



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

Zach Bengtsson, Juan Torres-Pérez y Amber McCullum



La Vegetación desde la Perspectiva de la Ciencia del Fuego

- Esta sesión tratará la vegetación como combustible para la ignición, propagación e intensidad de incendios.
- Cualquier cosa que se pueda quemar es combustible para un incendio. Durante un incendio forestal, todo tipo de material vegetal puede servir de combustible, incluyendo hierba, arbustos, árboles, hojas secas y agujas de pino caídas.
- La evaluación de la vegetación en la etapa pre-incendio nos da información sobre la disponibilidad y condición de combustibles para incendios.



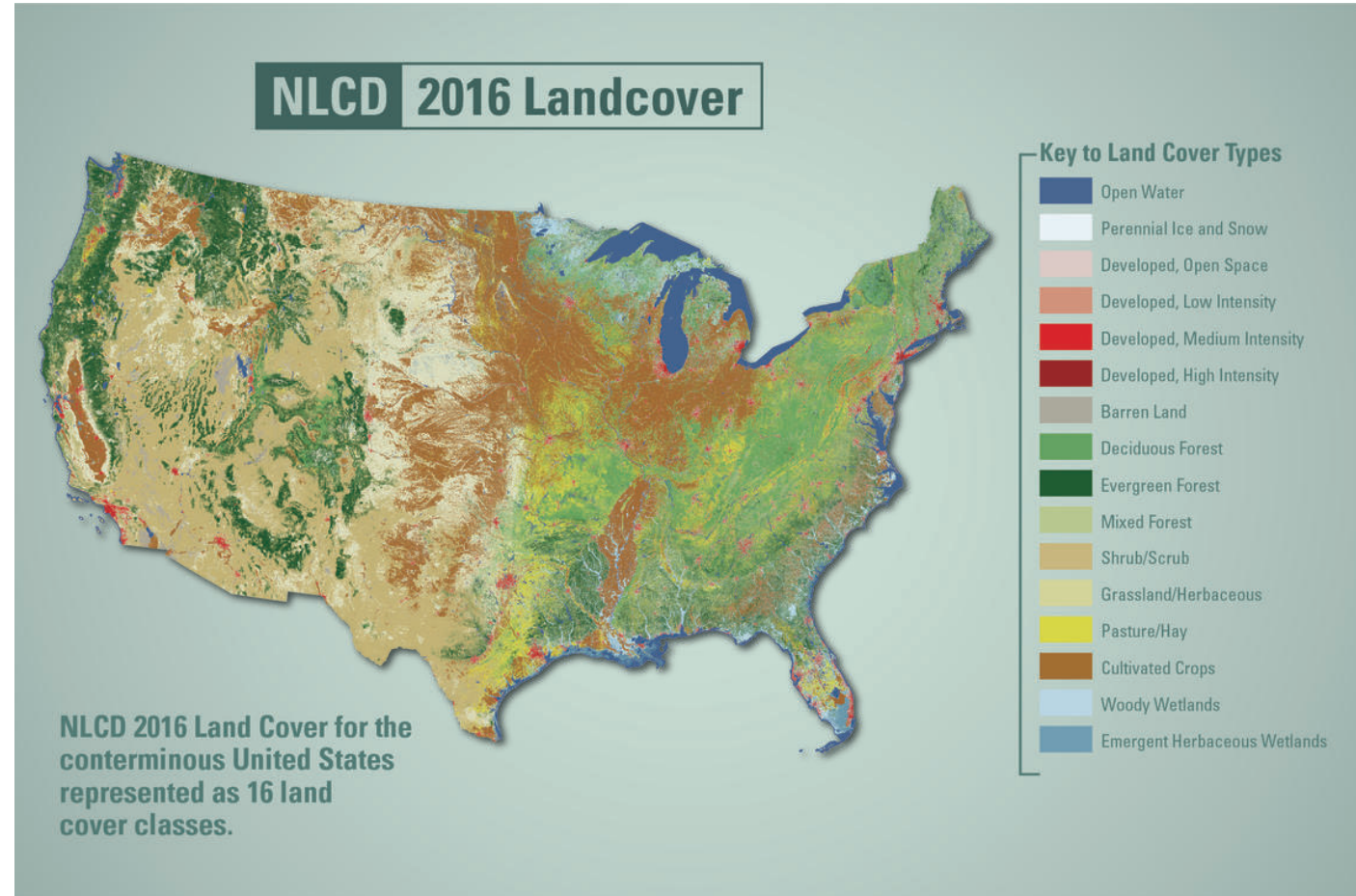
Combustibles vegetales quemándose en un incendio forestal en Montana.

Fuente de la Imagen: [USGS](#), USFS, John McColgan



Mapeo y Monitoreo de Combustibles a Nivel del Pasaje

- Los productos de datos de teledetección nos dan la oportunidad de analizar métricas como la salud, extensión, humedad y densidad de la vegetación, todas las cuales influyen en la ignición y el comportamiento de los incendios.
- La cobertura terrestre y los índices de vegetación son una forma de identificar y evaluar combustibles de incendios a nivel del paisaje.
- Esta información brinda una entrada basada en el combustible para la evaluación del peligro de incendios.



Las clasificaciones de la cobertura terrestre, como la National Land Cover Database, pueden brindar información sobre los tipos de combustible y su ubicación.

