



# Satélites y Sensores para Aplicaciones para Incendios de Vegetación (Post-Incendio)

Zach Bengtsson, Juan L. Torres-Pérez y Amber Jean McCullum





# Ciclo Vital y Dinámica de los Incendios

# El Papel de los Incendios en el Ciclo Vital de los Paisajes con Vegetación

- Los incendios que ocurren naturalmente son parte importante del ciclo vital de las áreas con vegetación.
- Las quemadas ocurren a diferentes intervalos, dependiendo del régimen del ecosistema que se está estudiando.
- Los patrones de incendio varían según la vegetación, el tipo de vegetación y la cobertura terrestre.
  - Por ejemplo, puede que haya incendios con mayor frecuencia en paisajes tipo matorral que tipo bosque.

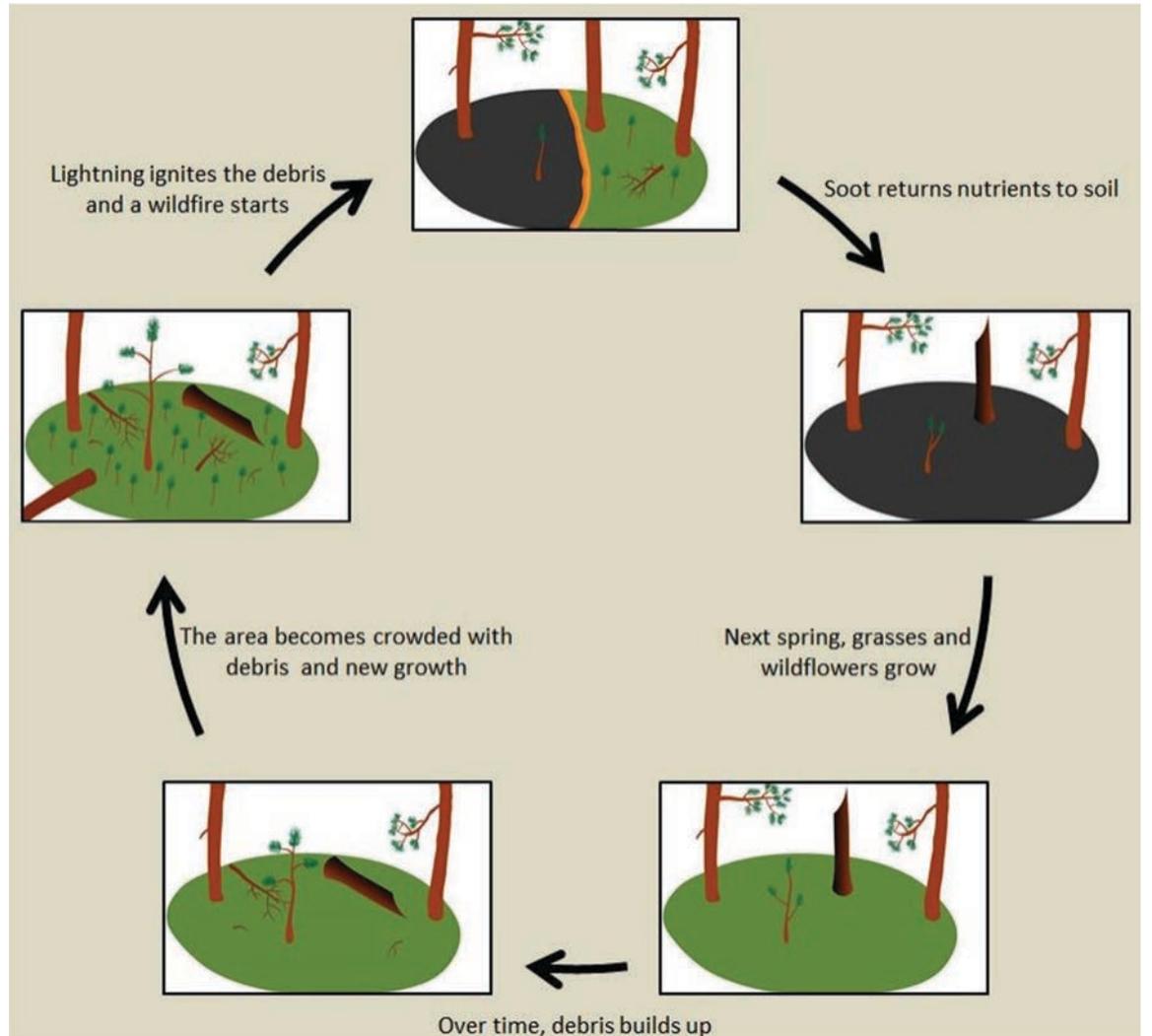


Figura simplista del ciclo vital de los incendios en tierras con vegetación.  
Fuente de la Imagen: [NPS](#)



# Impacto del Cambio Climático sobre la Frecuencia e Intensidad de los Incendios

- Durante las últimas décadas, a medida que el mundo se ha vuelto cada vez más caliente, también ha aumentado su potencialidad de quemarse. ([Gray, 2019](#))
- Las temperaturas altas y baja humedad son dos factores esenciales detrás del aumento del riesgo y actividad de incendios. ([Gray, 2019](#))
- El impacto del cambio climático aumenta la frecuencia e intensidad de los incendios, interrumpiendo los regímenes de incendios, alargando la temporada de incendios y contribuyendo a una mayor severidad de quema.



Imagen del Incendio de Rim en 2013 dentro y cerca del Parque Nacional Yosemite, California. Fuente de la Imagen: [Mike McMillan/USFS](#)



# Regímenes de incendio

- Los regímenes de incendios describen y categorizan los patrones de ignición, estacionalidad, frecuencia, tipo (copa, superficie, o suelo), severidad, intensidad, y continuidad espacial (patrón y tamaño) de los incendios que ocurren en algún área o ecosistema particular.
- La dinámica de los incendios depende de:
  - Patrones climáticos y meteorológicos
  - La composición de la vegetación y la estructura de la vegetación
  - La gestión anterior del área
  - Las características del paisaje
  - La cronología y la severidad de un incendio
  - El nuevo crecimiento de vegetación/ gestión del paisaje en el futuro
- La variabilidad local en las clasificaciones del régimen de incendios

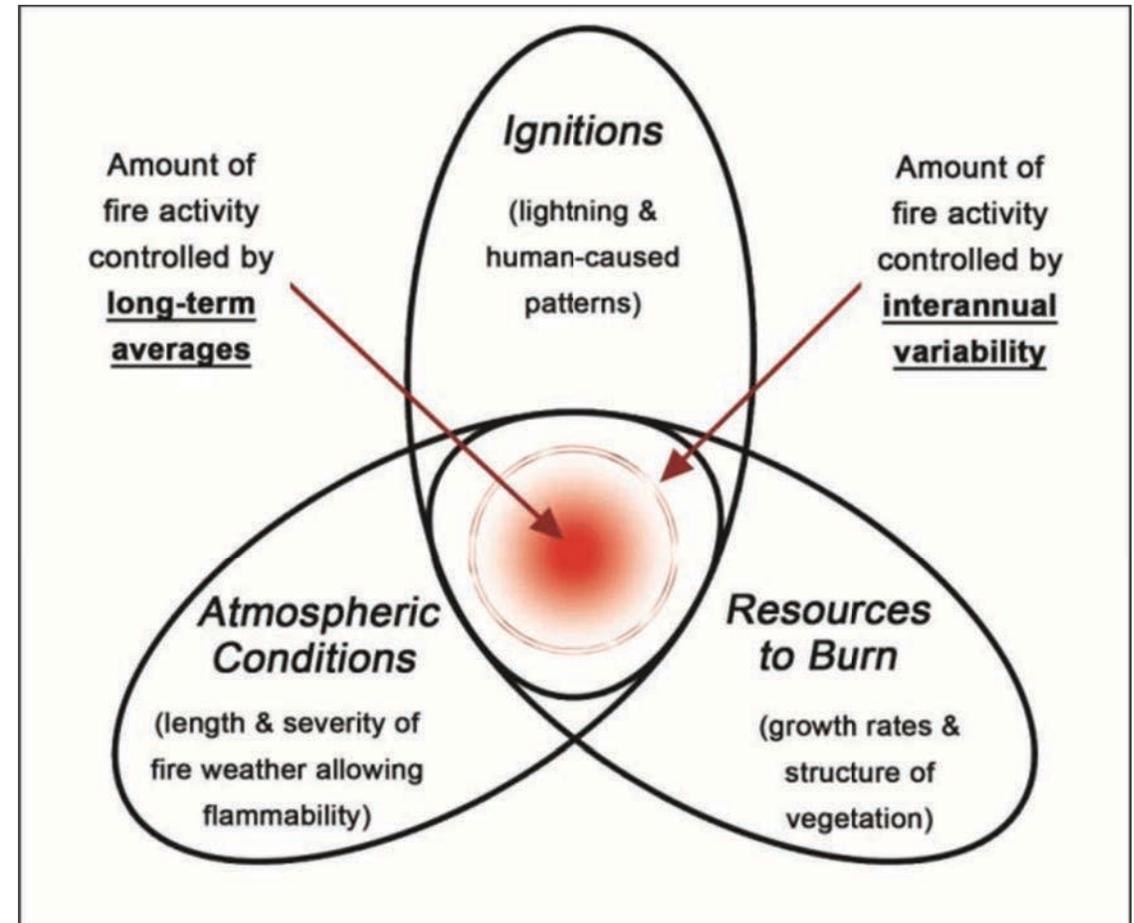
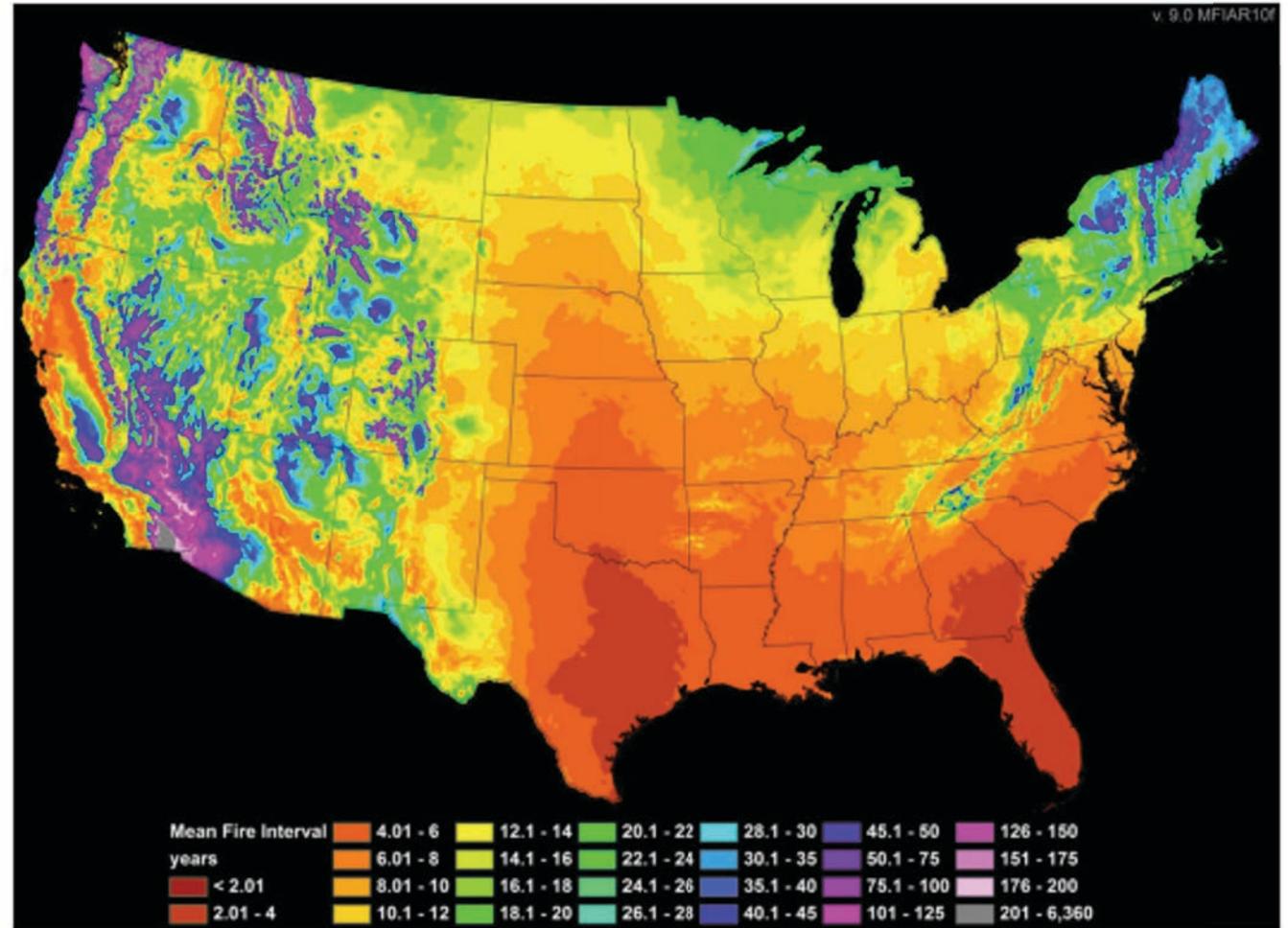


Diagrama conceptual de los regímenes de incendios. Fuente de la Imagen: [Laris, 2013](#)



# Intervalo de Retorno de Incendios

- El tiempo promedio entre incendios bajo el régimen de incendios histórico presumido
  - Sirve de métrica temporal para la ocurrencia anticipada de eventos de incendio a lo largo de varios años
  - Depende del ecosistema, el paisaje y la composición de la vegetación de distintas áreas

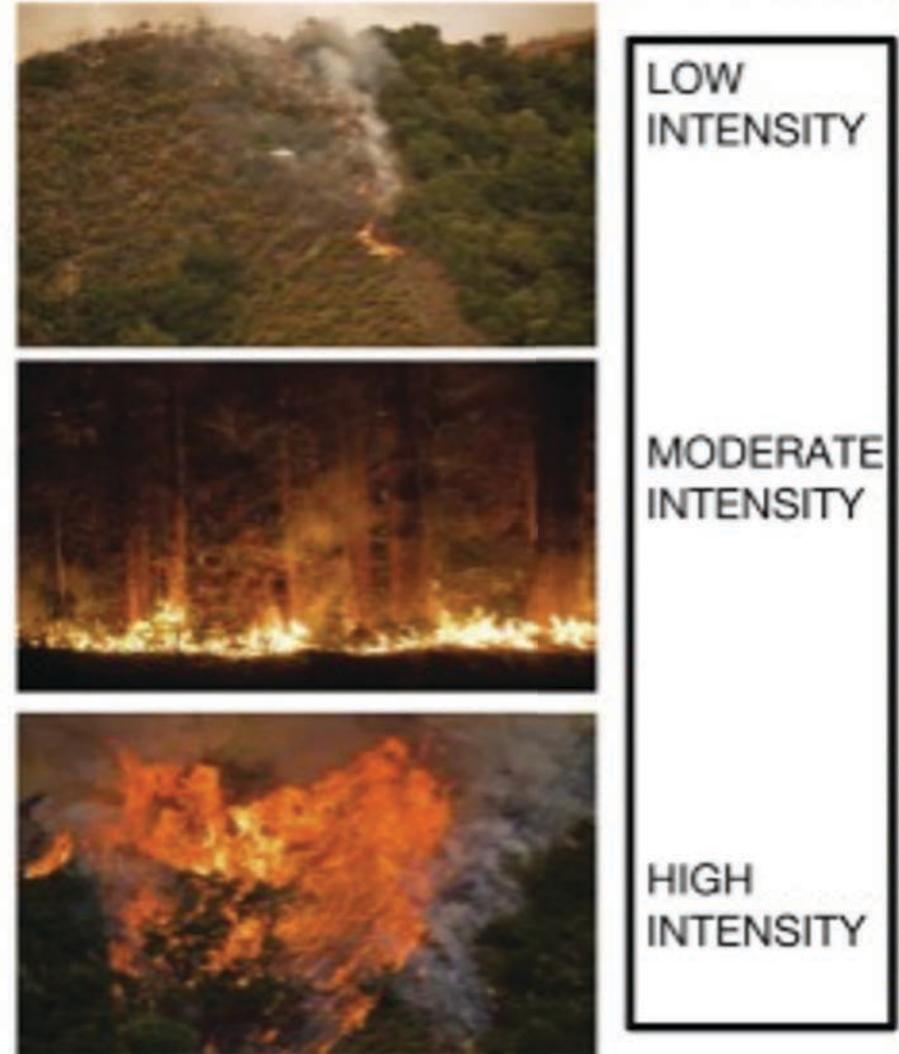


Mapa de Intervalo Medio de Incendios de Guyette et al. 2012. Los intervalos de los incendios son susceptibles al cambio debido al cambio climático. Fuente de la Imagen: [Guyette et al. 2012](#)



# Intensidad del Fuego

- La cantidad de energía o calor liberada por unidad de tiempo o superficie- comprende varios tipos de mediciones de la intensidad del fuego
- Byram (1959): “La tasa de liberación de energía o calor por unidad de tiempo, por unidad de longitud de la frente de un incendio, sin importar su profundidad.”
- La intensidad del incendio dicta la severidad de quema



Ejemplo de escala de intensidad del fuego.

Fuente de la Imagen: [NPS.gov](http://NPS.gov), [NIFC.gov](http://NIFC.gov), K. Crocker, D. A. DellaSala



# Severidad de Quema

- El efecto de un incendio en las propiedades del ecosistema, a menudo definido por el grado de mortalidad de la vegetación.
- Grado en el que un sitio ha sido alterado o interrumpido por un incendio; en pocas palabras, un producto de la intensidad del fuego y el tiempo de residencia



Ejemplo de área quemada de alta severidad.  
Fuente de la Imagen: USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-243. 2010



# Severidad de Quema del Suelo

- Los cambios inducidos por el fuego en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo que impactan las funciones hidrológicas y biológicas de este.



Fuente de la Imagen: Stefan Doerr



Baja



Mediana



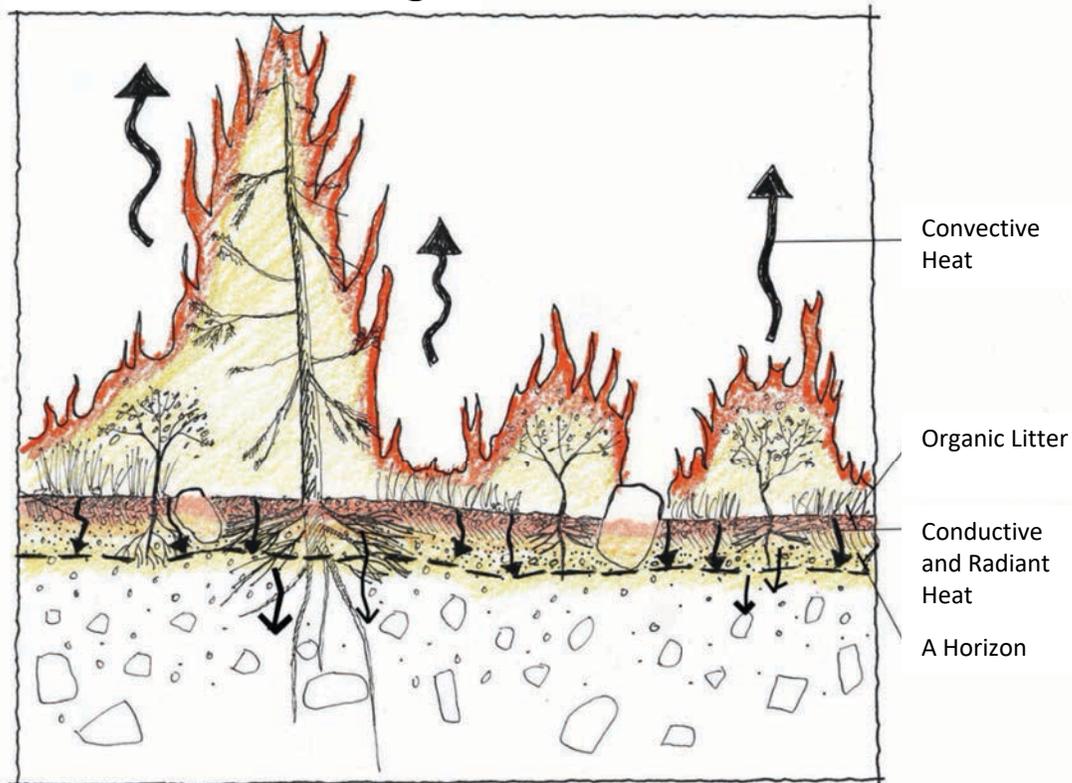
Alta

Fuente de la Imagen: [co-co.org](http://co-co.org)



