelitales en la plataforma basada en la nube Google Earth

Engine (GEE) (Gorelick, 2013), basado en la metodología de Parks *et al.* (2018) y adaptado para ecosistemas templados de México (Silva-Cardoza et al., 2021).

Adquisición y Preprocesamiento de Datos

Se utilizaron imágenes de la misión Sentinel-2 (Agencia Espacial Europea), específicamente la colección Harmonized Sentinel-2 MSI: Multispectral Instrument, Level-2A, la cual ofrece reflectancia en superficie (Bottom of Atmosphere, BOA). El periodo de análisis se definió mediante una ventana temporal de 30 días (ajustable según nubosidad) previa al inicio de cada incendio (PRE-fuego) y posterior a su extinción (POST-fuego).

Para garantizar la calidad de los datos, se aplicaron dos filtros:

- Máscara de nubes y sombras: Utilizando la banda de clasificación de probabilidades (SCL) y la banda QA60.
- Composición de imágenes: Se generó un mosaico sintético para cada periodo (PRE y POST) utilizando el percentil 25 (p25) de cada píxel, técnica que reduce la influencia de valores atípicos, sombras persistentes y neblina.

Las fechas de inicio y supresión de los incendios analizados se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Fechas de inicio y supresión de los incendios, utilizadas para la selección de imágenes de satélite.

Incendio	Fecha de Inicio	Fecha de supresión
Montoros	21-may-25	25-may-25
La Caña	07-jun-25	10-jun-25
El Alto del Chivo	17-jun-25	18-jun-25

Cálculo de Índices Espectrales

El índice base utilizado fue el de Relación de Quema Normalizada (NBR; PRE-fuego y POST-fuego), calculado mediante la Ecuación 1:

$$NBR = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR) \quad (1)$$

donde NIR es el infrarrojo cercano (Banda 8) y SWIR es el infrarrojo de onda corta (banda 12).

A partir del NBR, se calcularon los índices de cambio para cuantificar el impacto sobre la vegetación a través del dNBR (ecuación2):

$$dNBR = (NBR_{\text{pre-fuego}} - NBR_{\text{post-fuego}}) \times 1000 \quad (2)$$

Posteriormente se aplicó una corrección fenológica (dNBRc) mediante el cálculo de un offset derivado de un área de control (anillo perimetral de 2 a 5 km de distancia del incendio) para eliminar variaciones estacionales no relacionadas con el fuego. Dicha corrección fenológica, considera el promedio de los pixeles no quemados (Silva-Cardoza et al., 2022).

Clasificación de Severidad

La severidad se categorizó en cinco niveles o clases (Muy baja, Baja, Moderada, Alta y Extrema) mediante el uso de umbrales específicos validados en campo para el contexto forestal de México (Silva-Cardoza et al., 2022). Estos umbrales permiten diferenciar desde zonas con quema superficial mínima hasta áreas con pérdida total de biomasa y cambio en la estructura del suelo.

Exportación y Validación

Los resultados finales fueron exportados en formato ráster (GeoTIFF) con una resolución espacial de 10 metros, proyectados a la zona UTM 13 (WGS84), facilitando su integración en un sistema de información geográfica (SIG) para la gestión post-incendio.

Resultados

El análisis indicó que los incendios fueron de severidad mixta y en ninguno se encontró severidad extrema, además solo en el incendio Montoro se encontraron pequeños parches de severidad alta (Figura 2).