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



Esquema de la Sesión

- El papel de la evaluación de la vegetación en el mapeo del peligro de incendios
- Mapeo y monitoreo de factores relevantes al peligro de incendios
 - Vegetación
 - Tipo y extensión
 - Etapa y salud
 - Humedad
 - Estructura
 - Topografía
- Satélites y sensores para aplicaciones para incendios de vegetación
- Herramientas para el monitoreo pre-incendio
- Repaso del caso de estudio de California

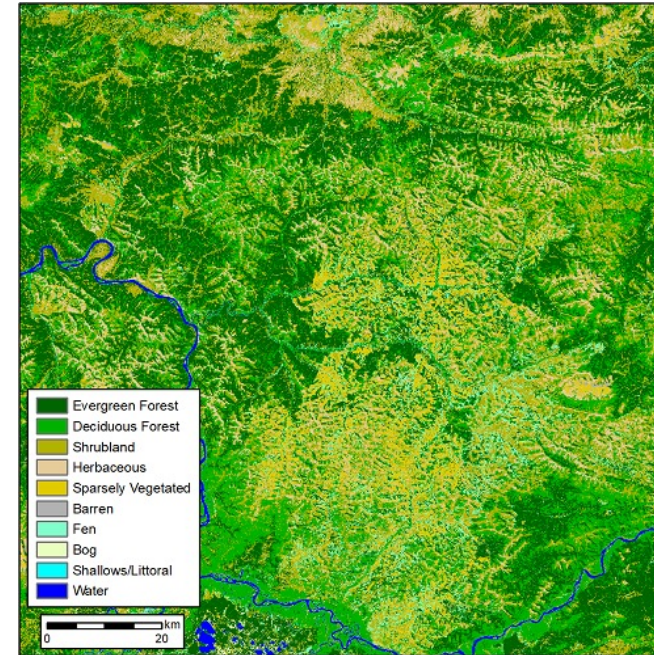




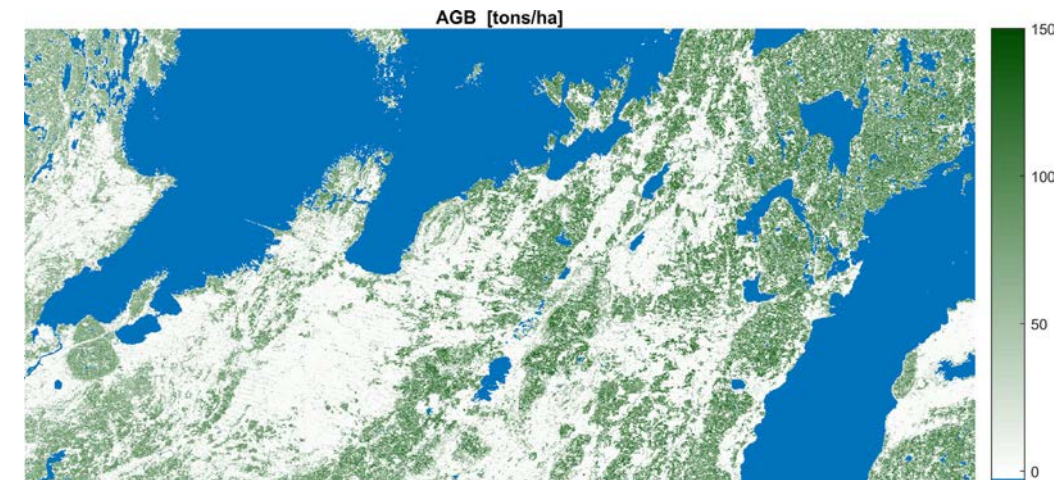
Mapeo del Peligro de Incendios

Terminología

- Combustibles: Características físicas de la biomasa viva y muerta que contribuyen a la propagación, intensidad y severidad de los incendios en áreas silvestres.
 - Carga (peso por unidad de área), tamaño (diámetro de las partículas) y densidad aparente (peso por unidad de volumen)
- Tipos de Combustible: “Una asociación identificable de elementos combustibles de distintas especies, formas, tamaños, arreglos y continuidad que exhibirán un comportamiento de incendio característico bajo condiciones de quema definidas” (Merrill y Alexander, 1987).



Clasificación de tipos de vegetación usando datos Landsat en Alaska. Fuente de la Imagen: [NASA ABoVE](#)



Biomasa forestal medida por Sentinel-1 de Copérnico. Fuente de la Imagen: [ESA](#)