# Efectos del Fuego en la Superficie de la Tierra

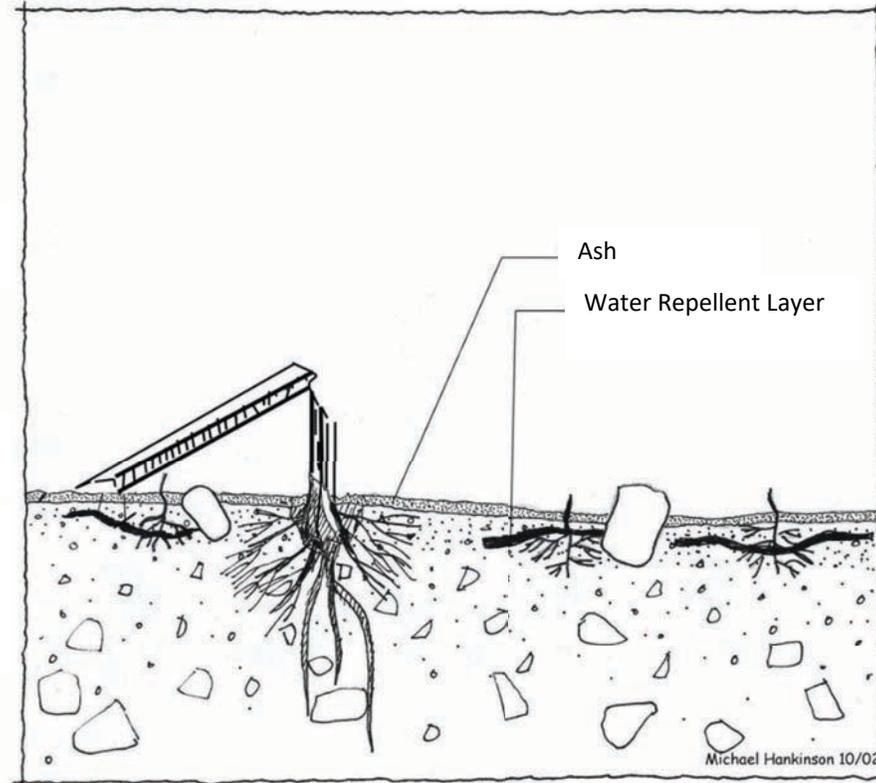
Intensidad del Fuego



Calentamiento del Suelo **Durante el Incendio**

Fuente de la Imagen: USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-

Severidad de Quema



**Después del Incendio**

Severidad de Quema del Suelo



# La Perspectiva en el Campo

- Evaluaciones de la severidad a nivel del suelo post-incendio:
  - Índice de combustión compuesto (CBI)
  - Observación de campo del mosaico de cicatrices de quemaduras
  - Pruebas de repelencia al agua
- Evaluaciones de recrecimiento en tierra post-incendio:
  - Evaluación de daños a árboles
  - Determinación de la mortalidad de los árboles
  - Seguimiento de campo de la regeneración de la vegetación



Imágenes: USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-243. 2010



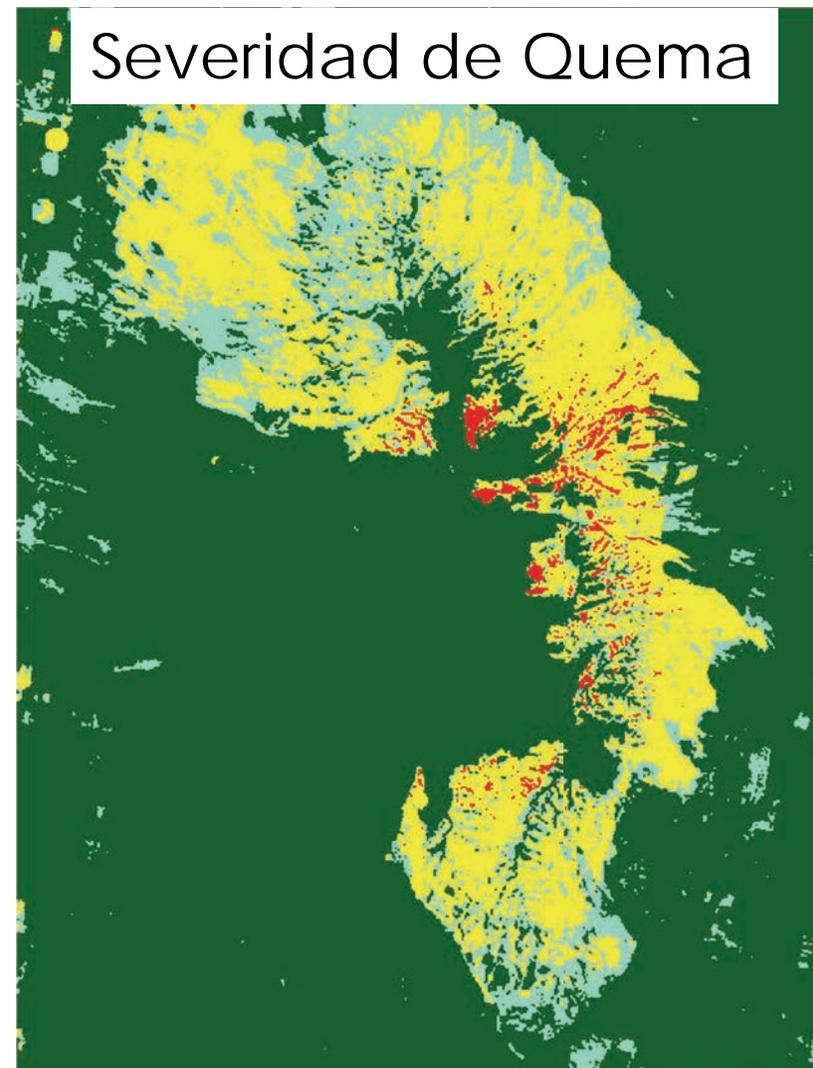
# Perspectiva de la Teledetección: Área Quemada y Severidad de Quema



- El área quemada utiliza imágenes para evaluar la extensión de impactos sobre la vegetación para un incendio particular

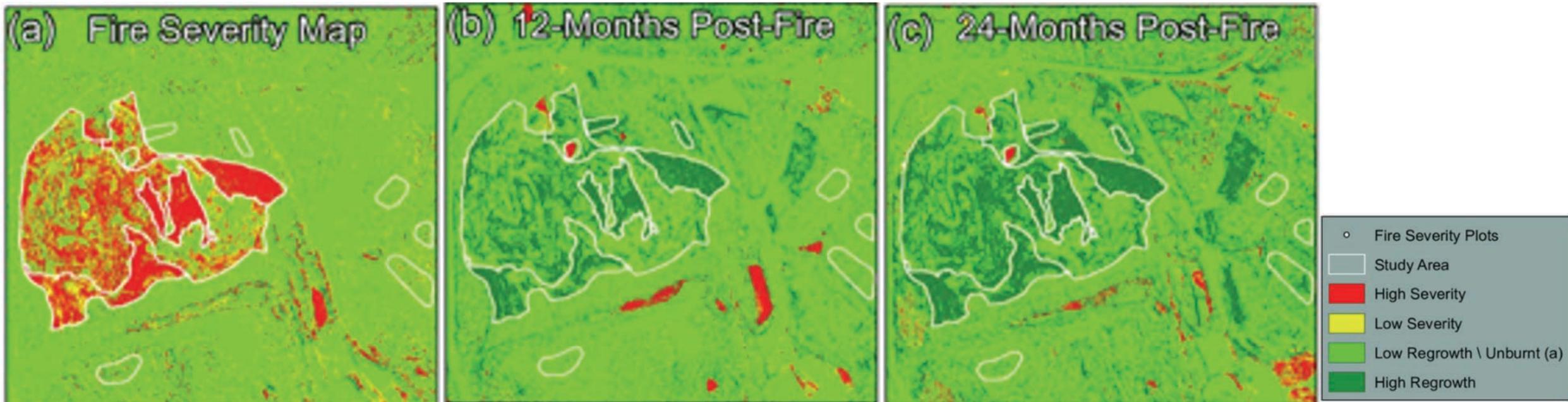


- La severidad de quema compara la información del área quemada con las imágenes pre-incendio para evaluar la magnitud relativa de los impactos de la quema.



# Perspectiva de la Teledetección: Recrecimiento de La Vegetación

- Los índices de vegetación y las clasificaciones del suelo utilizan imágenes para evaluar la regeneración y la condición de la vegetación a varios intervalos post-incendio.



Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada Diferenciado (Differenced Normalized Difference Vegetation Index (dNDVI)- análisis de imágenes de WorldView-3 mostrando: (a) mapa de severidad de incendio; (b) recuperación a los 12 meses post-incendio; y (c) recuperación 24 meses post-incendio en una rehabilitación de una mina de carbón en la zona semi-árida de Queensland central, Australia.

Fuente: McKenna, Phinn y Erskine, 2018

NASA's Applied Remote Sensing Training Program

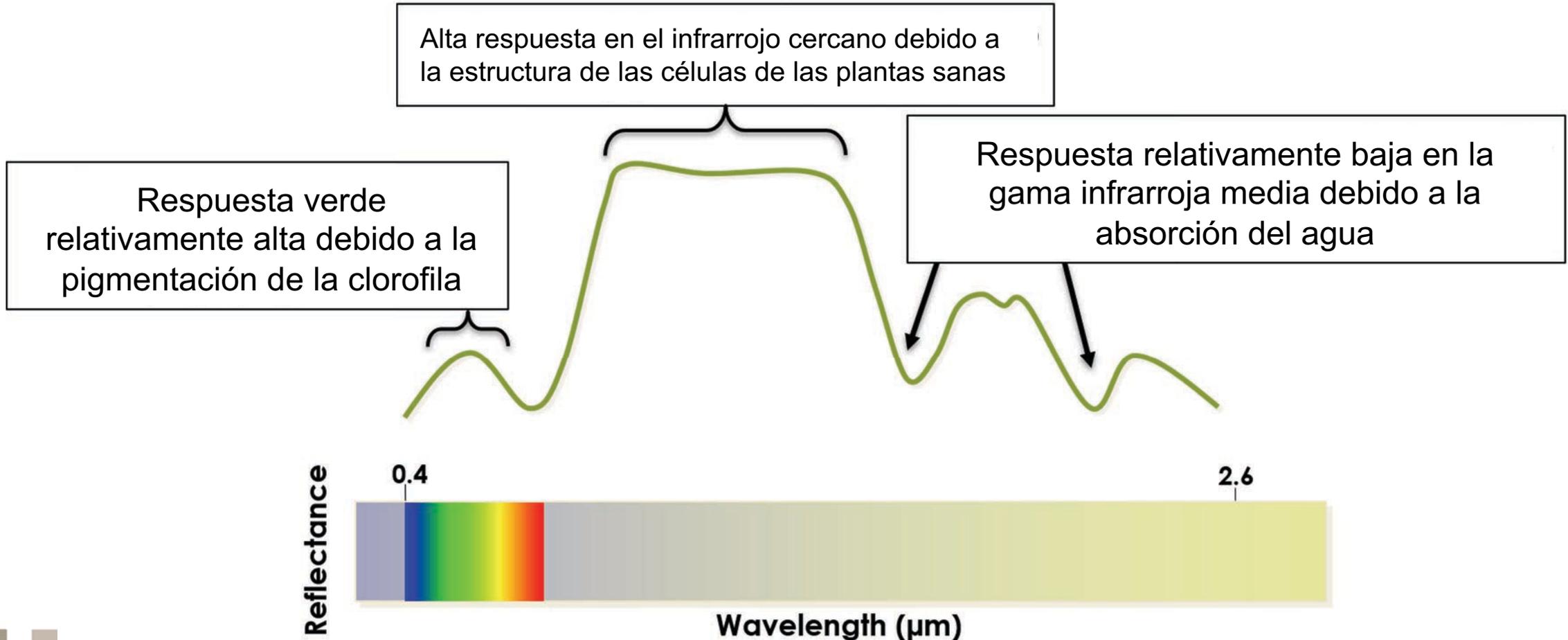




# Mapeo del Área Quemada y Severidad de Quema

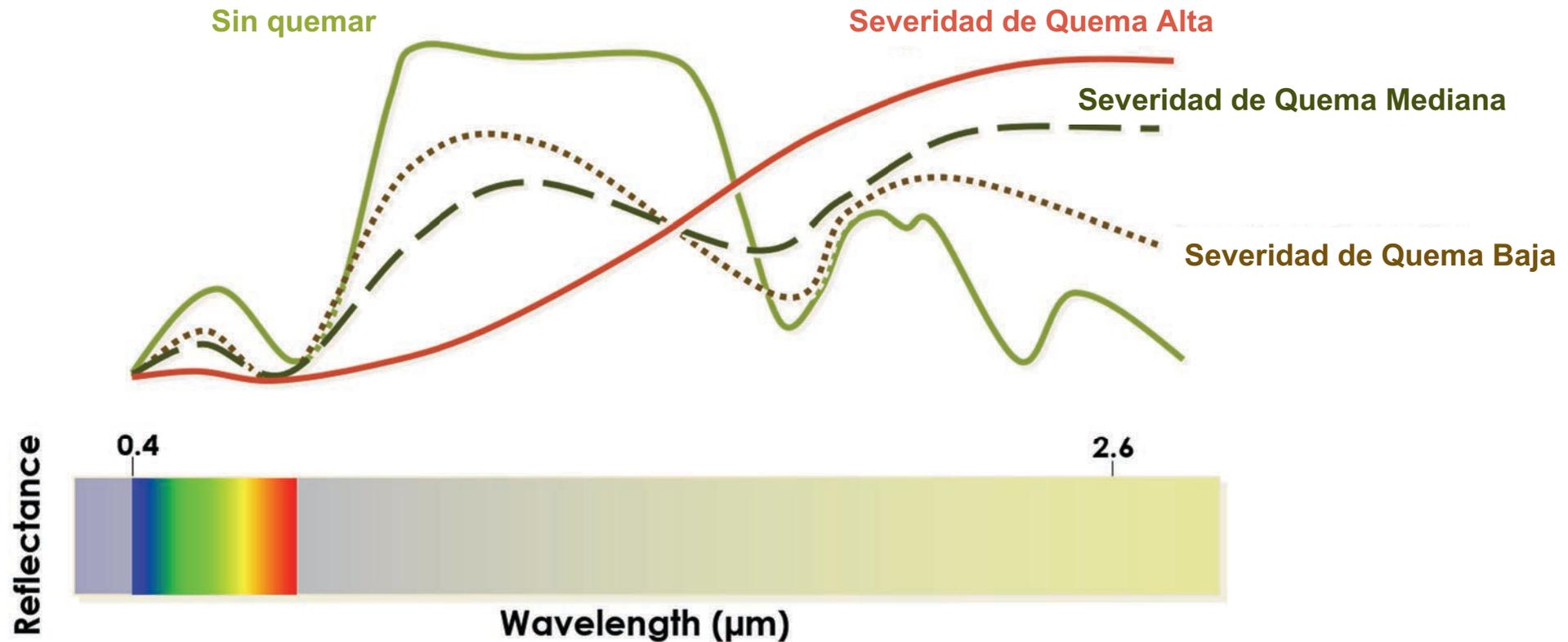
# Respuesta Espectral de la Vegetación Típica

Curva de Respuesta de la Vegetación Típica de 0.4 a 2.6  $\mu\text{m}$



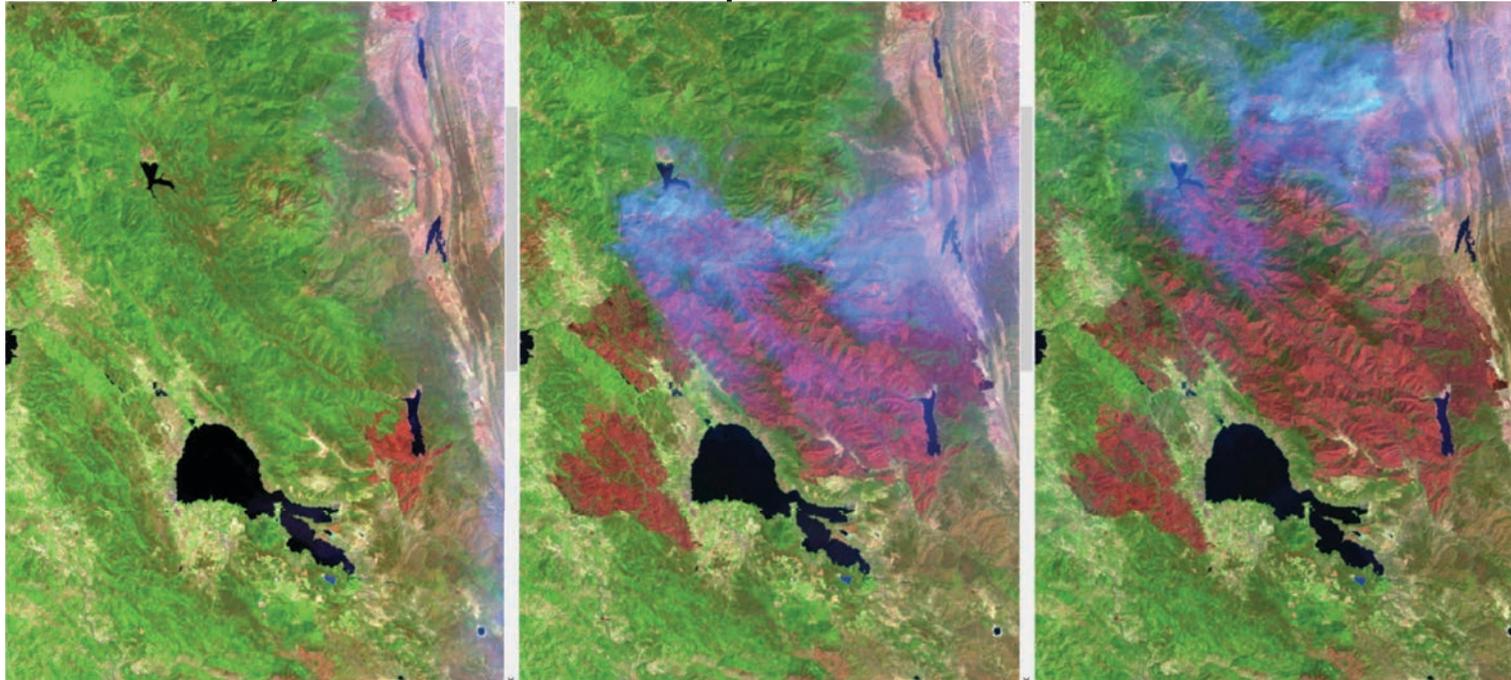
# Vegetación Sana vs. Áreas Quemadas

Aprovechando las Curvas de Respuesta Espectral



# Área Quemada: Relación de Quema Normalizada (Normalized Burn Ratio o NBR)

- Se utiliza para identificar áreas quemadas
- Compara escenas pre- y post-incendio para identificar extensión y severidad de quema



26 de julio

11 de agosto

27 de agosto

Incendios Complejos de Mendocino, 2018

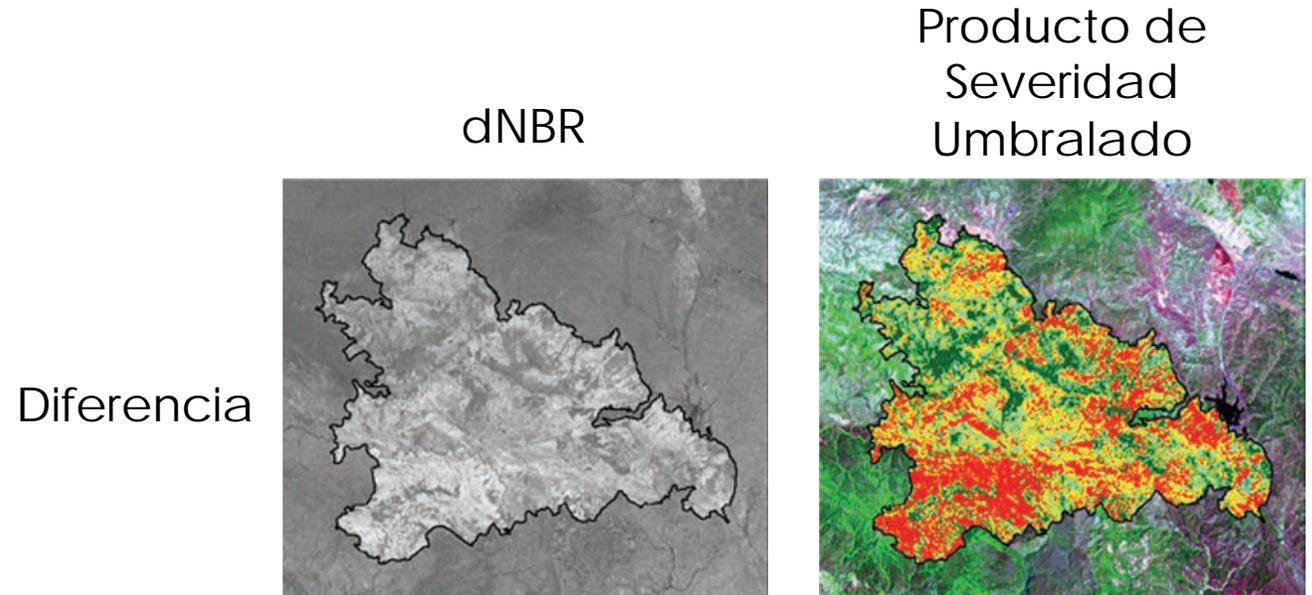
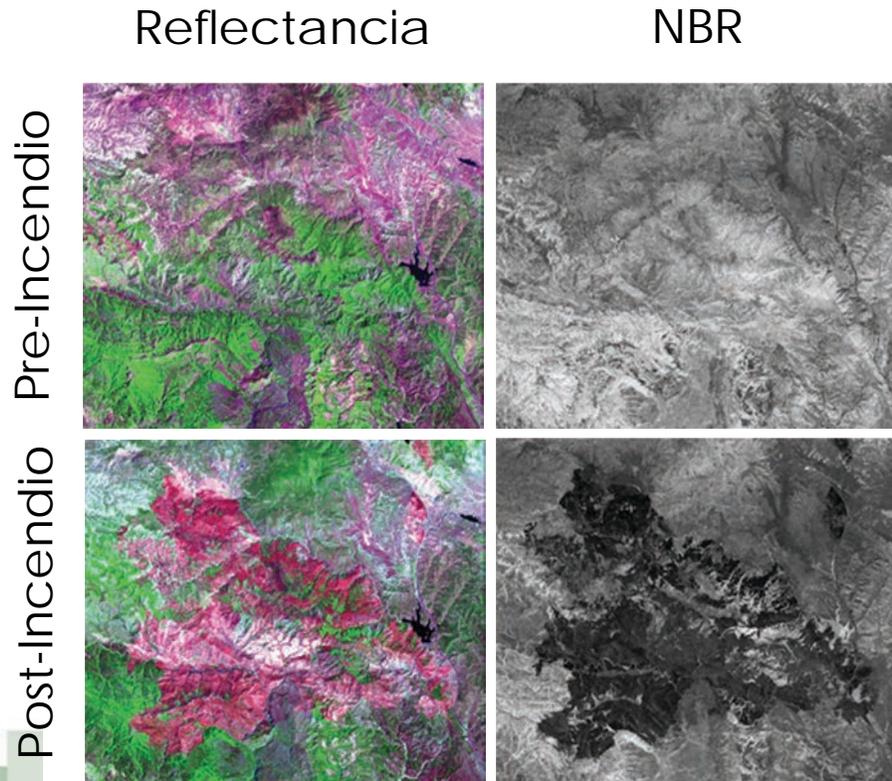
$$NBR = \frac{(NIR - SWIR)}{NIR + SWIR}$$