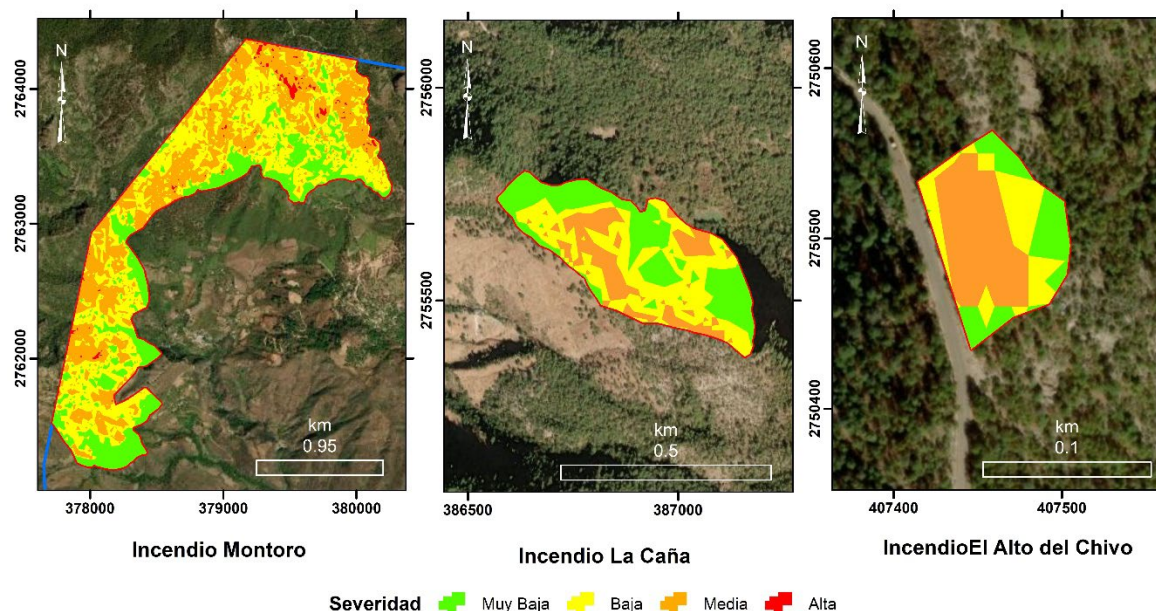


Figura 2. Severidad de incendios en el Ejido San Diego de Tezains en el año 2025.

En cuanto a la distribución de las superficies por niveles de severidad, se observó que en el incendio Montoros, las clases predominantes fueron la baja y media, con un 41.4 % y 37 % respectivamente, seguidas por la severidad muy baja (20.4 %) y una incidencia mínima de severidad alta (1 %). Por su parte, el incendio La Caña presentó una afectación mayoritaria en las categorías muy baja (36.4 %) y baja (42.4 %), con una presencia marginal de severidad media (0.33 %). Finalmente, en El Alto del Chivo, casi la mitad de la superficie se clasificó como severidad media (48.2 %), complementada por las categorías baja (27.9 %) y muy baja (23.8 %) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distribución de superficies afectadas por clase de severidad en cada uno de los incendios (ha)

Incendio	Muy Baja	Baja	Media	Alta	Extrema
Montoros	49.73	100.74	90.01	2.47	---
La Caña	4.69	5.46	2.71	---	---
El Alto del Chivo	0.16	0.19	0.33	---	---

Conclusiones

El análisis de la severidad del fuego en el Ejido San Diego de Tezains mediante herramientas de teledetección en la nube permitió caracterizar con precisión el impacto de los eventos ocurridos en 2025.

A partir de los resultados obtenidos, se concluye que los tres incendios analizados (Montoros, La Caña y El Alto del Chivo) se caracterizaron por un régimen de severidad mixta con una clara predominancia de niveles muy bajos a moderados. La ausencia de severidad extrema en todos los sitios y la incidencia mínima de severidad alta (1 % en Montoros) sugieren que la estructura forestal del ejido no sufrió una degradación irreversible en el corto plazo, manteniendo su capacidad de resiliencia.

Referencias

- Cochrane, M. A., & Ryan, K. C. (2009). Fire and fire ecology: Concepts and principles. In Cochrane, M. A (ed) Tropical fire ecology, 25-62. Springer Berlin Heidelberg New York
- Crotteau, J. S., Varner III, J. M., & Ritchie, M. W. (2013). Post-fire regeneration across a fire severity gradient in the southern Cascades. *Forest Ecology and Management*, 287, 103-112.
- Gorelick, N. (2013). Google earth engine. In EGU general assembly conference abstracts (Vol. 15, p. 11997). Vienna, Austria: American Geophysical Union.
- Keeley, J. E. (2009). Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage. *International journal of wildland fire*, 18(1), 116-126.
- Mataix-Solera, J., & Doerr, S. H. (2004). Hydrophobicity and aggregate stability in calcareous topsoils from fire-affected pine forests in southeastern Spain. *Geoderma*, 118(1-2), 77-88.
- Parks, S. A., Holsinger, L. M., Voss, M. A., Loehman, R. A., & Robinson, N. P. (2018). Mean composite fire severity metrics computed with Google Earth Engine offer improved accuracy and expanded mapping potential. *Remote Sensing*, 10(6), 879.
- Silva-Cardoza, A. I., Vega-Nieva, D. J., Briseño-Reyes, J., Briones-Herrera, C. I., López-Serrano, P. M., Corral-Rivas, J. J., ... & Holsinger, L. M. (2022). Evaluating a new relative phenological correction and the effect of sentinel-based earth engine compositing approaches to map fire severity and burned area. *Remote Sensing*, 14(13), 3122.

Silva-Cardoza, A. I., Vega-Nieva, D. J., López-Serrano, P. M., Corral-Rivas, J. J., Briseño Reyes, J., Briones-Herrera, C. I., ... & Jardel-Peláez, E. (2021). Metodología para la evaluación de la severidad de incendios forestales en campo, en ecosistemas de bosque templado de México. Universidad Juárez del Estado de Durango, Universidad Autónoma Chapingo, Universidad de Guadalajara: Guadalajara, Mexico.