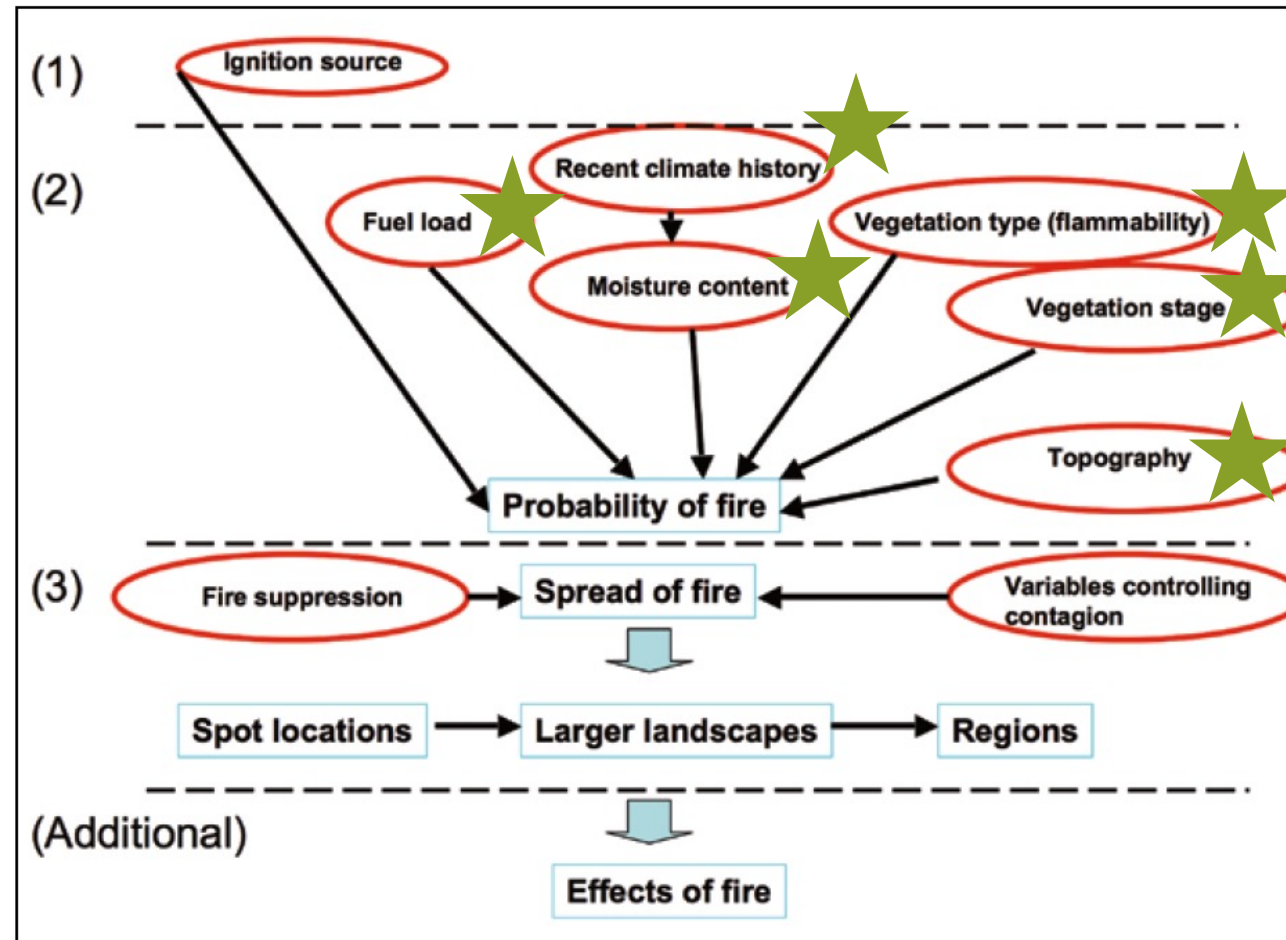
Terminología

- Peligro de Incendios: La probabilidad de que comience a arder un incendio en cierta área. Se determina recopilando factores relevantes que influyen en el encendido y comportamiento de los incendios.
- Régimen de Incendio: Variabilidad temporal en las características físicas y efectos subsiguientes de un incendio forestal. Los regímenes de incendio normalmente se definen en términos de frecuencia, severidad, magnitud y patrón de incendios. Un régimen de incendio es una descripción general del papel del fuego para un área o ecosistema específico; se refiere a la “naturaleza de los incendios ocurriendo a lo largo de un período de tiempo extendido.”
- Modelo de Incendio: Relaciones matemáticas que describen las posibles características de un incendio.
- Modelos de Combustible: Conjuntos de parámetros requeridos por el modelo de incendio asociado.
 - Los modelos de incendio son ecuaciones y los modelos de combustible son listas de números que describen los tipos de combustible según el modelo de incendio requiera.



Marco para el Mapeo del Peligro de Incendios

★ Donde los datos de teledetección se pueden usar de manera independiente o con observaciones a nivel del suelo



Cálculo del peligro de incendios. Hay tres aspectos para predecir un incendio: (1) la probabilidad de ignición; (2) las influencias biofísicas del fuego, así como la carga de combustible, el contenido de humedad, la inflamabilidad de la vegetación y la topografía; y (3) la propagación del fuego una vez que se establece.

Fuente de la Imagen: [Weinstein y Woodbury, USFS](#)

- Es un desafío producir mapas del peligro de incendios comprensivos debido a los muchos factores que influyen en la probabilidad de incendios



Contribuciones de la Vegetación al Mapeo del Riesgo de Incendios

- Los datos de teledetección pueden ayudar con la estimación de las influencias biofísicas sobre los incendios.
- En esta capacitación, exploraremos temas relacionados con la carga de combustible, tipos de vegetación y topografía.
- Los parámetros cubiertos pueden servir de entradas a modelos de incendios y evaluaciones del riesgo para incorporar la influencia de combustibles y la topografía en la probabilidad y el comportamiento de incendios.



Fuente de la Imagen: [USFS](https://www.fs.fed.us/research/data/archive)





Mapeo y Monitoreo del Paisaje

Monitoreo del Paisaje



Tipo y Extensión de Vegetación

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



Etapas y Salud de la Vegetación

- Fenología
- Índices de Salud de la Vegetación



Contenido de Humedad de la Vegetación

- Índices de Humedad
- Mediciones de Radar



Estructura de la Vegetación

- Densidad
- Altura



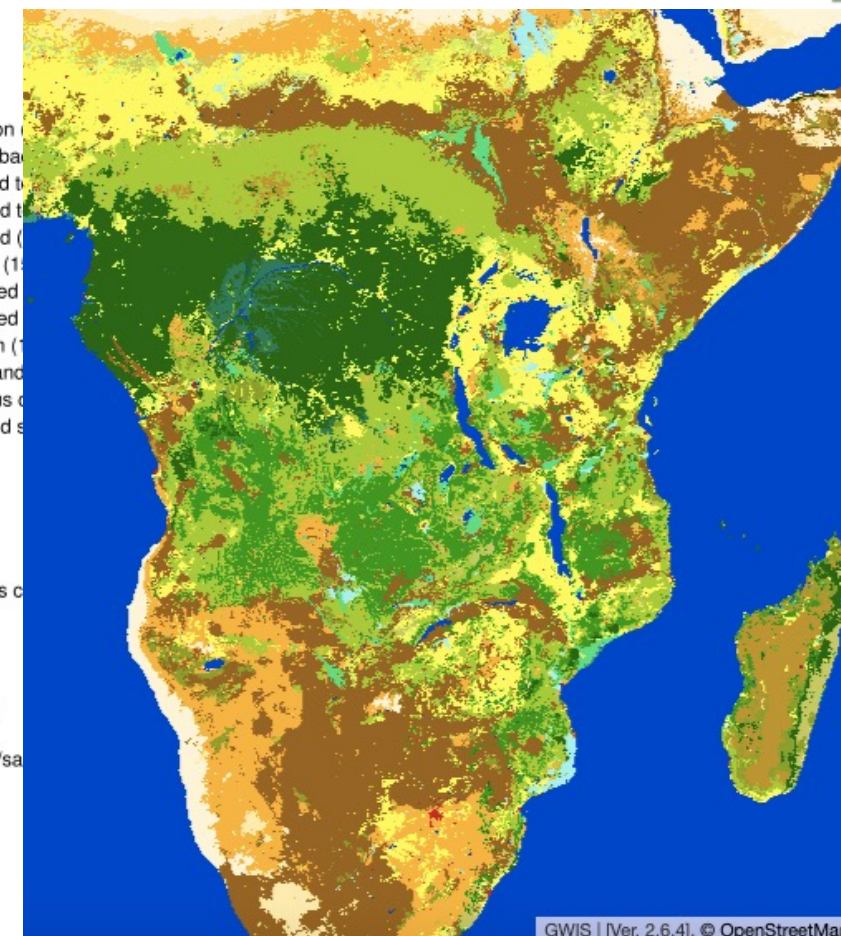
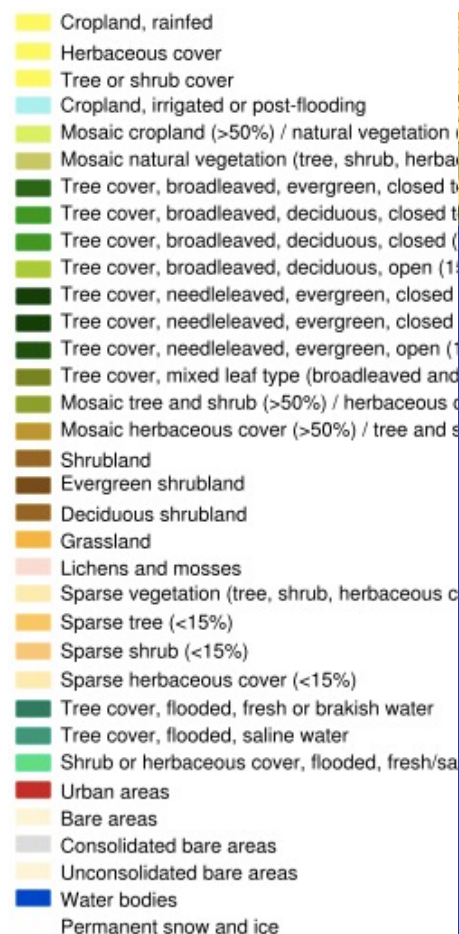
- Topografía
 - Aspecto
 - Pendiente