# Severidad de Quema: Relación de Quema Normalizada Diferenciada (Differenced Normalized Burn Ratio o dNBR)

- Normalized Burn Ratio (NBR)
- Establece la extensión del área quemada antes y después de un incendio

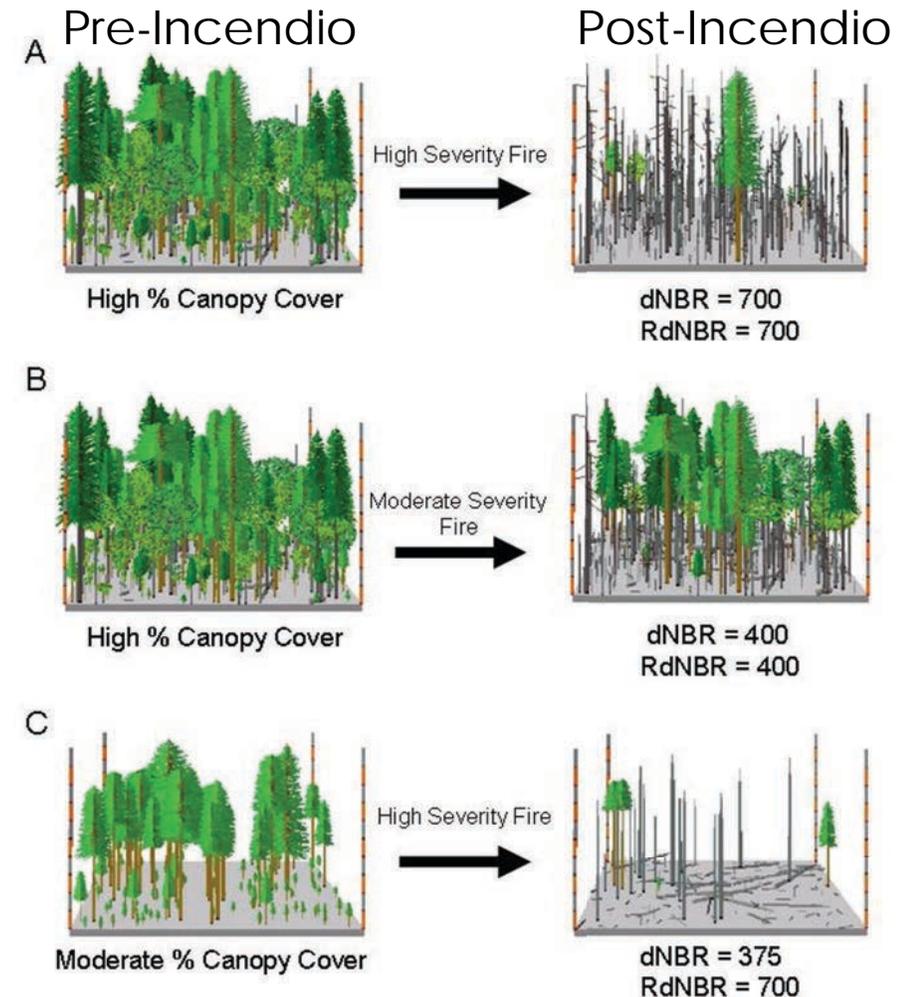
- Differenced Normalized Burn Ratio (dNBR)
- Proporciona una comparación de condiciones pre- y post incendio para determinar la severidad
- $dNBR = NBR \text{ Pre-incendio} - NBR \text{ Post-Incendio}$



# Severidad de Quema: Relación de Quema Normalizada Diferenciada Relativizada (Relativized Differenced Normalized Burn Ratio o RdNBR)

## dNBR & RdNBR

- Variante de la dNBR; remueve el sesgo asociado con la condición de la vegetación pre-incendio
  - Desarrollada por [Miller y Thode, 2007](#)
  - Ejemplo: Vegetación de baja densidad en una imagen pre-incendio experimenta una quema completa
    - P.ej. un incendio que reemplaza rodales
  - La RdNBR mide el cambio relativo de la vegetación dentro del píxel:
    - 100% de los cambios en la vegetación: La RdNBR está alta

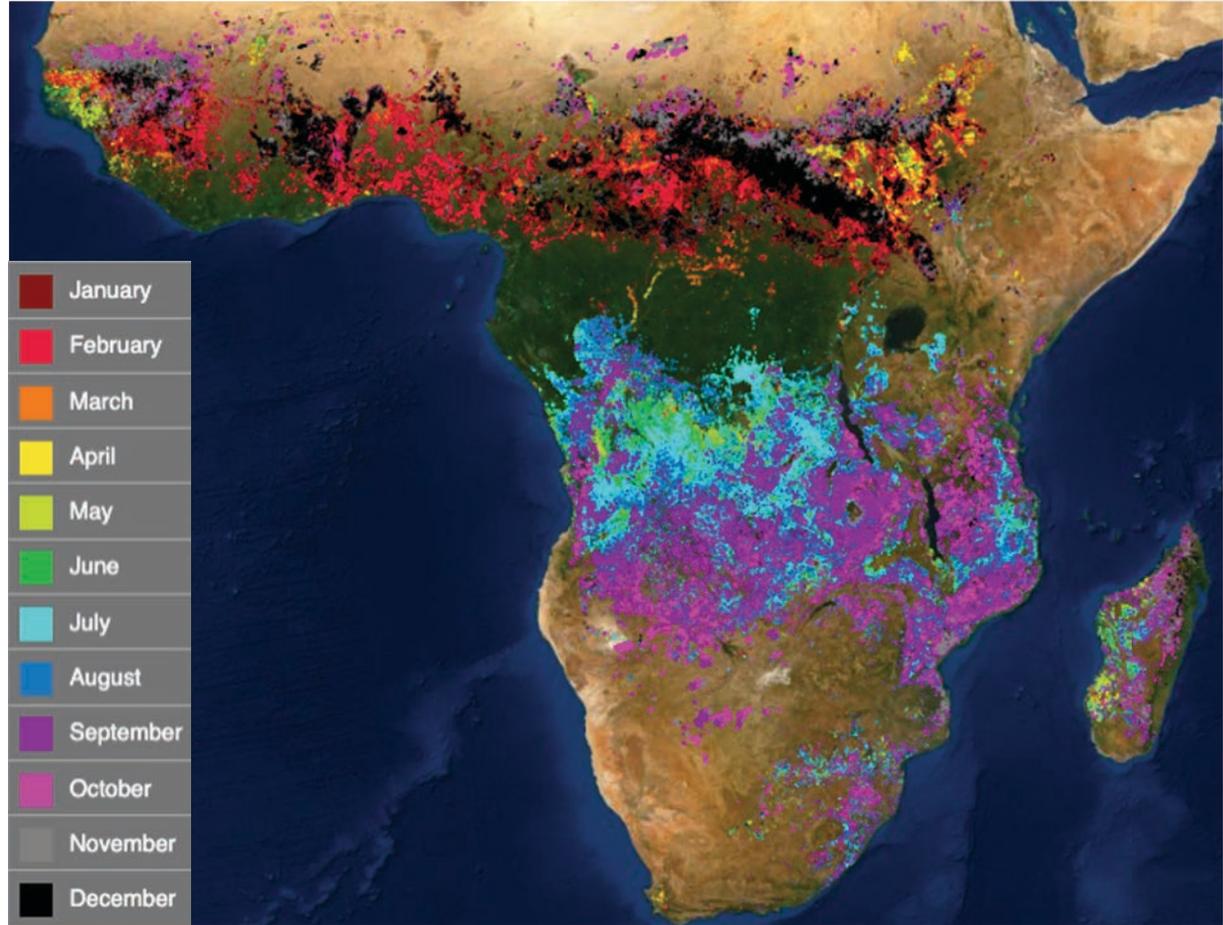


Fuente de la Imagen: Remote Sensing of the Environment; 109, 66-80 (12 de julio de 2007)



# Área Quemada : MODIS

- Aprovecha los cambios en el paisaje relacionados con el fuego, como depósitos de carbón y ceniza, eliminación de la vegetación y alteración de la estructura de la vegetación.
- La alta resolución temporal de MODIS significa que puede detectar la ocurrencia de cambios rápidos en los datos de series de tiempo de reflectancia superficial diaria y mapear la extensión espacial del área quemada para incendios recientes y anteriores.
- [MCD64A1 El producto MCD64A1 de datos del Área Quemada](#) combinados de Terra y Aqua es un producto mensual de 500 m cuadrículado global que contiene un área quemada por píxel.



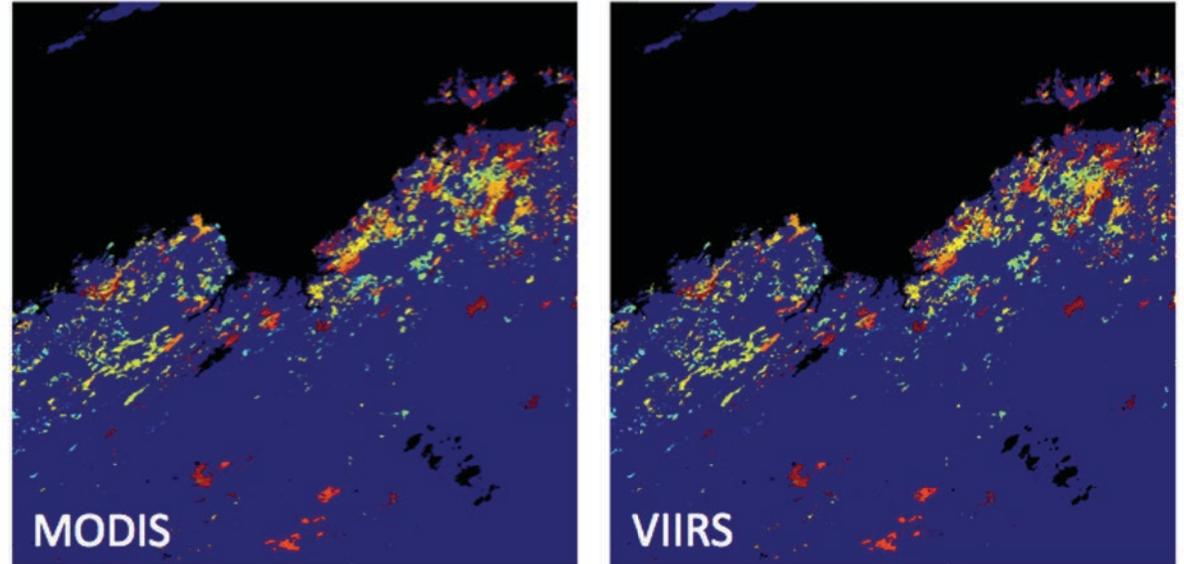
MODIS- área quemada para 2020 por mes en África subsahariana.  
Fuente de la Imagen: [NASA FIRMS](#)



# Área Quemada: VIIRS

- El [producto de datos VNP64A1](#) está diseñado de manera similar al producto de área quemada de MODIS para promover la continuidad de la misión del Sistema de Observación de la Tierra (EOS).
- Los datos provisionales se publican de forma limitada debido a problemas para identificar el área quemada en los bordes de los cuerpos de agua continentales y en latitudes altas. La versión 2 de este producto de datos abordará estos problemas.
- Producto mensual, global, cuadrículado, de 500 m que contiene información sobre la calidad y el área quemada por píxel.

Burn Date  
Australia (h30v10), 1 March – 31 August 2014

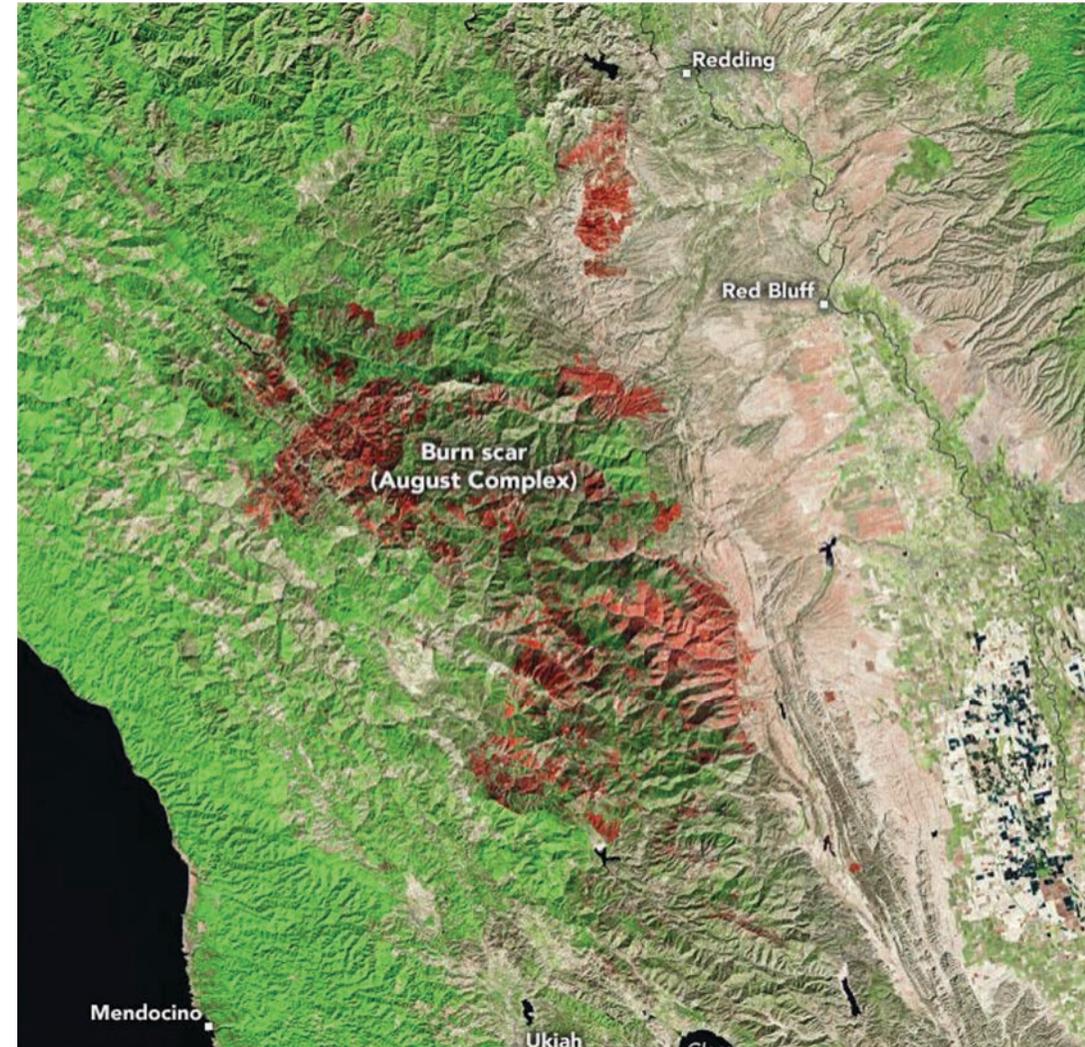


VIIRS- productos del área quemada brindarán continuidad con los productos del área quemada de MODIS. Fuente de la Imagen: [NASA](#)



# Evaluación del Área Quemada: Landsat 8

- El incendio complejo de agosto fue provocado por tormentas eléctricas a mediados de agosto de 2020.
- Los incendios en esta área habían consumido 1,032,264 acres (417,742 hectáreas) en la mañana del 21 de octubre y todavía estaban ardiendo (aunque el 91% estaba contenido).
- Las imágenes capturadas por Landsat 8 el 19 de octubre se procesaron utilizando el algoritmo de área quemada de Landsat para identificar el área quemada.
- Enlace: [Landsat Burned Area Product](#)



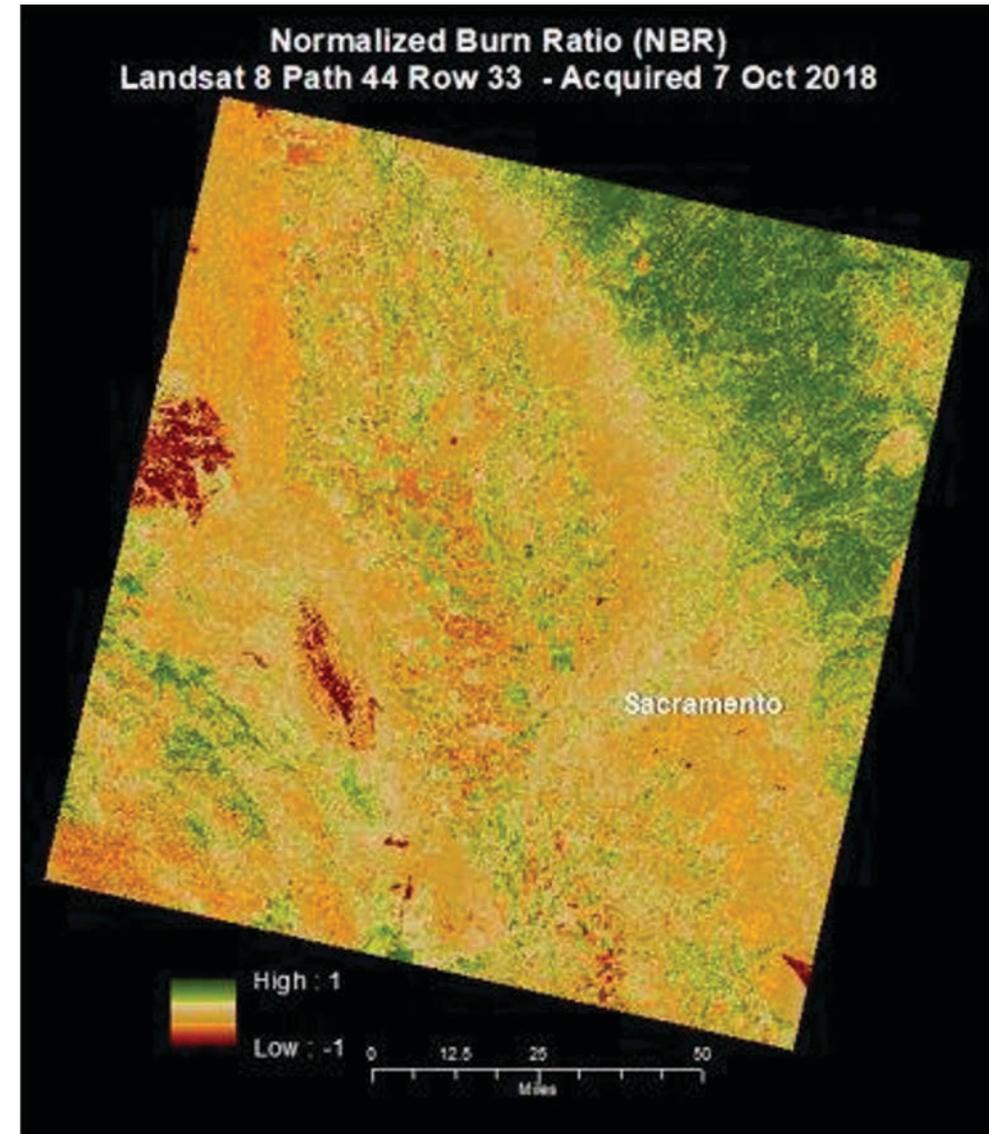
Cicatriz de quema del incendio complejo de agosto de 2020 en el norte de California usando imágenes de Landsat 8 OLI adquiridas el 19 de octubre de 2020.

Fuente de la Imagen: [NASA](#)



# Relación de Quema Normalizada (Normalized Burn Ratio o NBR): Landsat

- Está derivada de la reflectancia superficial de la serie Landsat (4-5 TM, 7 ETM+ y 8 OLI)
- Producto de datos de la NBR con resolución de 30 m se ordena de:
  - <https://espa.cr.usgs.gov/>
- Landsat 4-7,  $NBR = (Banda\ 4 - Banda\ 7) / (Banda\ 4 + Banda\ 7)$
- Landsat 8,  $NBR = (Banda\ 5 - Banda\ 7) / (Banda\ 5 + Banda\ 7)$
- Especificaciones de Datos:
  - <https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-normalized-burn-ratio>

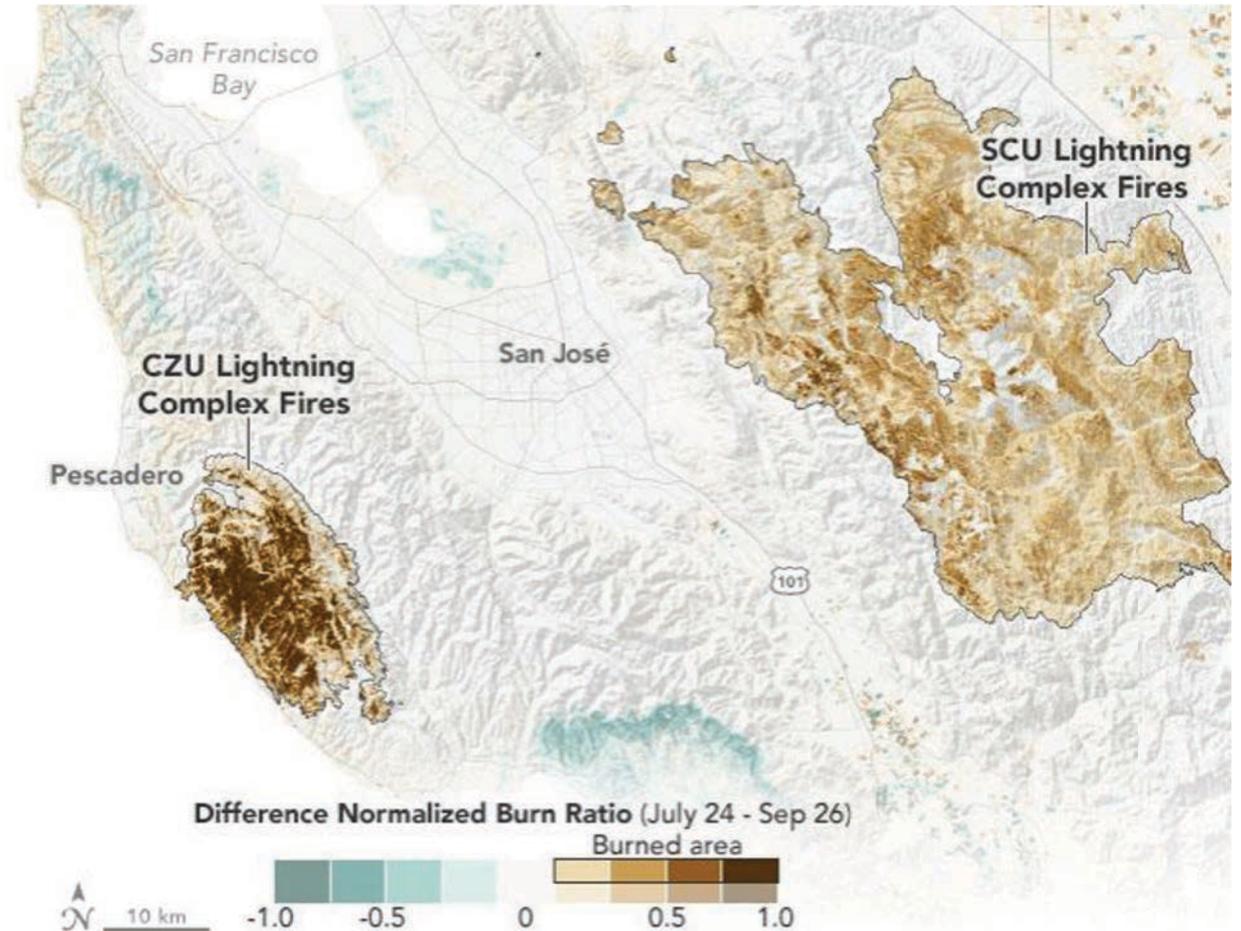


Fuente de la Imagen: [USGS](https://www.usgs.gov)



# Evaluación de Severidad de Quema: Landsat 8

- Los Incendios Complejos de Relámpagos CZU y SCU de Agosto y Septiembre 2020 quemaron 86,500 acres (35.005 ha) y 396,000 acres (160,255 hectáreas) respectivamente.
- Datos de Landsat 8 del 24 de julio (pre-incendio) y el 26 de septiembre 26 (post-incendio) se utilizaron para calcular la NBR y después la dNBR y los valores fueron umbralados para mapear la severidad.
- Los tonos de beis y café revelan la gravedad de las quemaduras de cada incendio, y los tonos más oscuros revelan el mayor daño al paisaje.



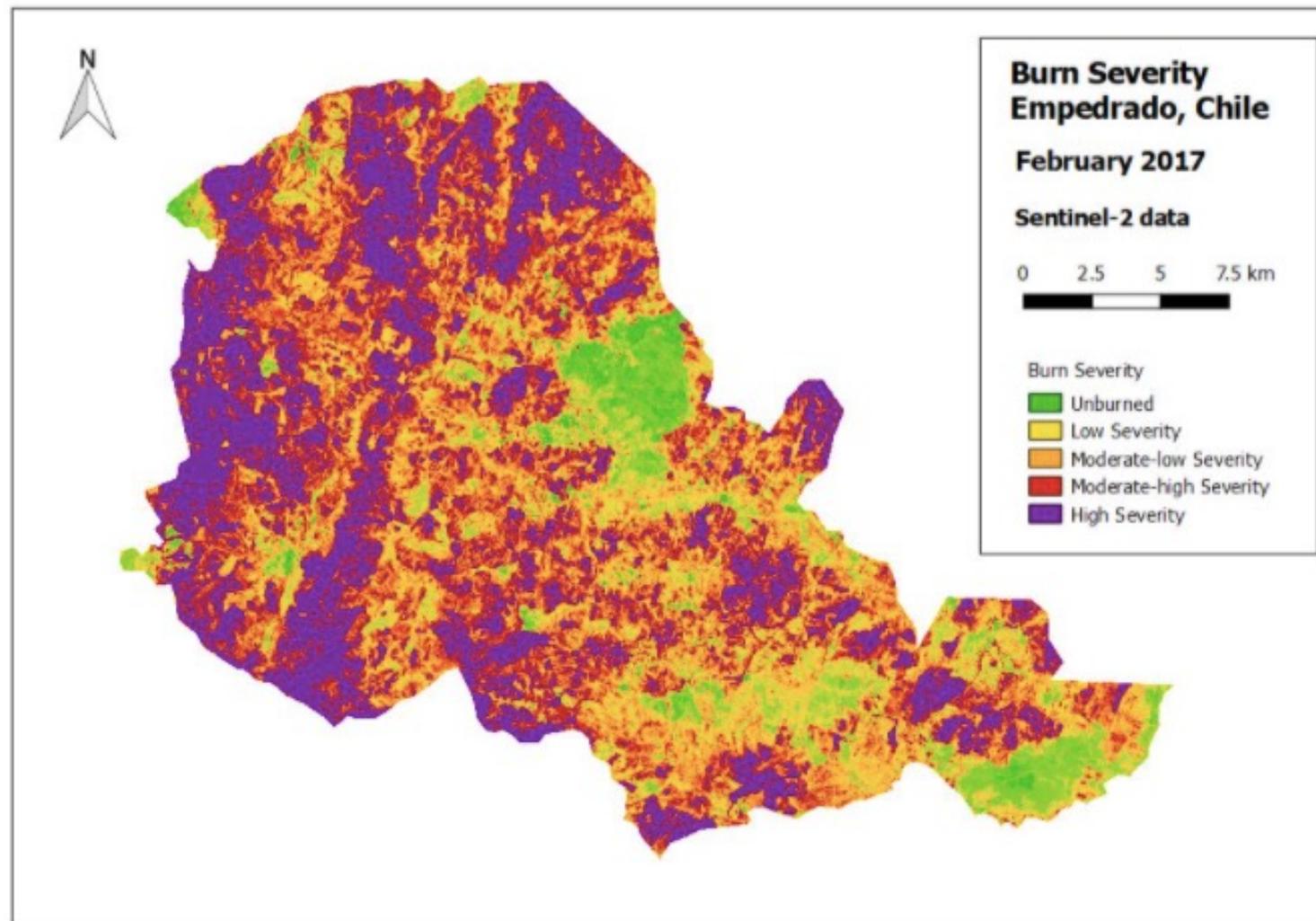
Severidad de Quema de los Incendios Complejos de Relámpago CZU y SCU en California. Note que una mayor severidad de quema no equivale una mayor área quemada, como evidencia la comparación de estos dos incendios complejos.

Fuente de la Imagen: [NASA](#)



# Evaluación de Severidad de Quema: Sentinel-2

- Los datos de Sentinel-2 también son útiles para mapear la severidad de quema.
- La metodología para completar la evaluación de la severidad de quema es similar a Landsat, con diferencias en las bandas exactas para los cálculos.
- UN-SPIDER es un gran recurso para las metodologías de severidad de quema para Sentinel-2 y Landsat 8:
  - <https://github.com/UN-SPIDER/burn-severity-mapping-EO>

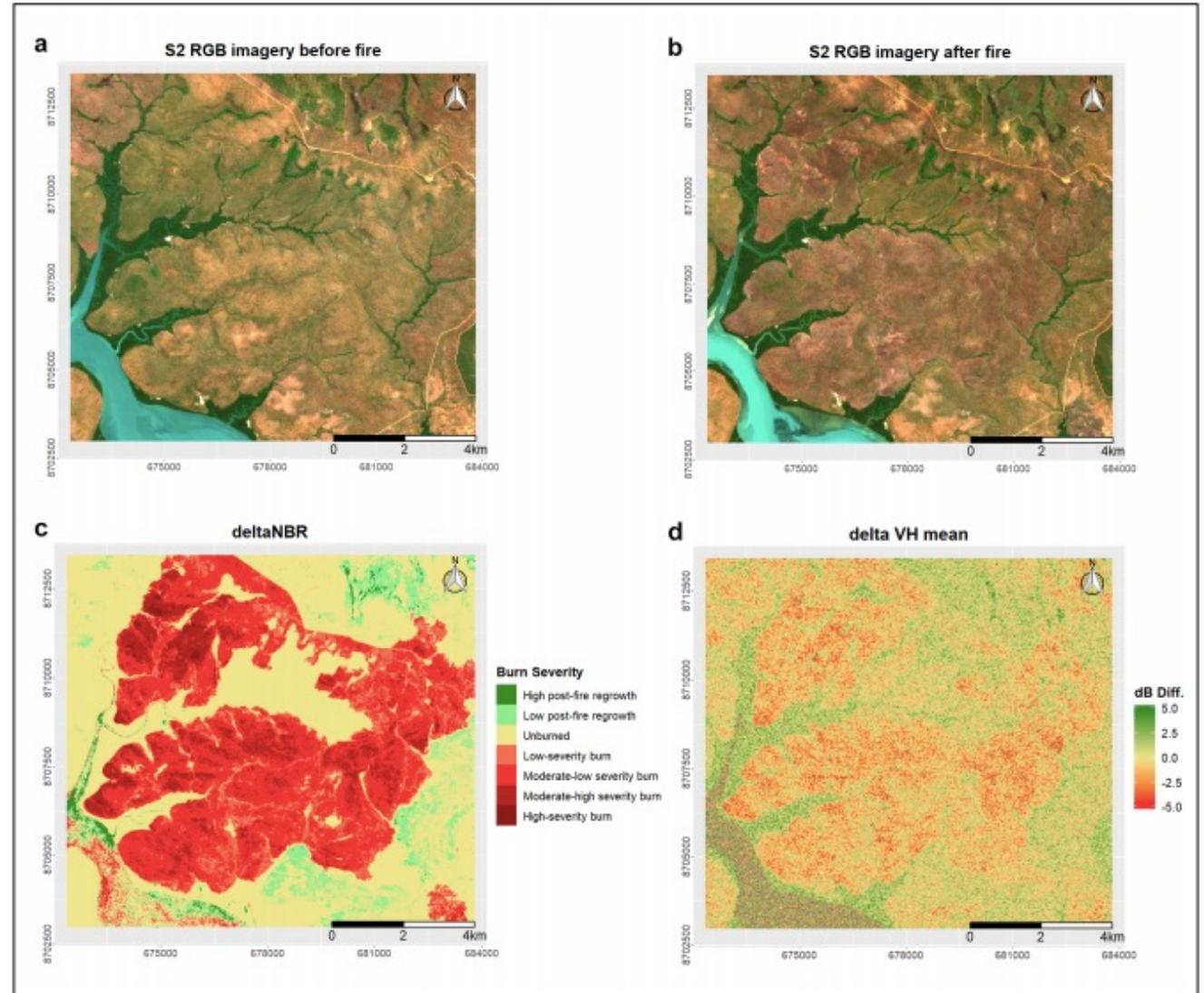


Ejemplo de mapeo de la severidad de quema usando datos de Sentinel-2 en Empedrado, Chile en febrero de 2017. Este mapa fue producido en UN-SPIDER Burn Severity con QGIS usando datos de entrenamiento de Sentinel-2.  
Fuente de la Imagen: UN-SPIDER



# Aplicaciones del Área Quemada y la Severidad de Sentinel-1 SAR

- [Philipp & Levick \(2019\)](#) examinó la utilidad de los datos de SAR de banda C de Sentinel-1 examinados para estimar la severidad de quema en los ecosistemas de sabana
- La retrodispersión (VH) de la banda C de Sentinel-1 demostró ser sensible a los cambios estructurales impartidos por el fuego y se correlacionó con el índice de quema normalizado (NBR) derivado de los datos ópticos del Sentinel-2.
- Detección a gran escala de quema en la sabana en las islas Tiwi de Australia (que se muestra en la figura de la derecha)



Se visualizan imágenes ópticas antes (a) y después (b) del incendio. Las altas severidades de quemaduras clasificadas por "deltaNBR" (c) también resaltan en la imagen de la media delta VH SAR.(d). Fuente de la Imagen: [Philipp & Levick, 2019](#)

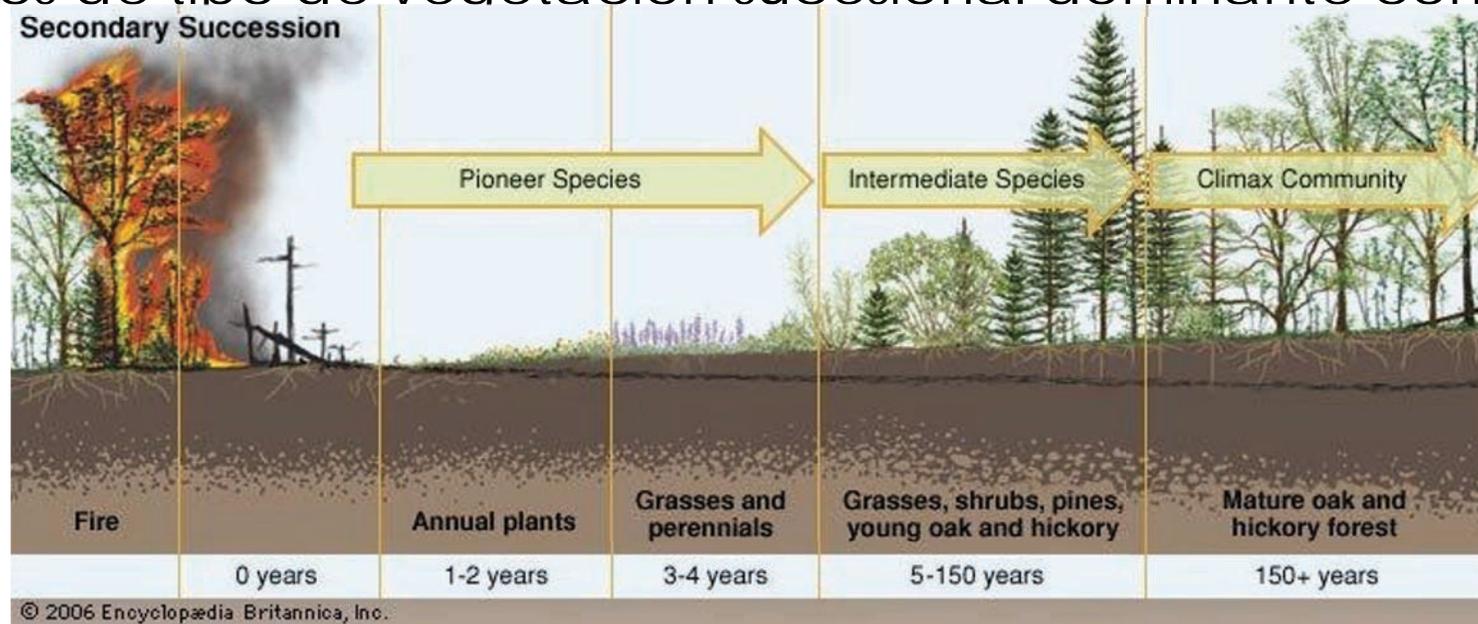




# Mapeo del Recrecimiento de la Vegetación Post-Incendio

# Sucesión Secundaria Post-Incendio

- Después de un disturbio de incendio, el recrecimiento de la vegetación sigue un patrón de sucesión.
- Los plazos y las especies de plantas varían según los diferentes tipos de bosques, matorrales, etc.
- El mapeo del recrecimiento de la vegetación incluye caracterizar la vegetación como cambios de tipo de vegetación sucesional dominante con el tiempo.

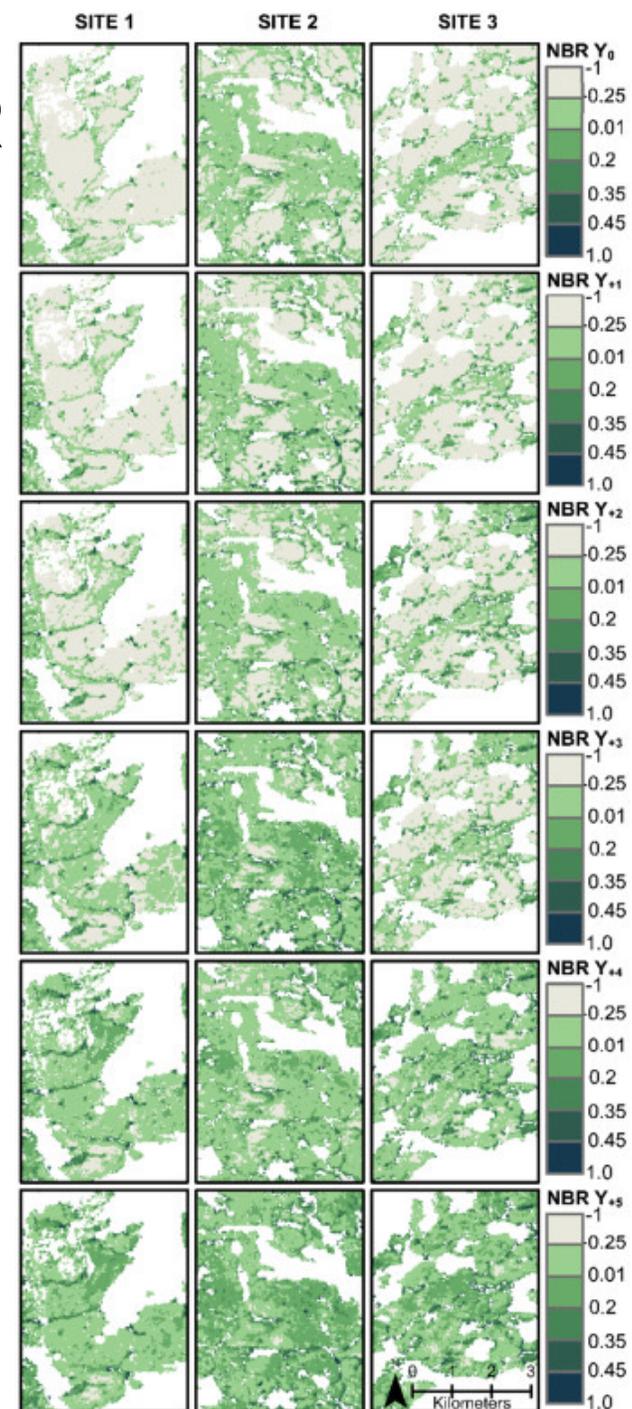


Ejemplo de sucesión secundaria debido a un incendio. Fuente de la Imagen: [Britannica](#)



# Recrecimiento de Vegetación: NBR

- Los valores altos de NBR (más cercanos a 1) indican la presencia de vegetación y detectan el rebrote.
- El mapeo del NDVI a intervalos regulares después de un incendio proporciona una métrica para la recuperación de la vegetación.
- [Frazier et al. \(2018\)](#) mapeó la NBR en un sitio de bosque boreal canadiense donde ocurrieron incendios a intervalos de 5 años después del incendio.
- El recrecimiento de la vegetación se observa a lo largo de la serie de tiempo.



Serie temporal de NBR del año del disturbio hasta cinco años después se muestran para 3 sitios de bosque boreal en Canadá con el tiempo desde el disturbio incrementando de arriba para abajo. Por lo general, NBR aumenta con el tiempo desde el disturbio.

Fuente de la Imagen: [Frazier et al. \(2018\)](#)



# Parámetros de Medición del Paisaje con Vegetación de la Parte 2



## Tipo y Extensión de Vegetación

- Clasificación de la Cobertura Terrestre
- Cobertura Fraccional (FC)



## Contenido de Humedad de la Vegetación

- Índices de Humedad
- Mediciones de Radar



## Estructura de la Vegetación

- Densidad
- Altura



## Etapa y Salud de la Vegetación

- Índices de Salud de la Vegetación

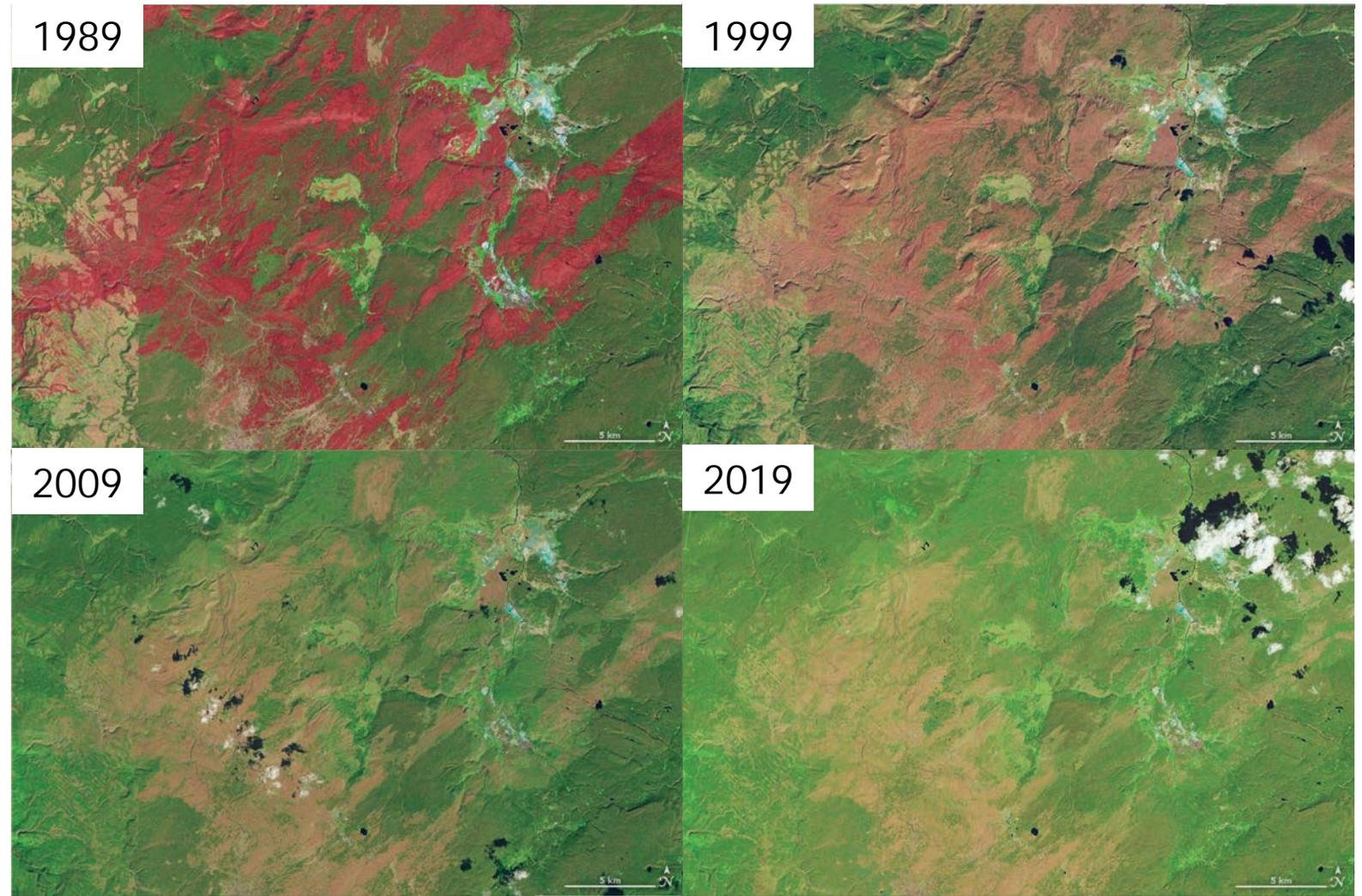
\*Consulte la parte 2 de esta serie de capacitación para obtener una explicación más detallada de cómo mapear estos parámetros y para obtener sugerencias sobre productos de datos preprocesados:

<https://appliedsciences.nasa.gov/join-mission/training/english/arset-satellite-observations-and-tools-fire-risk-detection-and>



# Recrecimiento de Vegetación Post-Incendio: NDVI

- En el verano de 1988, incendios provocados por rayos y humanos consumieron grandes extensiones del Parque Nacional Yellowstone.
- 793.000 de los 2.221.800 acres del parque se quemaron.
- Las estimaciones del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) de Landsat 5 y 8 muestran la lenta recuperación de la vegetación sobre la cicatriz de la quema.