Clasificación de la Cobertura Terrestre



- La agrupación de píxeles espectralmente similares en imágenes de teledetección en base a la clase de cobertura terrestre (bosque, matorral, agricultura etc.)
- El comportamiento del combustible varía según la clase de vegetación.
 - Ejemplo: Los bosques contienen más biomasa para sostener la quema, pero la vegetación en los matorrales a menudo se enciende con más facilidad.
- La clasificación de un paisaje diferencia entre los tipos de combustible y mapea sus extensiones espaciales.
- Capacitaciones de ARSET
 - [Clasificación de la Cobertura Terrestre](#)
 - [Mapeo y Monitoreo del Bosque con Datos SAR](#)



Global Wildfire Information System (GWIS)- capa de la clasificación de la cobertura terrestre para África subsahariana.

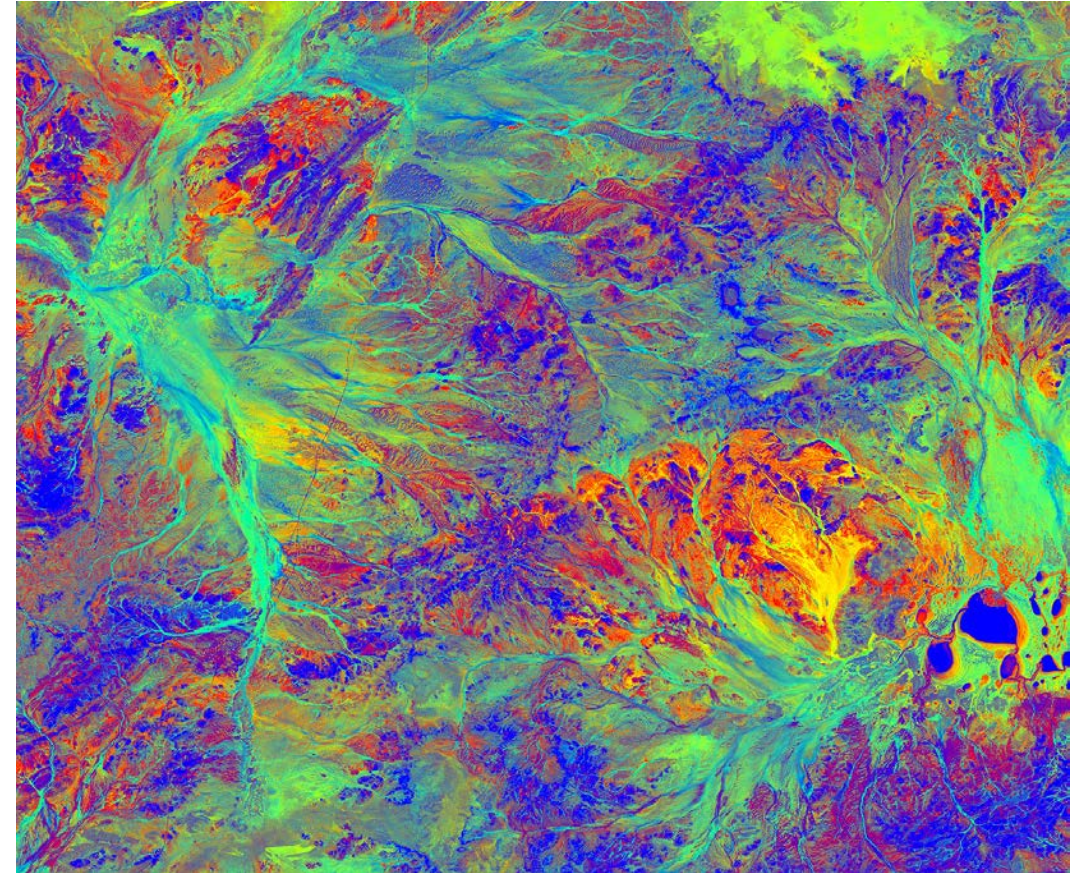
Fuente de la Imagen: [GWIS](#)



Cobertura Fraccional (FC)



- Estimación de la proporción de un área que está cubierta por cada miembro de un conjunto predefinido de tipos de vegetación o cobertura terrestre.
- Se calcula a partir de una clasificación de la cobertura terrestre
- Brinda estimaciones de tipos de combustible vegetal a nivel regional o nacional
- Es útil para la agregación de tipos de combustible con una potencialidad de quema similar.