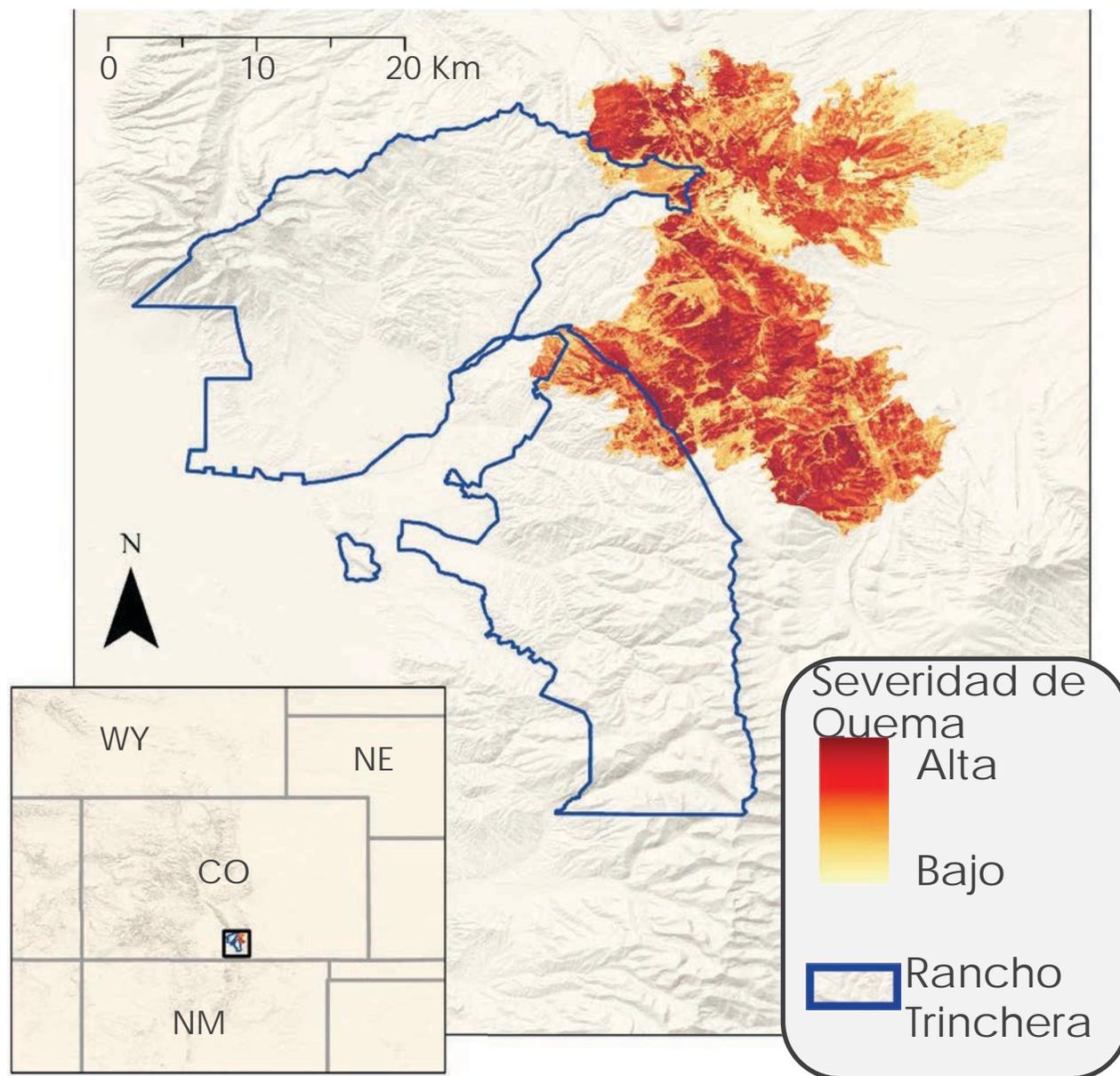


Estimaciones del NDVI sobre el curso de 30 años muestran un incremento de verdor, indicando recrecimiento de vegetación a lo largo de la cicatriz de quema. Fuente de la Imagen: [NASA](#)

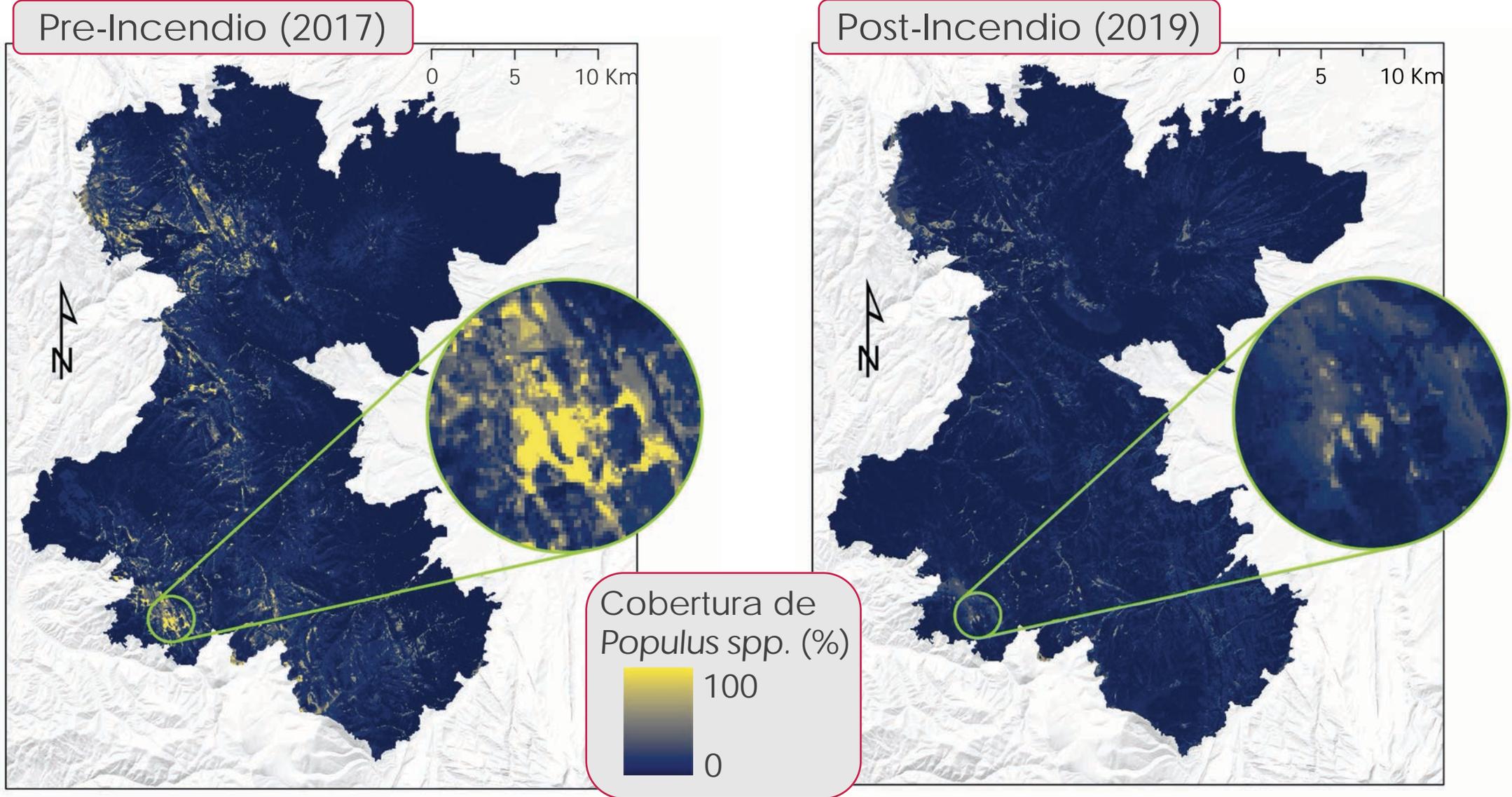


# Evaluación de la Vegetación Post-Incendio: Cobertura Terrestre

- El equipo de NASA DEVELOP en colaboración con el Servicio Forestal de Colorado y el Rancho Trinchera en el sur de Colorado
- El incendio de Spring Creek quemó un total de 108,045 acres (43,725 hectáreas)
  - 9,100 acres (3700 ha) del Rancho Trinchera
- Detección pre- y post-incendio de rodales de *Populus spp.*



# Evaluación de la Vegetación Post-Incendio: Cobertura Terrestre

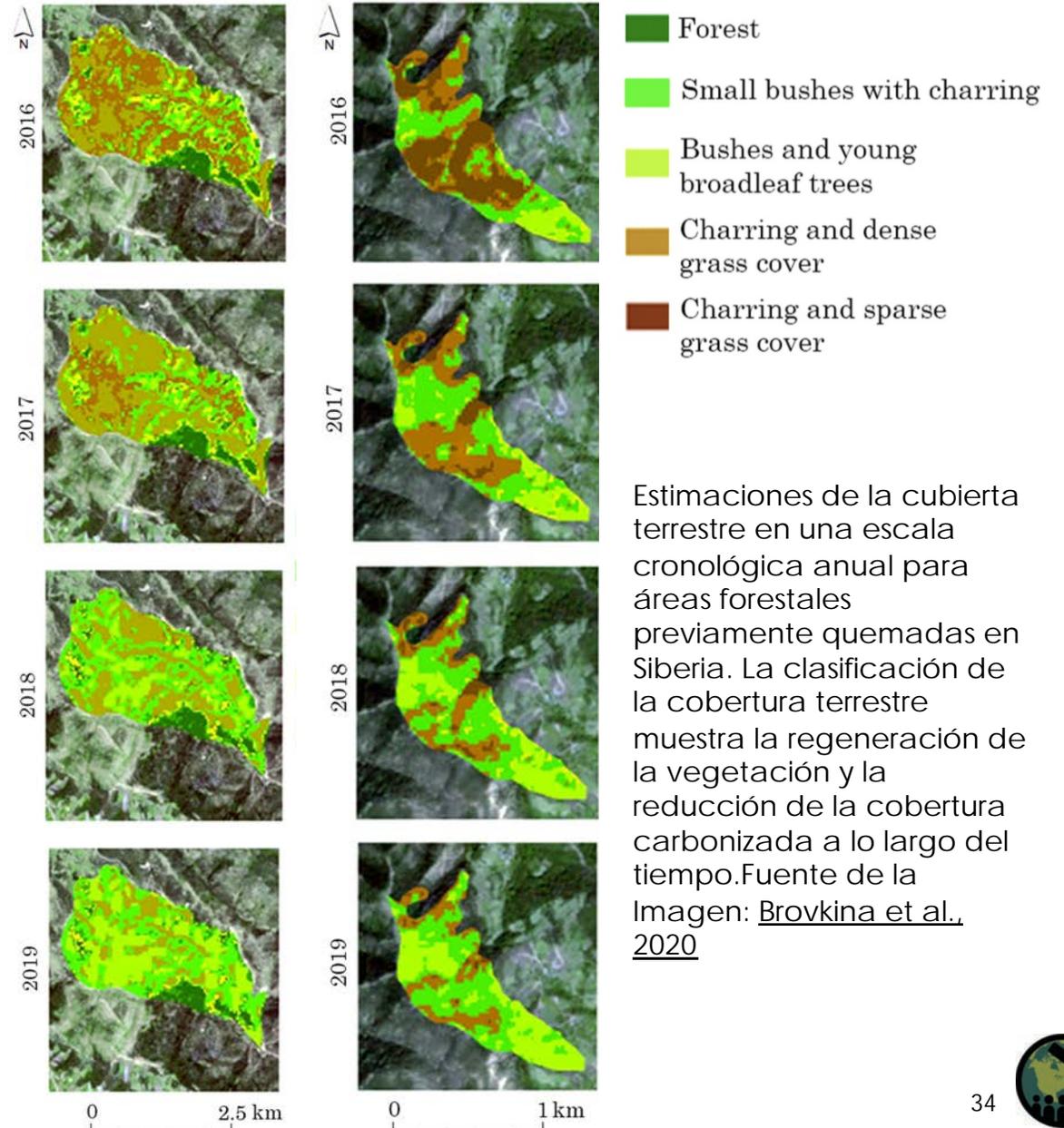


Fuente de la Imagen: [NASA DEVELOP](#)



# Recrecimiento de la Vegetación Post-Incendio: Cobertura Terrestre

- La clasificación de la cobertura terrestre puede mapear el recrecimiento de la vegetación a lo largo del tiempo y proporcionar información sobre el tipo de vegetación útil para determinar la etapa de sucesión.
- [Brovkina et al. \(2020\)](#) usó datos de Sentinel-2 para clasificar áreas boscosas previamente quemadas de 2016 a 2019 para evaluar el cambio en el tipo de vegetación y la reducción de la cobertura quemada.

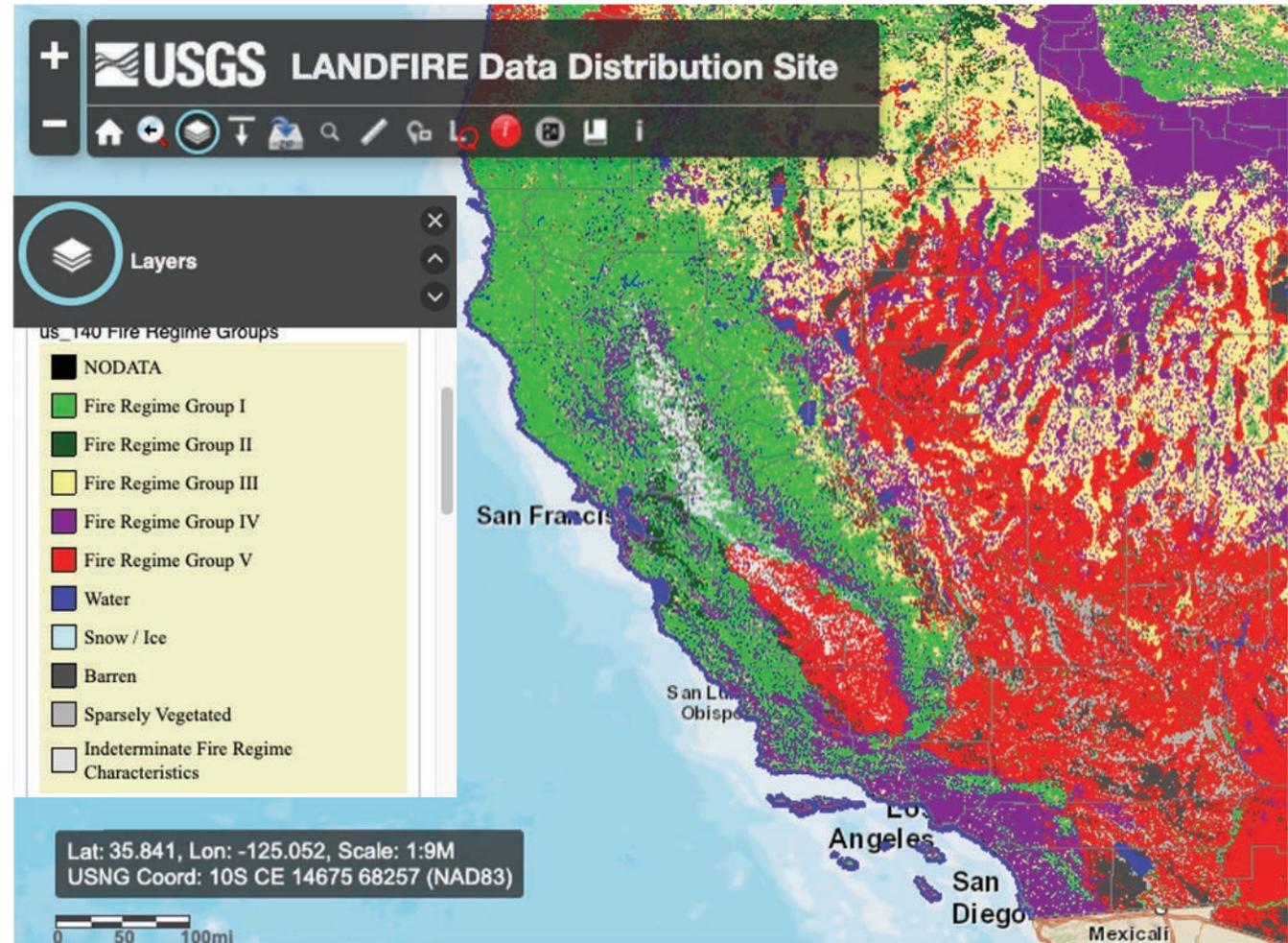




# Herramientas para el Mapeo Post-Incendio

# LANDFIRE: Productos del Régimen de Incendio

- Para EE.UU. vía LANDFIRE:
  - <https://landfire.gov/viewer/viewer.html>
- Productos de la Frecuencia y Severidad de Incendios:
  - Grupos de regímenes de incendio
  - Intervalo de retorno de incendios
  - Porcentaje de incendios de severidad baja, severidad mixta y severidad nivel reemplazamiento
- Productos de la Partida de Vegetación:
  - Clase de condición de la vegetación
  - Salida de vegetación
  - Clase de sucesión

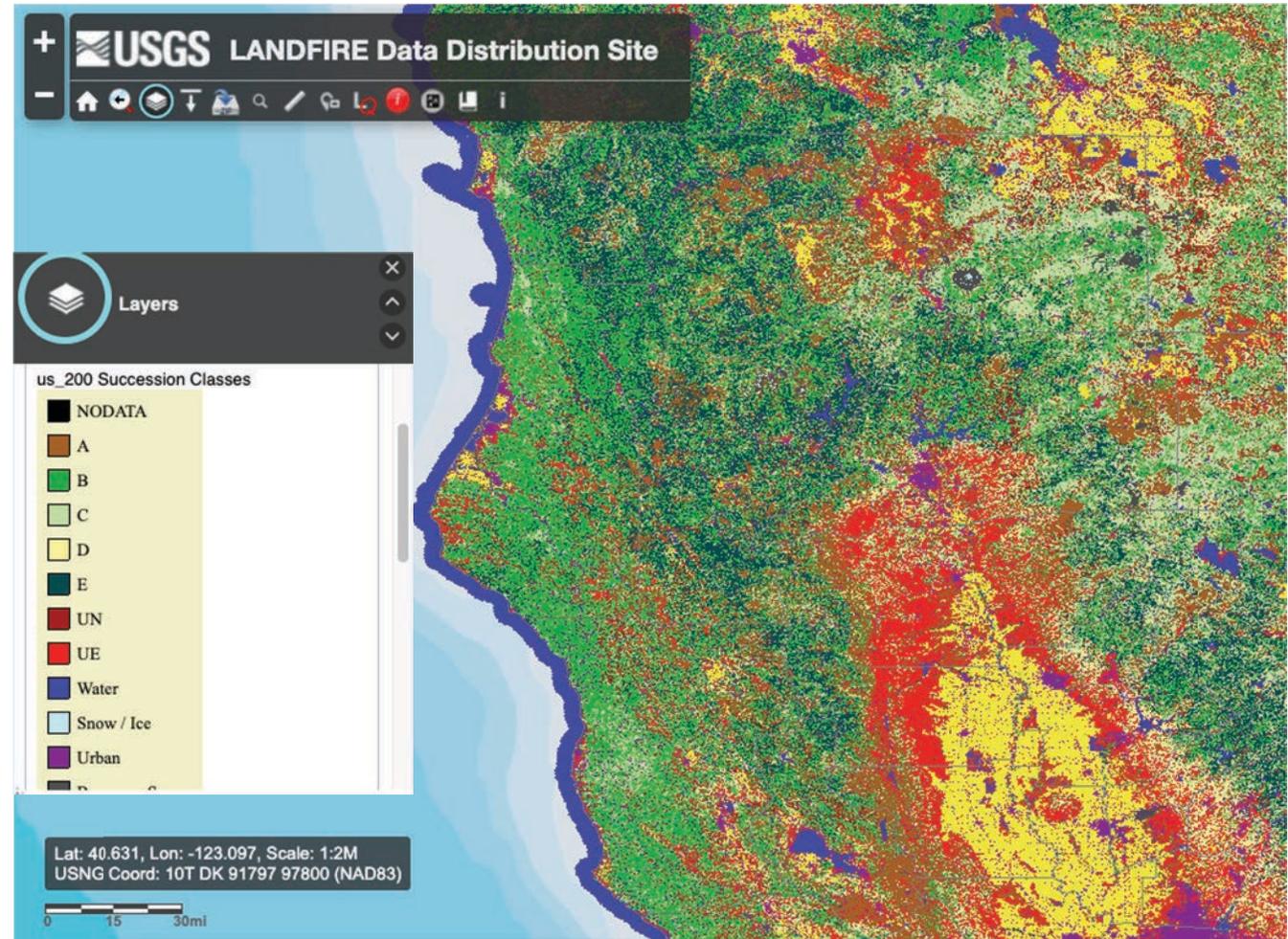


LANDFIRE- clases de régimen de incendios para California.  
Fuente de la Imagen: [LANDFIRE](https://landfire.gov)



# LANDFIRE: Productos del Régimen de Incendios

- Para EE.UU. vía LANDFIRE:
  - <https://landfire.gov/viewer/viewer.html>
- Productos de la Frecuencia y Severidad de Incendios:
  - Grupos del régimen de incendios
  - Intervalo de retorno de fuego
  - Porcentaje de incendios de severidad baja, severidad mixta y severidad nivel reemplazo
- Productos de la Partida de Vegetación:
  - Clase de condición de vegetación
  - Salida de vegetación
  - Clase de sucesión

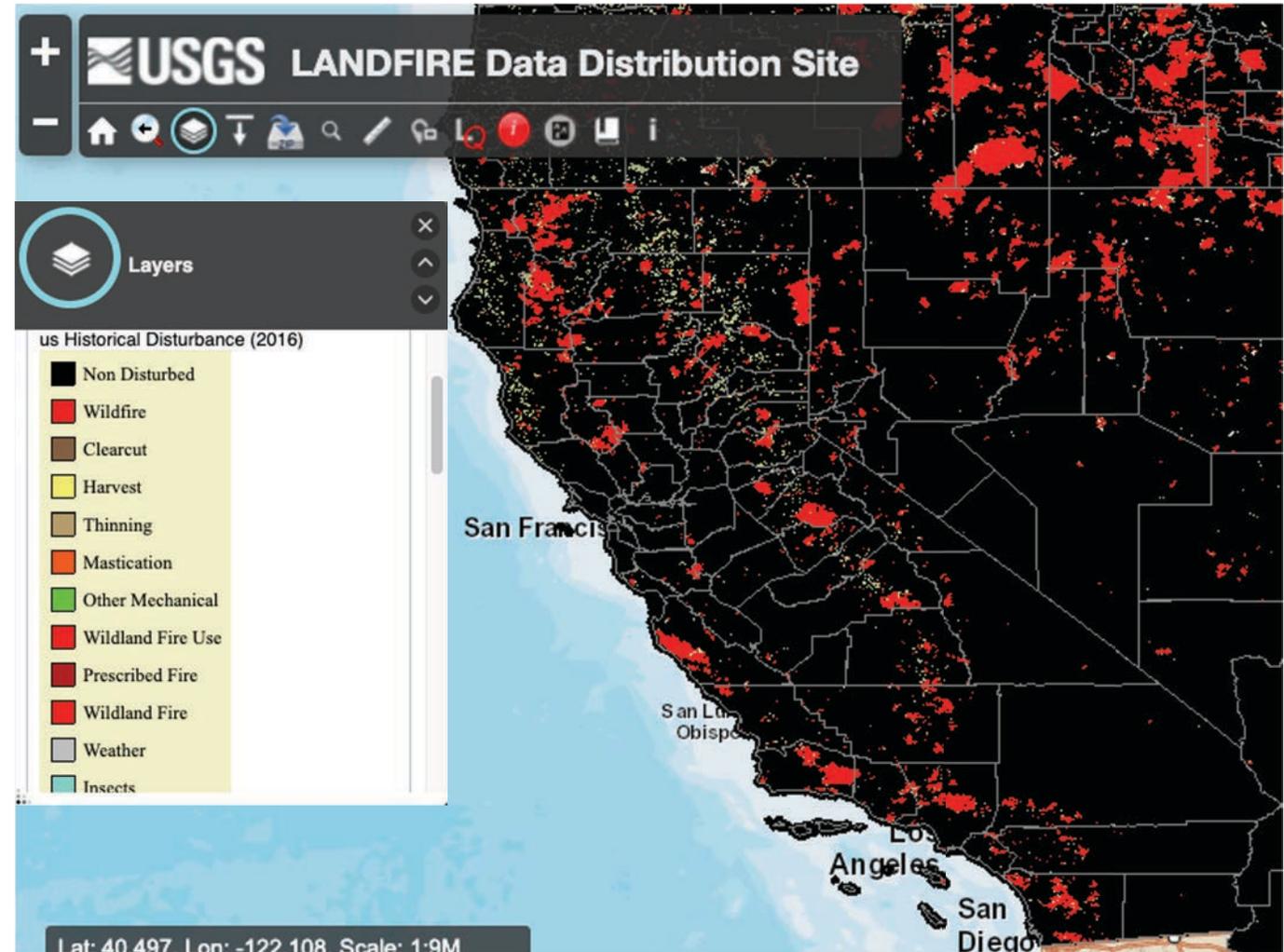


LANDFIRE- clases de sucesión para el norte de California.  
Fuente de la Imagen: [LANDFIRE](https://landfire.gov)



# LANDFIRE: Datos de Disturbios

- Para EE.UU. vía LANDFIRE:
  - <https://landfire.gov/viewer/viewer.html>
- Datos de Disturbios:
  - Anuales
  - Vegetación
  - Combustible
  - Históricos
- Disturbios de la Vegetación:
  - Magnitud de transición
  - Transiciones de la vegetación forestal
  - Transiciones de vegetación no forestal
  - Simulador de vegetación forestal
- Especificaciones de Datos para Todas las Capas:
  - <https://landfire.gov/index.php>



LANDFIRE- datos de disturbios históricos para California.  
Fuente de la Imagen: [LANDFIRE](https://landfire.gov/)



# Fire Information for Resource Management System (FIRMS)

- NASA FIRMS:
  - <https://firms2.modaps.eosdis.nasa.gov/>
- Datos disponibles a nivel mundial
- Producto MODIS para áreas quemadas
- También incluye detección de incendios VIIRS y MODIS y datos de incendios activos.
- Los datos en tiempo casi real (NRT) se reemplazan por datos estándar de calidad científica a medida que están disponibles (generalmente con un retraso de 2-3 meses)
- Descarga de datos:
  - <https://firms2.modaps.eosdis.nasa.gov/download/>

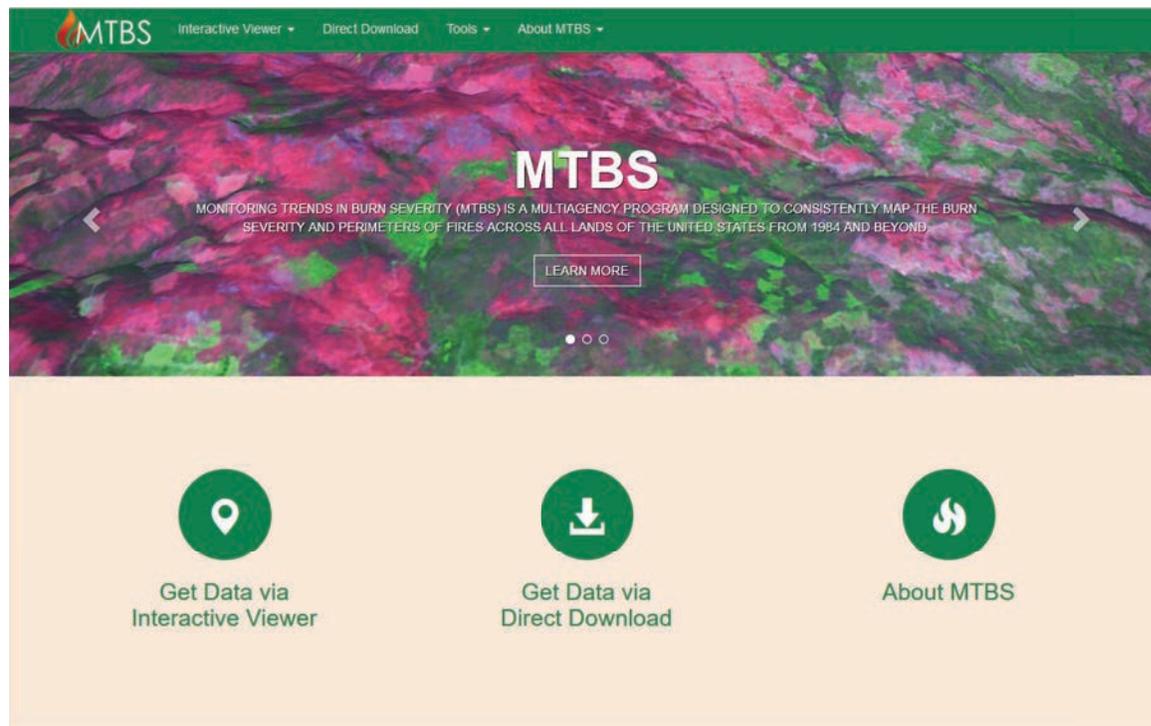


Visualización del área quemada para el norte de California mostrando áreas quemadas en agosto y septiembre de 2020. Fuente de la Imagen: [FIRMS](#)



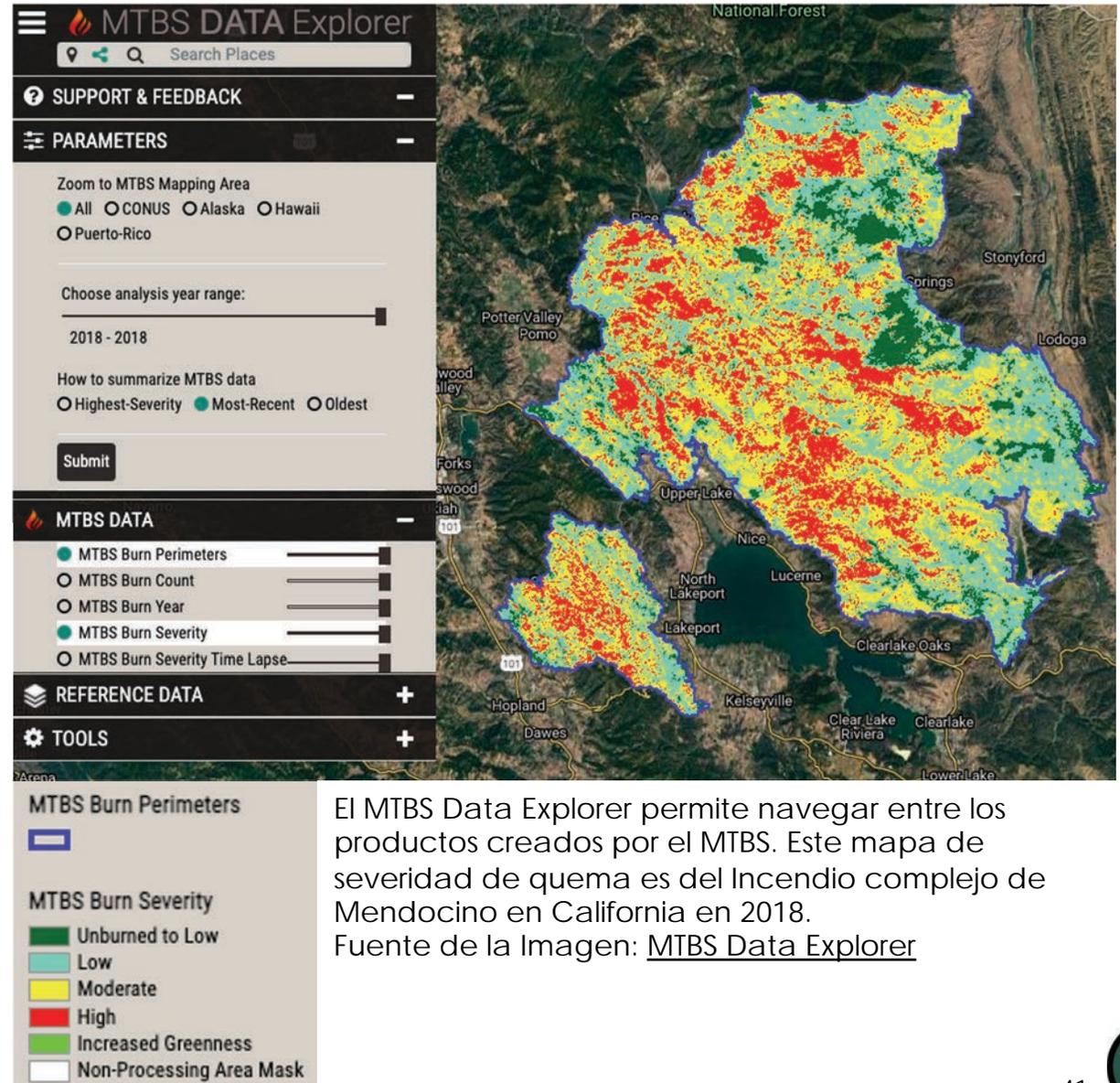
# Monitoring Trends in Burn Severity (MTBS)

- MTBS Link:
  - <http://www.mtbs.gov/>
- Proyecto diseñado para mapear consistentemente la severidad de quema y los perímetros de incendios en EE. UU.
  - Colaboración entre USGS y el Servicio Forestal del USDA
  - Solo para EE. UU.
- Evaluaciones de teledetección y basadas en tierra
- Salidas:
  - NBR de Landsat (pre- y post-incendio)
  - NBR diferenciado (dNBR)
  - Clasificación de la gravedad de las quemaduras
    - Basada en imágenes previas y posteriores al incendio, datos de la trama y la experiencia del analista con el comportamiento del incendio
  - Perímetro del incendio
  - Metadatos geoespaciales



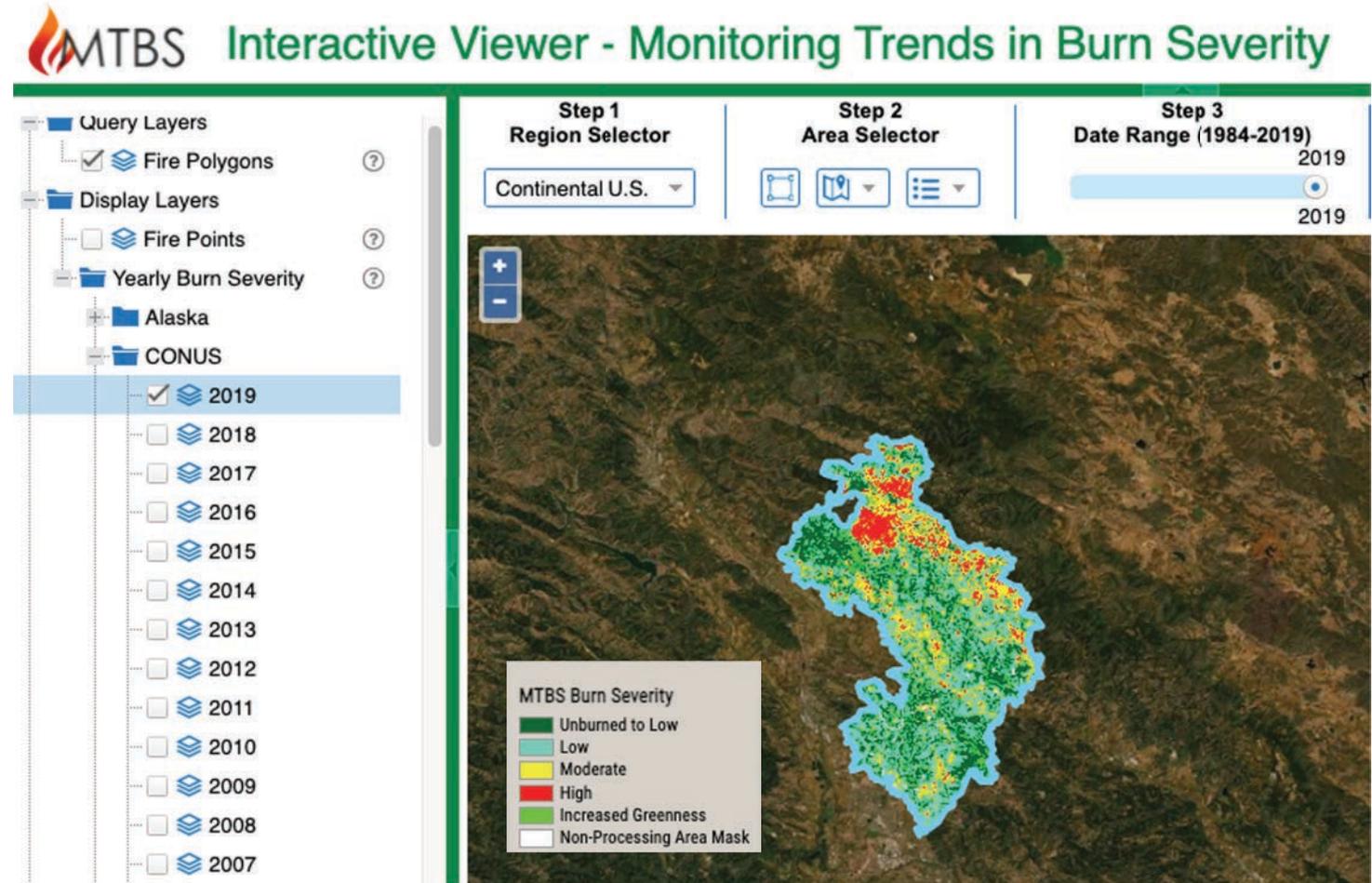
# MTBS Data Explorer

- Data Explorer Link:
  - <https://www.mtbs.gov/data-explorer>
- Desarrollado dentro de Google Earth Engine
- Explora todo el archivo de severidad de quema de MTBS
- Calcula estadísticas
- Resúmenes técnicos sobre un área de interés definida por el usuario
- Analiza datos de un solo punto (30 x 30 m)
- Descarga de datos como CSV y PNG



# MTBS Interactive Viewer

- Enlace de Data Explorer:
  - <https://www.mtbs.gov/viewer/index.html> Web map interface
- Explora todo el archivo de severidad de quema de MTBS
- Actualmente tiene más datos actualizados que MTBS Data Explorer (esto probablemente cambiará)
- Descarga datos para un solo incendio o descargar masiva de muchos



El MTBS Data Interactive Viewer permite navegar entre los productos creados por MTBS. Este mapa de la severidad de quema es del incendio de Kincadee de 2019 en California. Fuente de la Imagen: [MTBS Interactive Viewer](#)

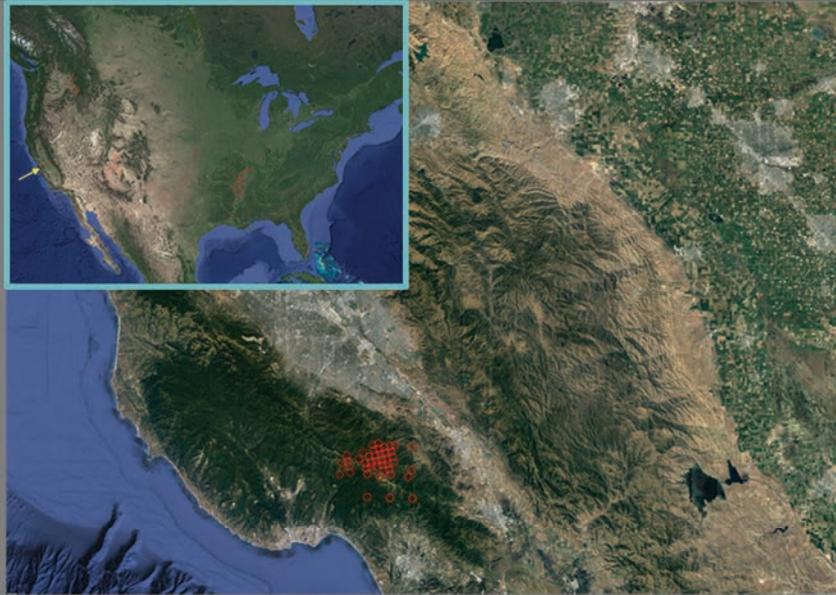


# Fire Mapping Tool (FMT)

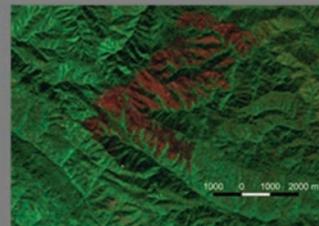
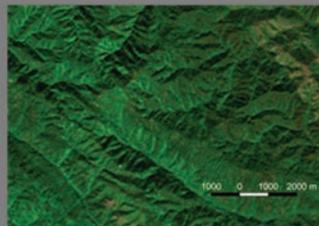
- Basado en QGIS, FMT se desarrolló para abordar las necesidades de los usuarios que necesitan determinar los efectos de pequeños incendios que están por debajo del umbral de área quemada de MTBS, o que no pueden esperar a que se publique una evaluación de MTBS.
- Recursos:
- Herramienta e instrucciones: <https://mtbs.gov/qgis-fire-mapping-tool>
  - ARSET- Técnicas para la Detección y el Monitoreo de Incendios Forestales: <https://appliedsciences.nasa.gov/join-mission/training/english/aset-techniques-wildfire-detection-and-monitoring>
- El Proceso de FMT:
  - Imágenes de Landsat solicitadas en <https://espa.cr.usgs.gov/>
  - Crea imágenes dNBR
  - Crea archivos de vector de enmascaramiento y perímetro de incendio (es decir, shapefiles)
  - Calcula el desplazamiento del RdNBR y posteriormente genera una imagen del RdNBR
  - Sugiere posibles umbrales de gravedad de quemaduras bajos, moderados y altos
  - Crea un producto de severidad de quema con umbral
  - Metadatos de salida