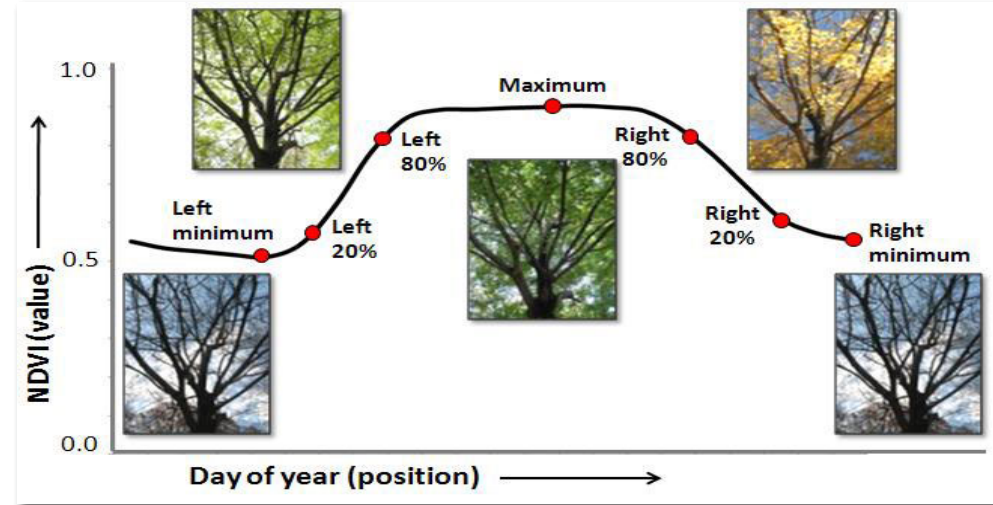
Cobertura Fraccional (FC) de Australia: Verde (hojas, hierba y cultivos en crecimiento), café (ramas, hierba seca o paja, y hojarasca de hojas muertas) y suelo desnudo (suelo o roca).

Fuente de la Imagen: [Digital Earth Australia](https://digital.earth.australia.gov.au/)



Etapa y Salud de la Vegetación

- La vegetación insalubre tiene un mayor porcentaje de ramas y hojas muertas, las cuales sirven de combustible de ignición más fácil para los incendios. La etapa de la vegetación también dicta la cantidad y los tipos de combustible disponibles para los incendios.
- Etapa de Vegetación – Fenología de la Superficie Terrestre (LSP):
 - El uso de satélites y sensores para rastrear patrones de variación estacional en las superficies con vegetación
 - [ARSET Phenology Training](#)
- Monitoreo del Estado y la Salud – Índices:
 - NDVI - Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada por sus siglas en inglés
 - Anomalías del NDVI
 - EVI - Índice de Vegetación Mejorado
 - SAVI - Índice de Vegetación Ajustado al Suelo



Imágenes del NDVI para Norteamérica en Invierno y Verano.



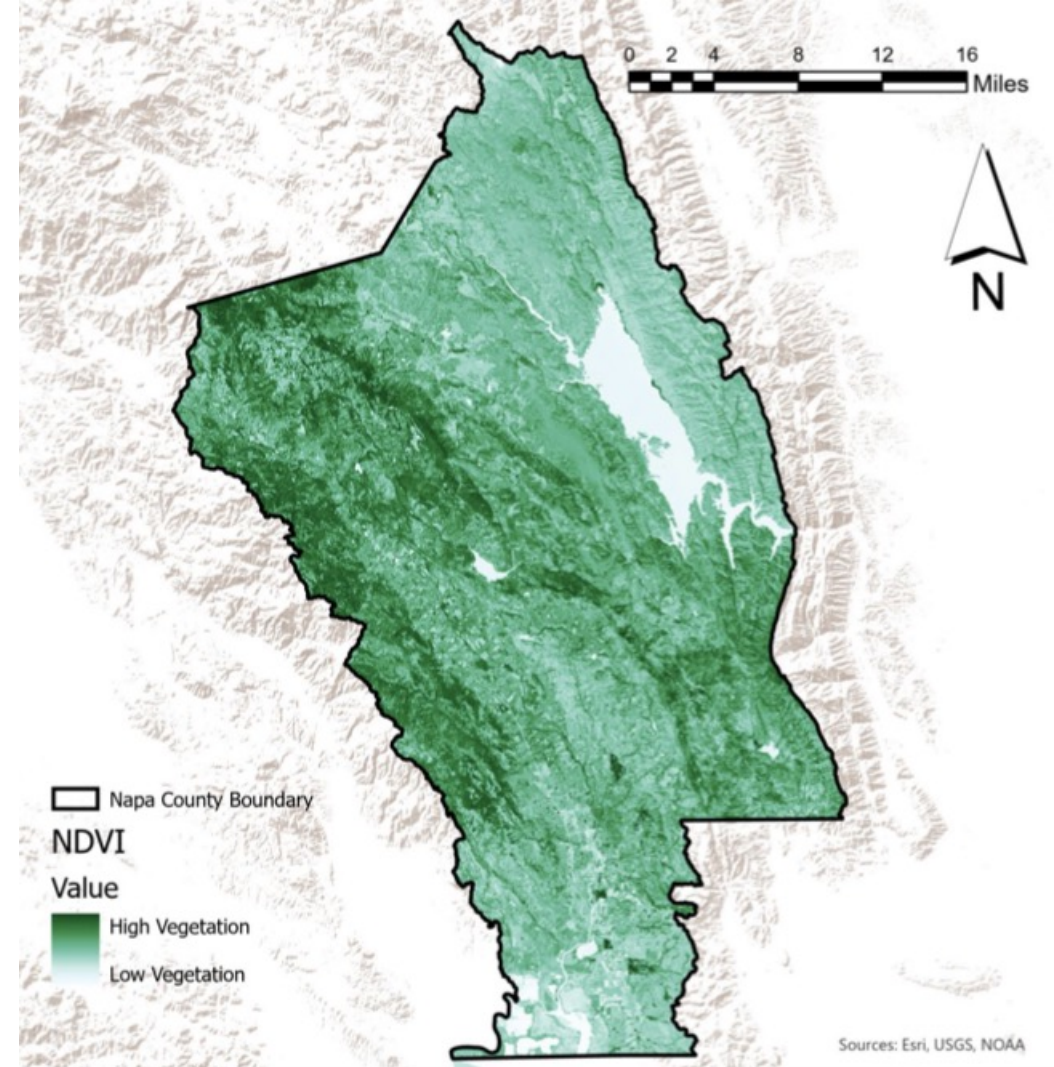
Fuente de las Imágenes:
Montana Space Grant Consortium



Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada-(NDVI)



- El uso del NDVI como métrica para la salud y fenología de la vegetación es ampliamente difundido.
- Es una medida del verdor de la vegetación.
- Valores varían del -1.0 al 1.0
 - Valores negativos hasta 0 significan que no hay hojas verdes.
 - Valores cerca de 1 indican la mayor densidad posible de hojas verdes.
- Fórmula del NDVI:
$$\frac{\text{Infrarrojo Cercano} - \text{Rojo}}{\text{Infrarrojo Cercano} + \text{Rojo}}$$



NDVI en el Condado de Napa California, EE.UU.
el 8 de julio de 2020.