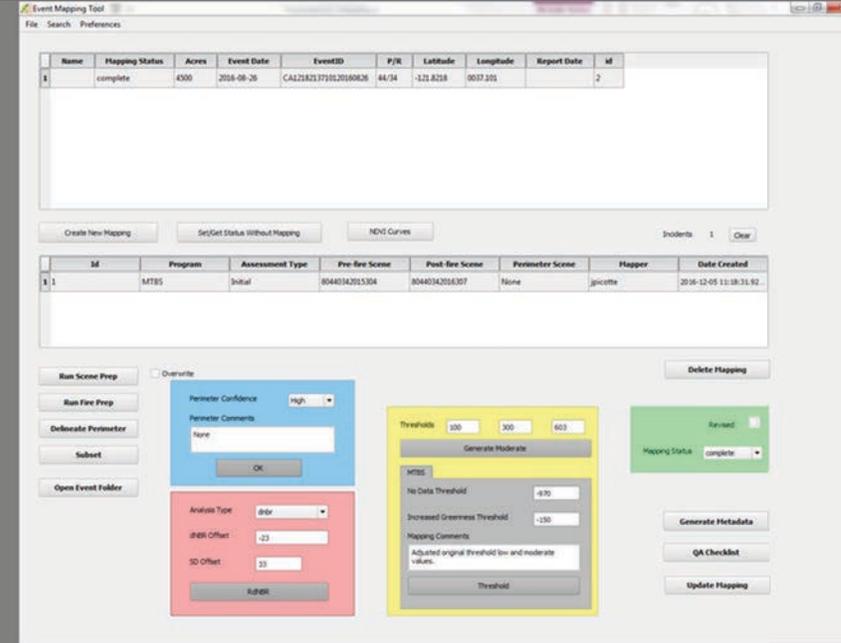
# FMT- Proceso para la Evaluación del Perímetro y la Severidad de Quema de un Incendio



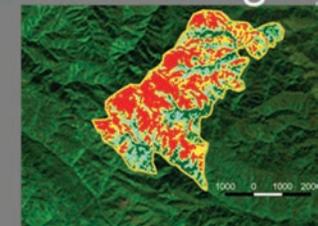
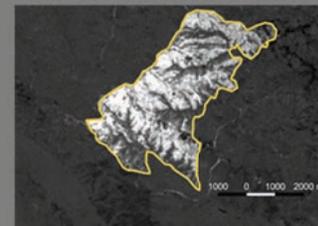
**Step 1:** Identify a fire using sensor detections or another data source



**Step 3:** Identify pre- (left) and post- (right) fire Landsat Scenes



**Step 2:** Use QGIS tool to enter fire information and order imagery



**Step 4:** Map fire perimeter and burn severity



# Global Wildfire Information System (GWIS): Área Quemada



- GWIS tiene una variedad de métricas de incendios disponibles, incluidos los productos de área quemada MODIS y el producto de área quemada en tiempo casi real de MODIS y VIIRS (que se muestra aquí)
- GWIS: [https://gwis.jrc.ec.europa.eu/apps/gwis\\_current\\_situation/index.html](https://gwis.jrc.ec.europa.eu/apps/gwis_current_situation/index.html)



Una vista ampliada sobre Zambia mostrando el área quemada de MODIS y VIIRS en tiempo casi real.

Fuente de la Imagen: [GWIS](https://gwis.jrc.ec.europa.eu/apps/gwis_current_situation/index.html)

NASA's Applied Remote Sensing Training Program





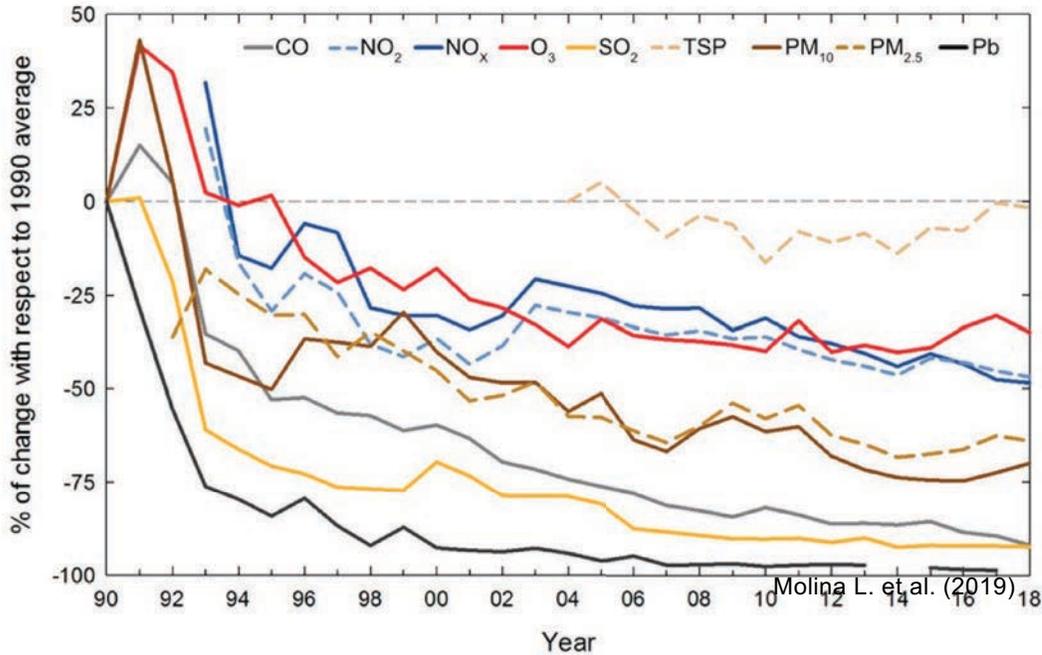
# Emisiones de Humo de la Quema de Biomasa en el Centro de México y su Impacto en la Calidad del Aire en la Ciudad de México

Blanca Rios, Bradford S. Barrett, Graciela B. Raga

Estudio de Caso de mayo 2019



# Episodios de Mala Calidad del Aire en la Ciudad de México: El Papel de las Condiciones Meteorológicas



## Variability of winter and summer surface ozone in Mexico City on the intraseasonal timescale

Bradford S. Barrett<sup>1,2</sup> and Graciela B. Raga<sup>1</sup>

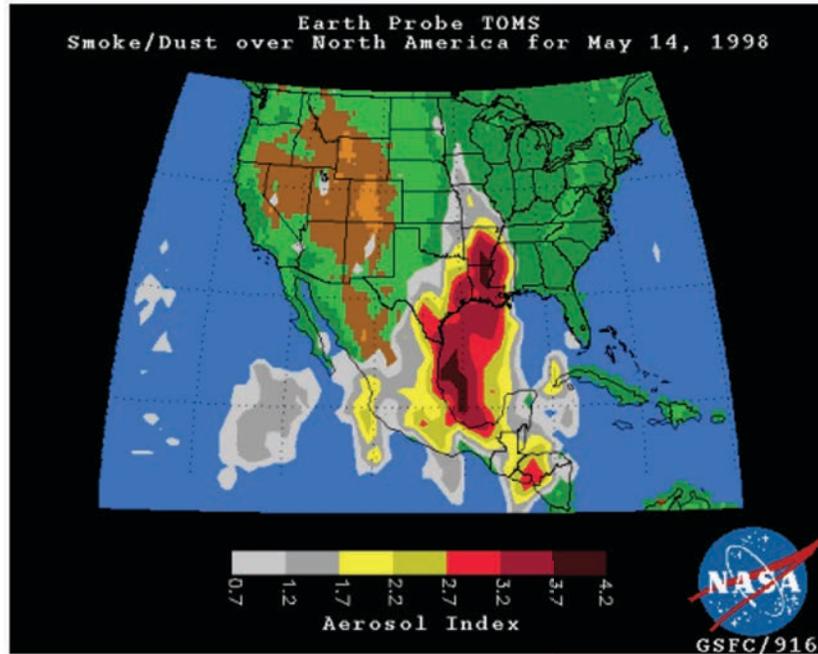
## Atmospheric blockages as trigger of environmental contingencies in Mexico City ☆

Rafael Silva-Quiroz<sup>a,b,\*</sup>, Ana Leonor Rivera<sup>b,c</sup>, Paulina Ordoñez<sup>d</sup>, Carlos Gay-Garcia<sup>a,d</sup>, Alejandro Frank<sup>b,c,l</sup>

- En los últimos 30 años, las concentraciones atmosféricas de Pb, SO<sub>2</sub> y CO se han reducido significativamente.
- Aunque las concentraciones de O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> también han disminuido, todavía están por encima de los estándares de calidad del aire.
- En la Ciudad de México, las condiciones meteorológicas específicas pueden provocar un rápido deterioro de la calidad del aire que es pobre para empezar.

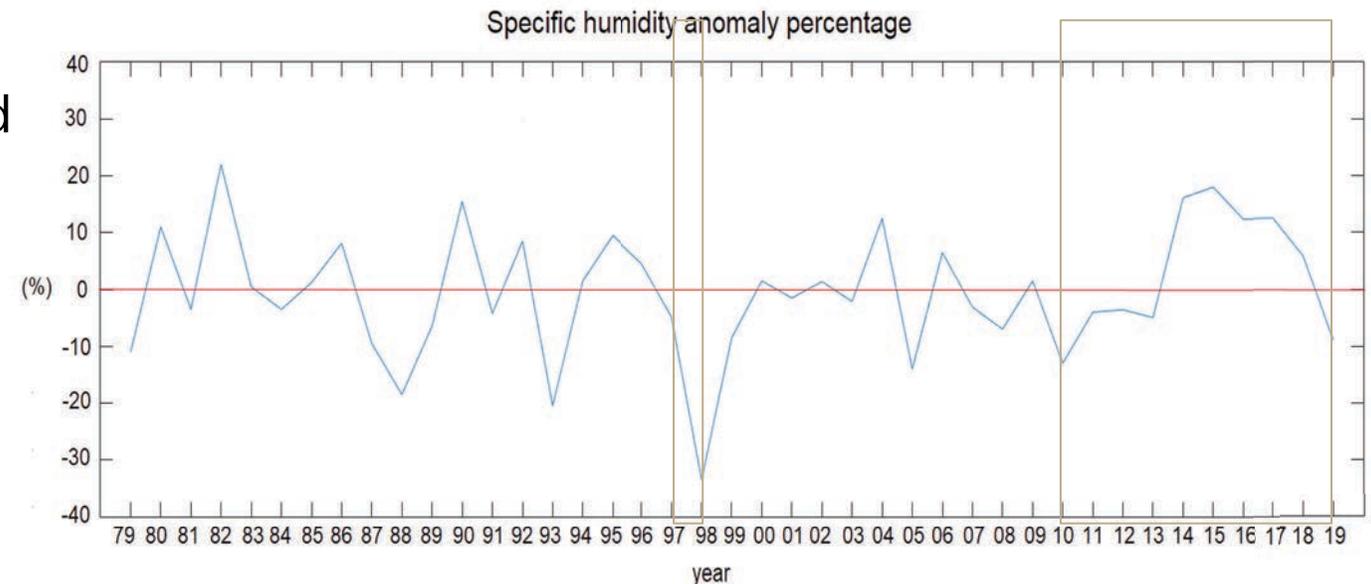


# El Impacto de los Incendios Regionales en la Calidad del Aire en la Ciudad de México

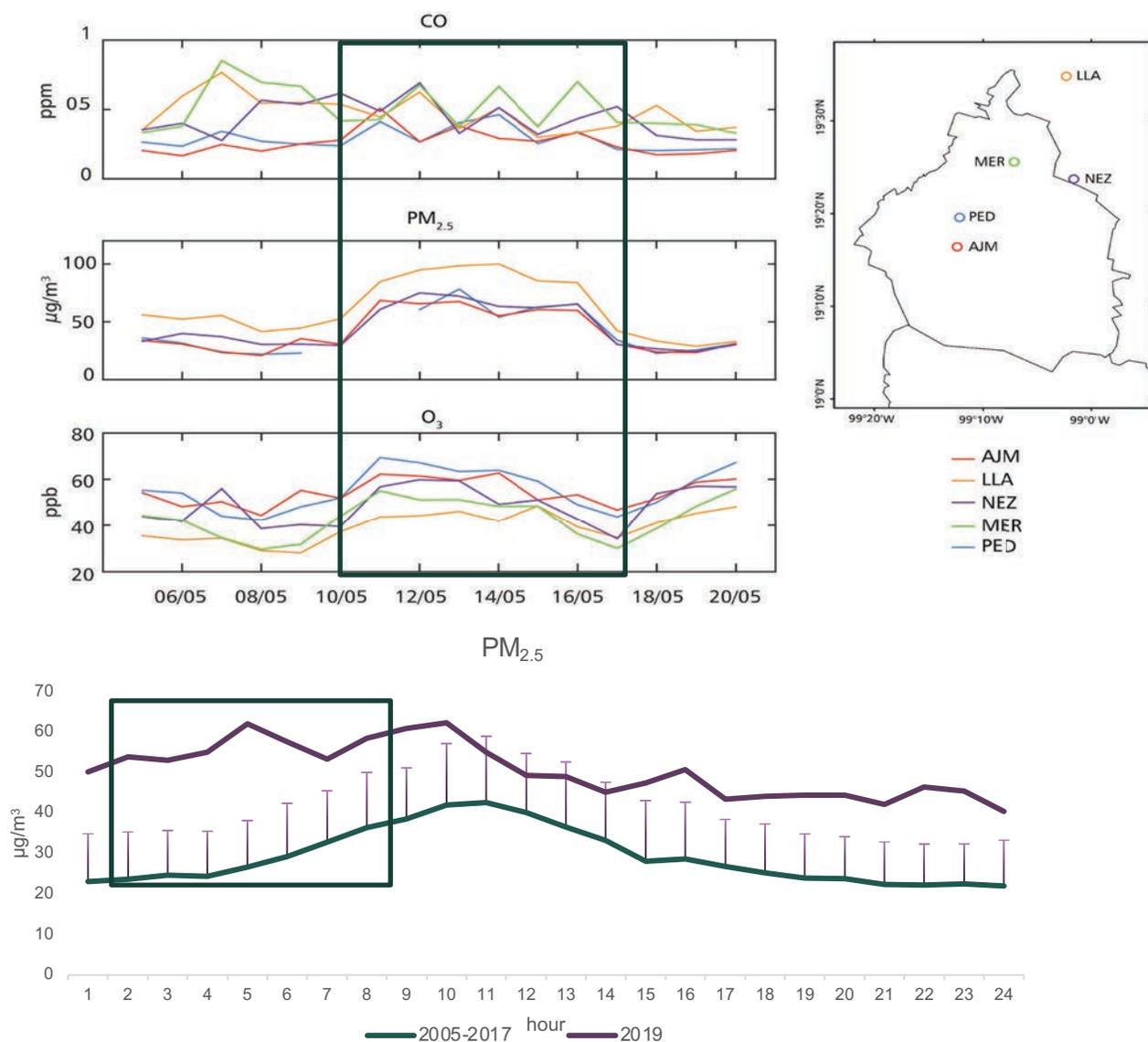


- En 1998, los incendios en México y Centroamérica no solo alcanzaron la Ciudad de México, sino que también afectaron los Llanos Centrales de los Estados Unidos.
- Varios estudios realizados en la campaña MILAGRO mostraron que la composición de partículas finas en la ciudad indicaba la presencia de marcadores químicos emitidos por incendios locales.

- Se calcularon anomalías de humedad específicas con datos ERA5 de los últimos 40 años y se detectó que 1998 fue el año más seco.
- Mientras que 2019 fue el año más seco de los últimos 10 años, aunque solo el 10%.

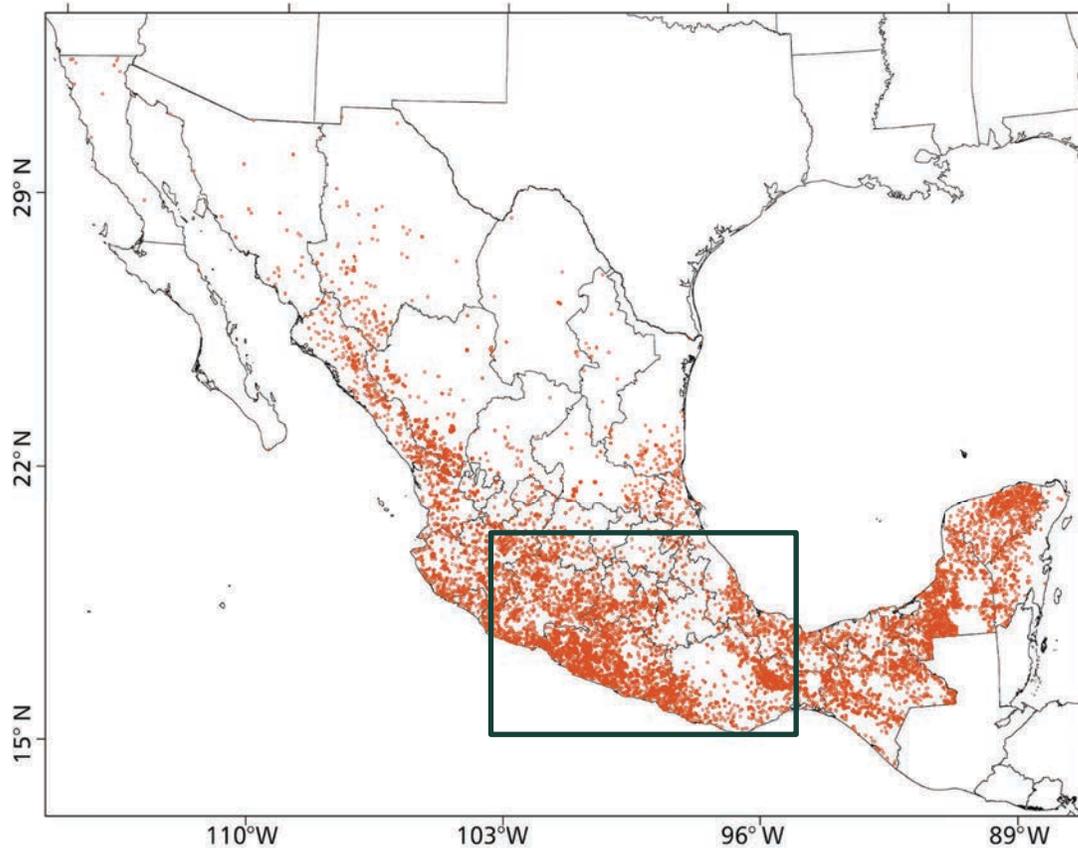


# Calidad del Aire en la Ciudad de México Durante Mayo de 2019



- Del 10 al 17 de mayo, la Ciudad de México experimentó un episodio de calidad del aire muy grave, que se puede ver en estos gráficos que muestran las concentraciones promedio diarias de CO, PM<sub>2.5</sub> y O<sub>3</sub> en cinco estaciones de RAMA.
- Se observa un aumento en las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> y O<sub>3</sub> durante esos días.
- Las concentraciones de partículas finas aumentaron en toda la ciudad y durante la noche, lo que no es el caso en condiciones urbanas normales.



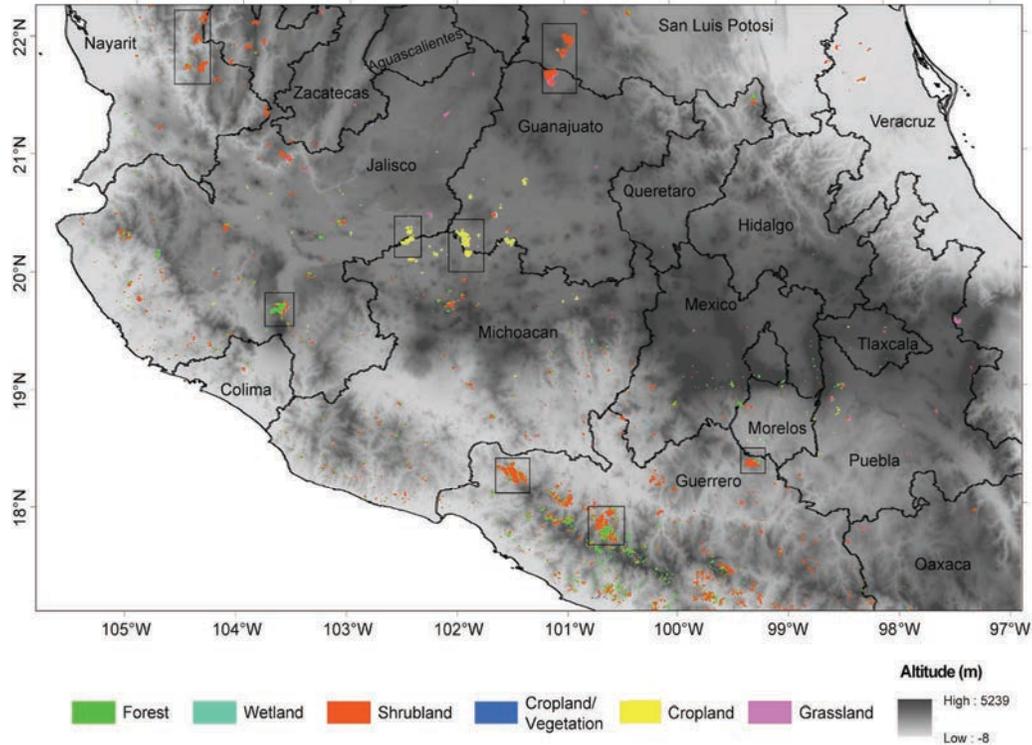


- Los incendios del 10 al 17 de mayo se muestran en este mapa. Los datos se obtuvieron del producto VIIRS I-Band 375 m Active Fire.
- Se observan muchos incendios en los estados del centro-occidente de México, cuyas emisiones podrían advectarse hacia la Ciudad de México y empeorar la calidad del aire.

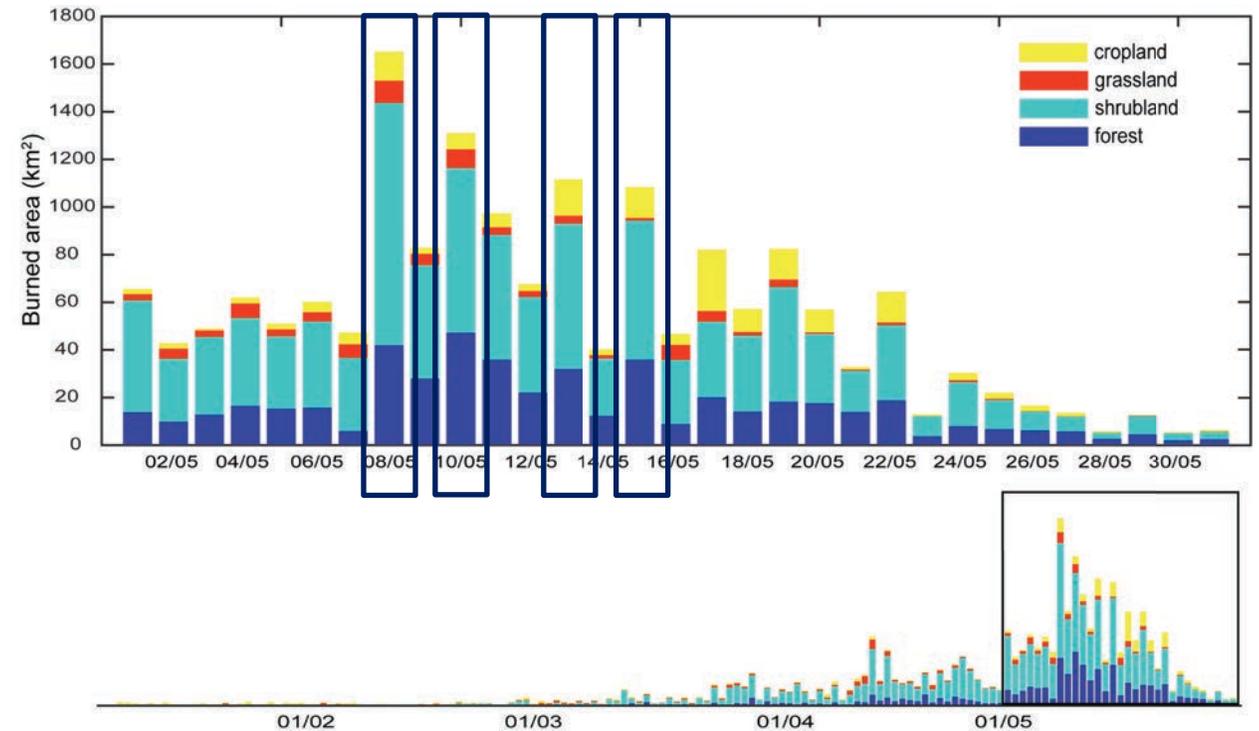
“ La motivación de este estudio es conocer más sobre las condiciones meteorológicas y las emisiones de contaminantes que se combinaron para dar como resultado el episodio de calidad del aire extremadamente pobre experimentado en la Ciudad de México en mayo de 2019. En particular, el objetivo es identificar las fuentes de la contaminación regional, el tipo de combustible quemado en los incendios y los patrones de transporte predominantes. ”



# Resultados: Área Quemada en las Coberturas Terrestres Principales



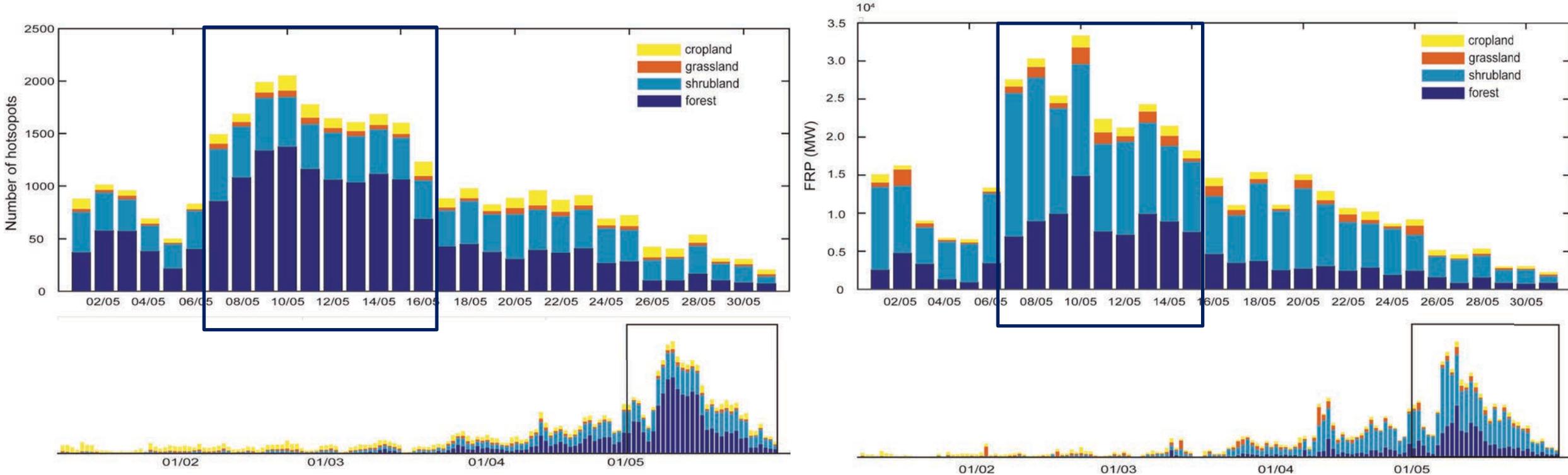
- Este mapa ilustra la distribución espacial del área quemada por cobertura terrestre en la región de estudio para mayo de 2019. Se utilizaron los productos MODIS MCD64A1 y MCD12Q1.



- Este gráfico muestra el área diaria quemada por cobertura terrestre dentro de la región de estudio de enero a mayo, con un enfoque en mayo. Los datos se obtuvieron de los productos MCD64A1 y MCD12Q1.



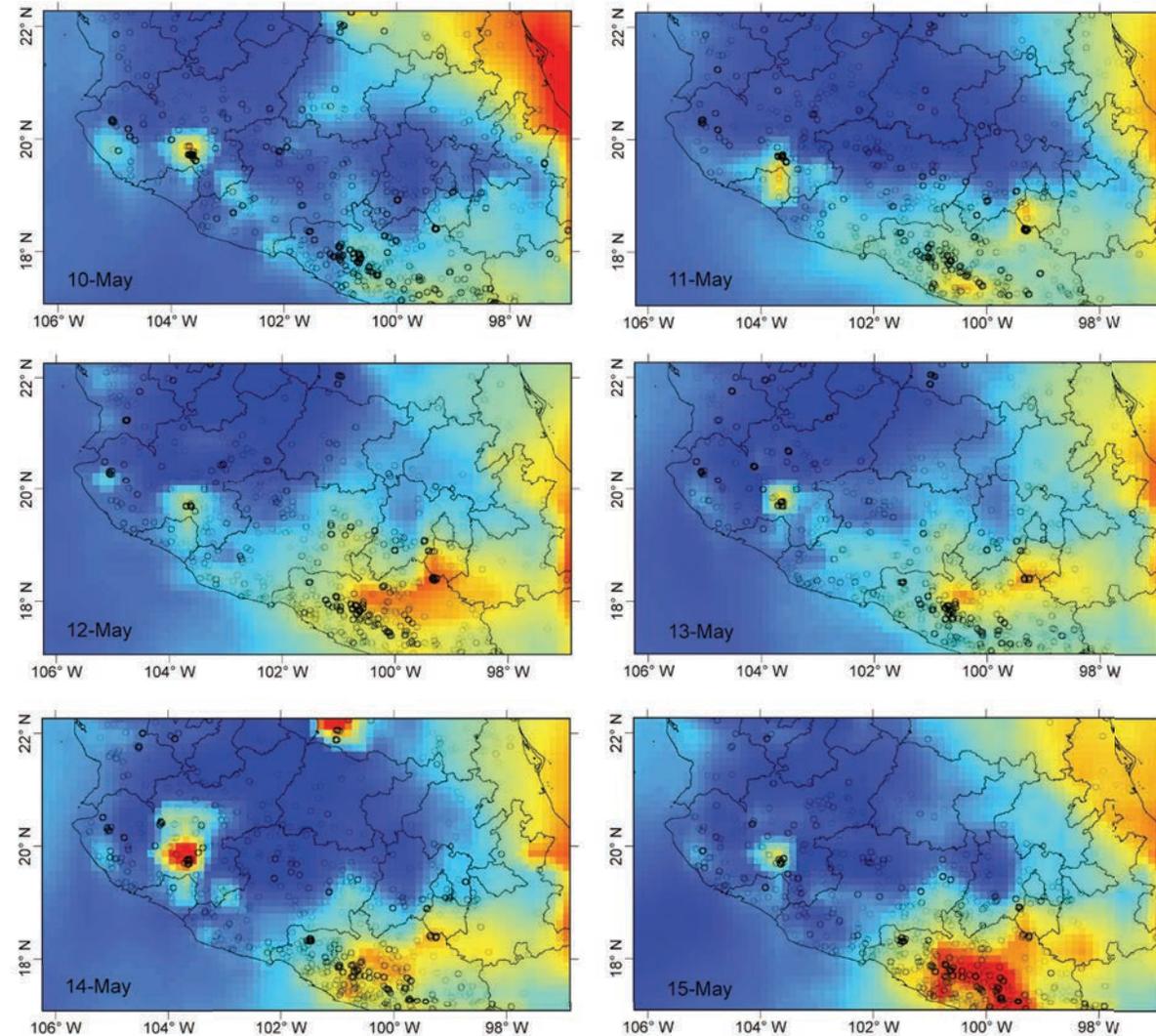
# Puntos Calientes y FRP en las Coberturas Terrestres Principales



- Estos gráficos muestran el número de puntos calientes y la FRP detectados por VIIRS I-Band 375m Active Fire de enero a mayo de 2019.
- El 40% de los incendios se detectaron dentro de los bosques y el 30% en los arbustos. Sin embargo, las quemadas más intensas se detectaron en matorrales (shrublands).

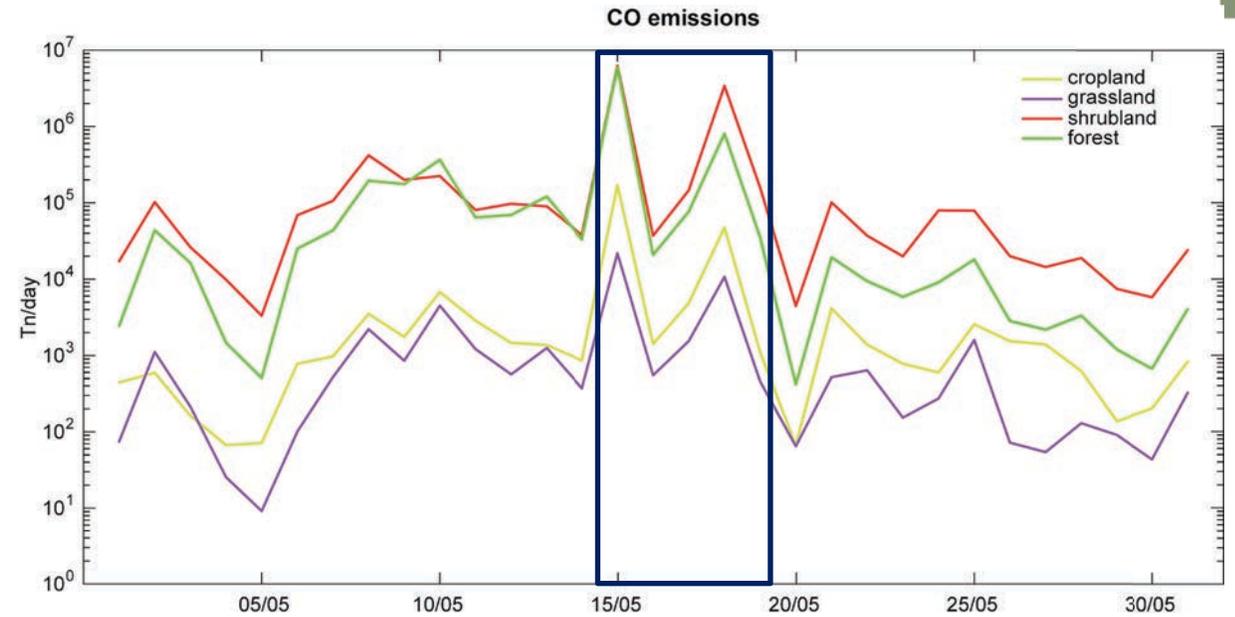


# Emisiones por Incendios



Hotspot ○ CO concentration (kg m<sup>-2</sup>)

3.18E-3 5.58E-4

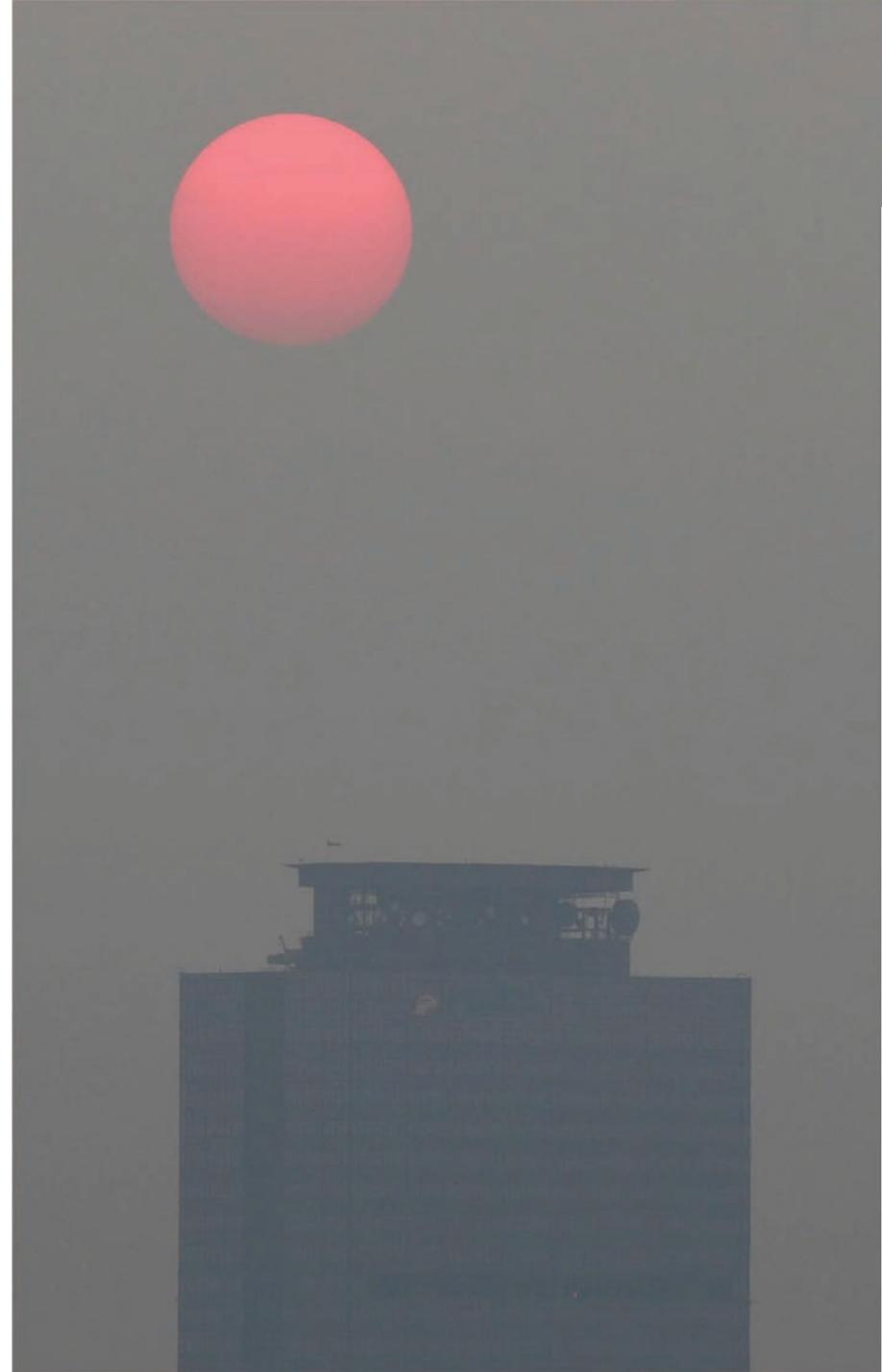


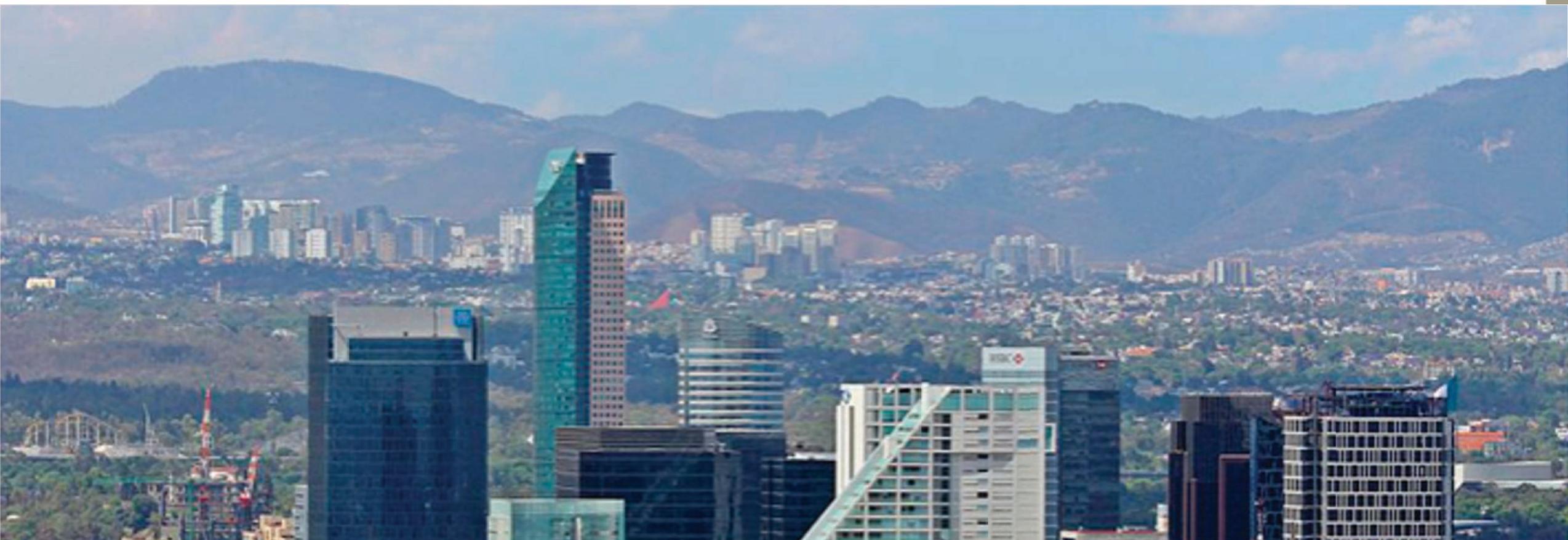
- Los mapas muestran los puntos calientes detectados por VIIRS y la concentración de CO estimada por CAMS.
- El gráfico representa las emisiones diarias de CO de las quemaduras en mayo de las principales clases de cobertura terrestre de la región de estudio.



# Conclusiones Preliminares

- Aunque todavía necesitamos realizar otros análisis meteorológicos, la evidencia indica que las emisiones de la quema de biomasa en Guerrero, Michoacán y el Estado de México afectaron la calidad del aire en la Ciudad de México durante mayo de 2019. Las trayectorias inversas resaltan el potencial para el transporte regional de humo de los estados vecinos





¡Gracias!



# ARSET- Miembros del Equipo



Ana Prados  
Program Lead



David Barbato  
Spanish Translator



Zach Bengtsson  
Instructor



Brock Blevins  
Training Coordinator



Annelise Carleton-Hug  
Program Evaluator



Melanie Follette-Cook  
Instructor



Pawan Gupta  
Lead Instructor



Selwyn Hudson-Odoi  
Training Coordinator



Marines Martins  
Project Support



Sean McCartney  
Instructor



Amber McCullum  
Lead Instructor



Amita Mehta  
Lead Instructor



Jonathan O'Brien  
Technical Writer/Editor



Erika Podest  
Lead Instructor



Juan Torres-Pérez  
Instructor



Robert Field  
Guest Speaker



Eli Orland  
Guest Speaker



Blanca Rios  
Guest Speaker

# Contactos

- Instructores:

- Juan Torres-Pérez: [juan.l.torresperez@nasa.gov](mailto:juan.l.torresperez@nasa.gov)
- Zach Bengtsson: [bengtsson@baeri.org](mailto:bengtsson@baeri.org)
- Amber McCullum: [amberjean.mccullum@nasa.gov](mailto:amberjean.mccullum@nasa.gov)

Síguenos en Twitter  
[@NASAARSET](https://twitter.com/NASAARSET)

- Página Web del Webinar:

- <https://appliedsciences.nasa.gov/join-mission/training/english/arset-satellite-observations-and-tools-fire-risk-detection-and>

- Página Web de ARSET:

- <https://appliedsciences.nasa.gov/what-we-do/capacity-building/arset>





¡Gracias!