Otros Índices de Vegetación



Enhanced Vegetation Index* (EVI)

$$EVI = G * \left(\frac{(NIR - R)}{(NIR + C1 * R - C2 * B + L)} \right)$$

Constants
 $G = 2.5$
 $C1 = 6$
 $C2 = 7.5$
 $L = 1$

- Se puede utilizar en vez del NDVI para examinar el verdor de la vegetación
 - Es más sensible en áreas de vegetación densa, lo que lo hace mejor para la evaluación de combustible en los bosques densos
- Corrige el trasfondo del dosel y algunas condiciones atmosféricas

*Índice de Vegetación Mejorado

Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)

$$SAVI = \left(\frac{(NIR - R)}{(NIR + R + L)} \right) \times (1 + L)$$

- Se utiliza para corregir la influencia del brillo del suelo en el NDVI en áreas con poca cobertura vegetal
 - Es un mejor índice para áreas de vegetación escasa y un alto porcentaje de cobertura de suelo desnudo
- Contiene un factor de corrección del brillo del suelo (L)

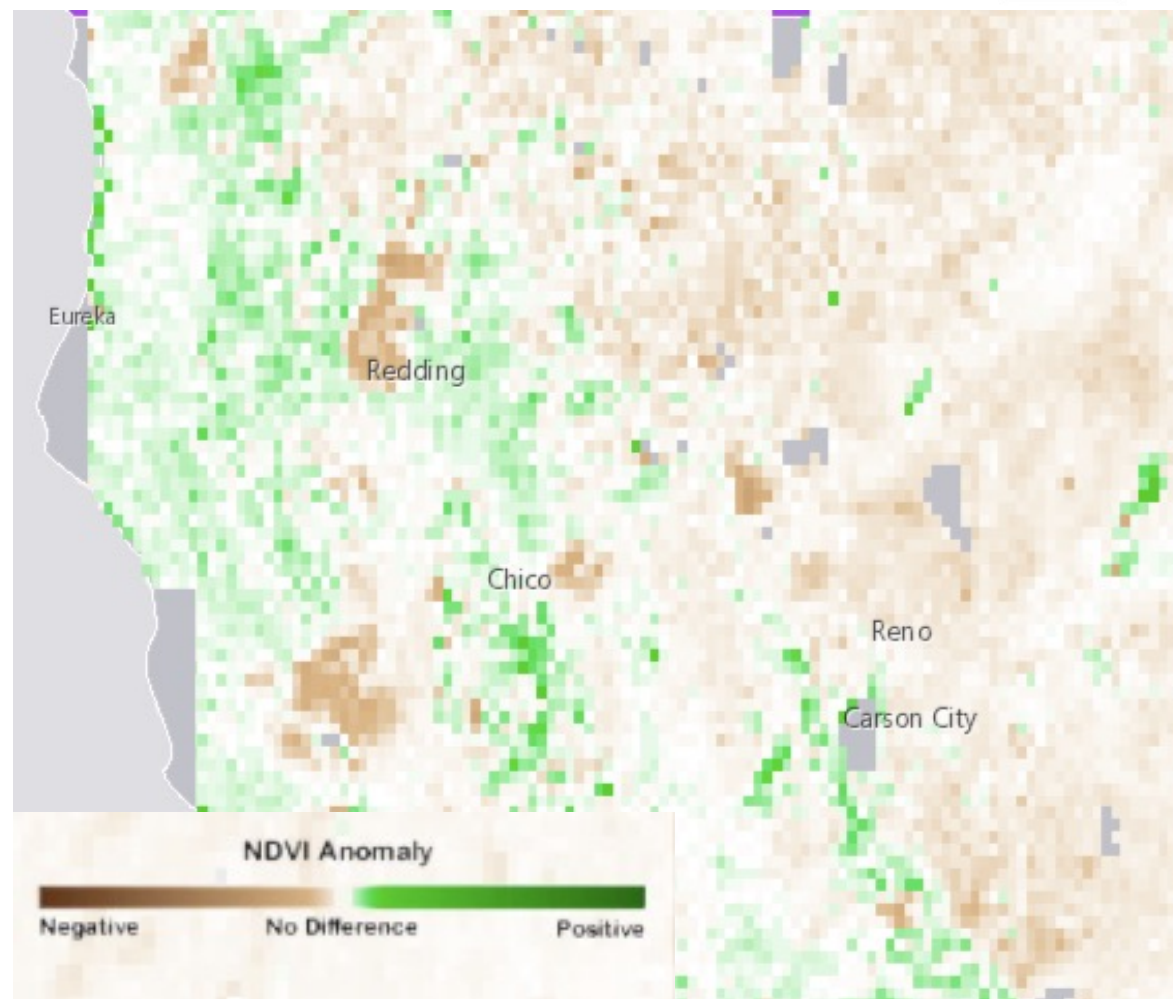
*Índice de Vegetación Ajustado al Suelo



Anomalías de los Índices de Vegetación



- Las anomalías son una desviación de un índice de vegetación de la media a largo plazo y se generan restando la media a largo plazo al valor actual para ese mes del año para cada celda en la cuadrícula.
- Estas desviaciones pueden indicar cambios en la salud de la vegetación (debido a sequías, temperaturas altas etc.).



Producto VIIRS de anomalías del NDVI para el 3 de julio de 2020 mostrando anomalías negativas en el norte de California antes de los incendios en agosto, indicando posibles impactos en la vegetación debido a la sequedad y temperaturas altas.

Fuente de la Imagen: [Crop Monitor](#)



Humedad de la Vegetación



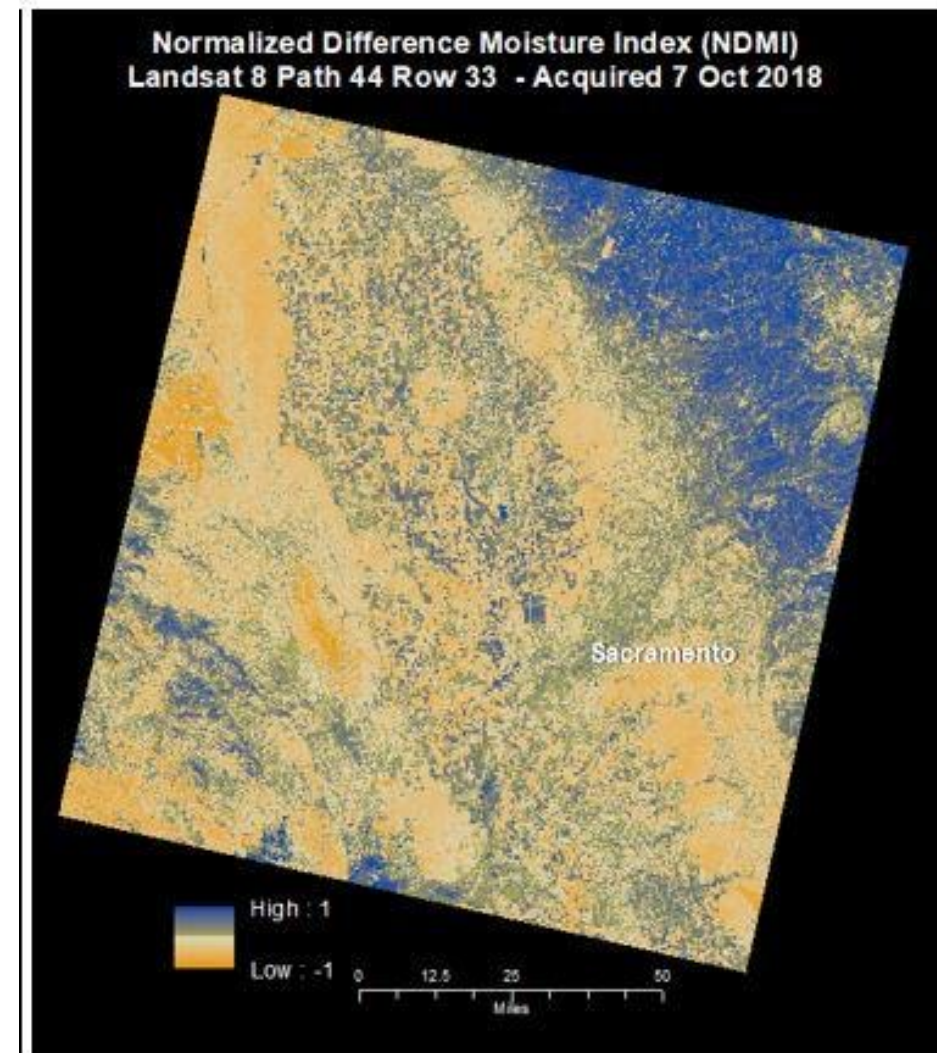
- La vegetación con un bajo grado de humedad (combustible más seco) es más susceptible a la ignición y a contribuir al combustible para la propagación de un incendio. La vegetación seca también puede influir en el contenido húmedo del ambiente circundante.
- Estimación de la humedad del combustible vivo:
 - Medición absoluta del contenido hídrico de las plantas a través del Contenido de Humedad del Combustible (Fuel Moisture Content o FMC)
 - FMC: La relación entre el contenido hídrico foliar y el contenido de materia seca foliar
 - También se cuantifica indirectamente mediante la Evapotranspiración (ET)
- Índices de Vegetación:
 - Normalized Difference Water Index (NDWI), Normalized Dry Matter Index (NDMI), Evaporative Stress Index (ESI)
- Teledetección con radar de la humedad de la vegetación



Normalized Difference Water Index (NDWI)



- Mide el contenido húmedo de la vegetación
 - También se llama el índice de “humedad”
- Se utiliza frecuentemente en el monitoreo de sequías e incendios forestales
 - Detecta cambios más sutiles en la humedad de la vegetación
 - Sirve para evaluar el Live Fuel Moisture (LFM) (humedad del combustible vivo)
- $NDWI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$



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

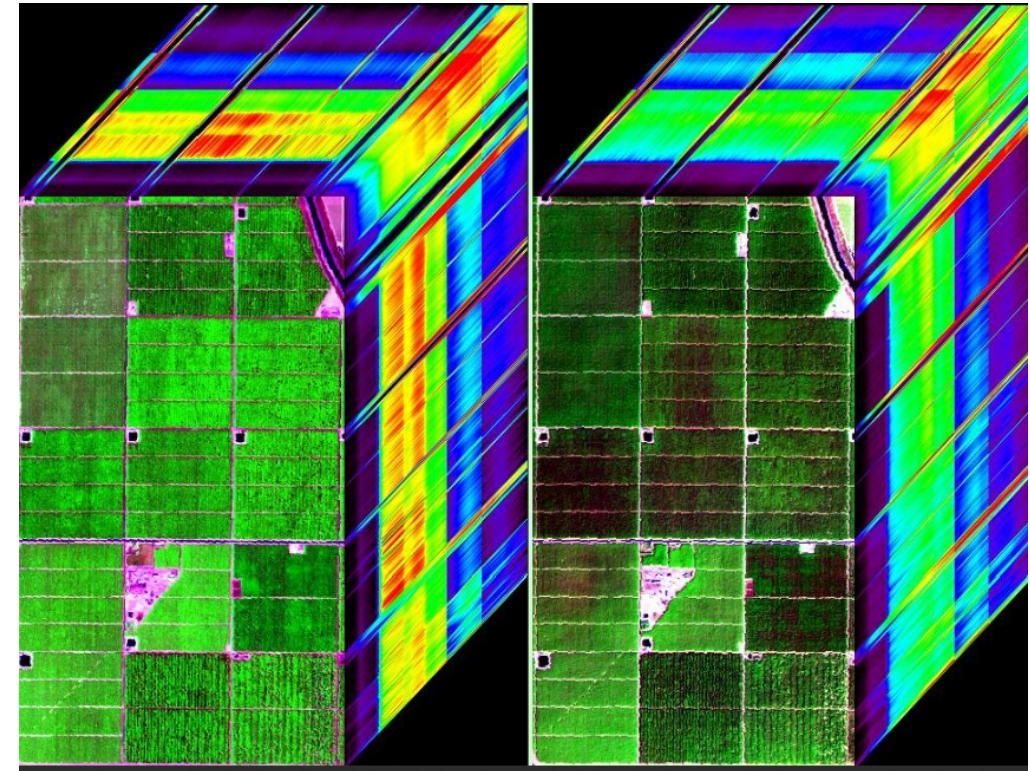


Normalized Dry Matter Index (NDMI)



- Evalúa el contenido de materia seca de posibles combustibles; puede ayudar en la evaluación del contenido húmedo del combustible
- Es derivado de la relación entre la reflectancia espectral y el contenido de material seco de hojas frescas de una gran variedad de especies.
- Es un índice de banda estrecha normalizado que combina dos distintas bandas centradas en 1649 nm y 1722 nm resultó ser la mejor estimación del contenido de material seco de hojas verdes
- Solo es posible con datos hiperespectrales (p.ej. , AVIRIS)

$$\text{NDMI} = (R_{1649} - R_{1722}) / (R_{1649} + R_{1722})$$



Imágenes de AVIRIS de mayo (izq.) y noviembre (der.) 2011 del estrés hídrico de huertos en California para evaluar el NDMI. Fuente de la Imagen: [Hunt et al](#)



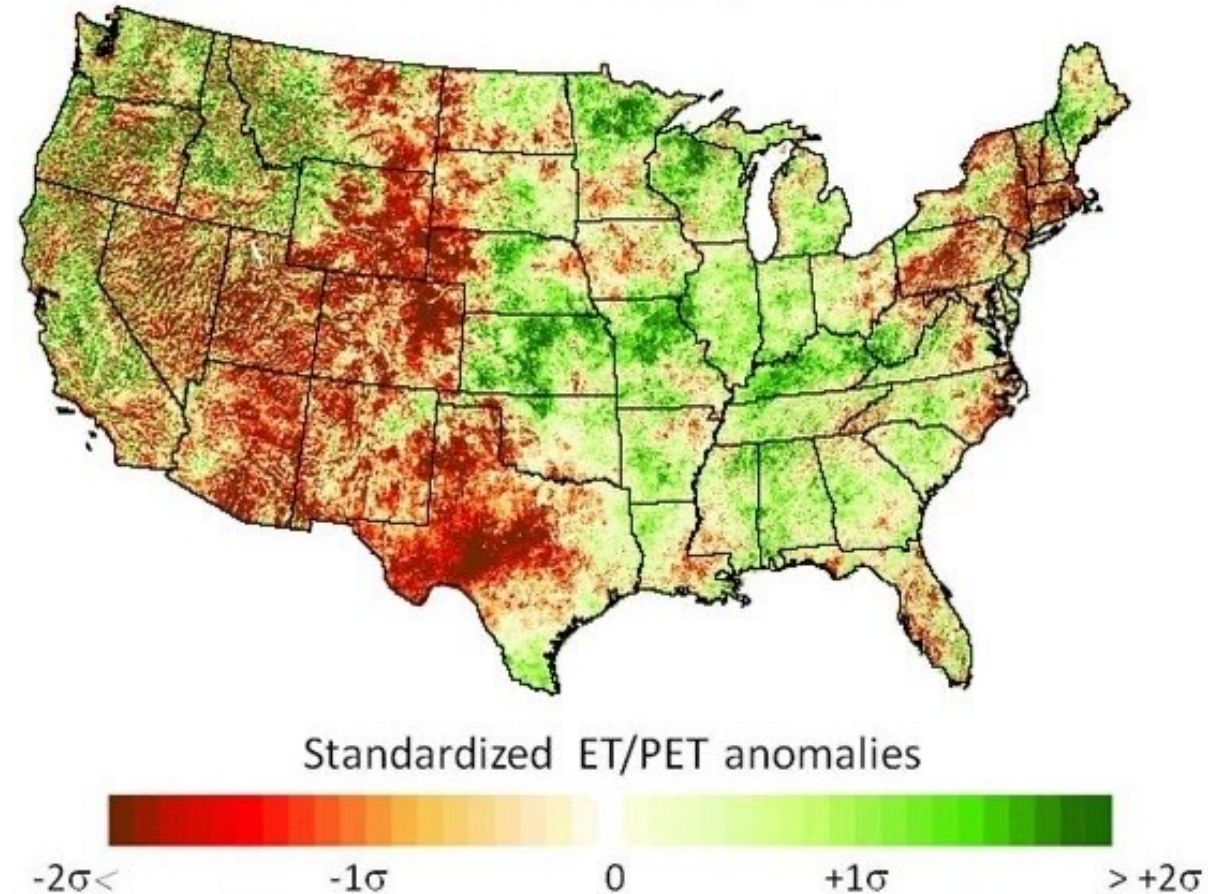
Evaporative Stress Index (ESI)



- El ESI está basado en observaciones satelitales de la temperatura superficial terrestre, las cuales se usan para estimar la pérdida de agua por evapotranspiración (ET) – la pérdida de agua mediante la evaporación del suelo y la superficie de las plantas y mediante la transpiración a través de las hojas de las plantas.
- Se puede utilizar como una métrica de la sequedad de la vegetación antes y durante la temporada de incendios.

Evaporative Stress Index 4km

1 month composite ending August 18, 2020



Fuente de la Imagen [USDA](#)



Estructura de la Vegetación



- Teledetección de radar y LiDAR de la estructura: altura del dosel y densidad de la vegetación (brechas y aglomeraciones en el dosel), estructura 3D de la vegetación
- [USGS 3DEP LiDAR Explorer](#)



Fotografías de alta resolución empleadas para evaluar los cambios en la densidad del dosel del bosque.

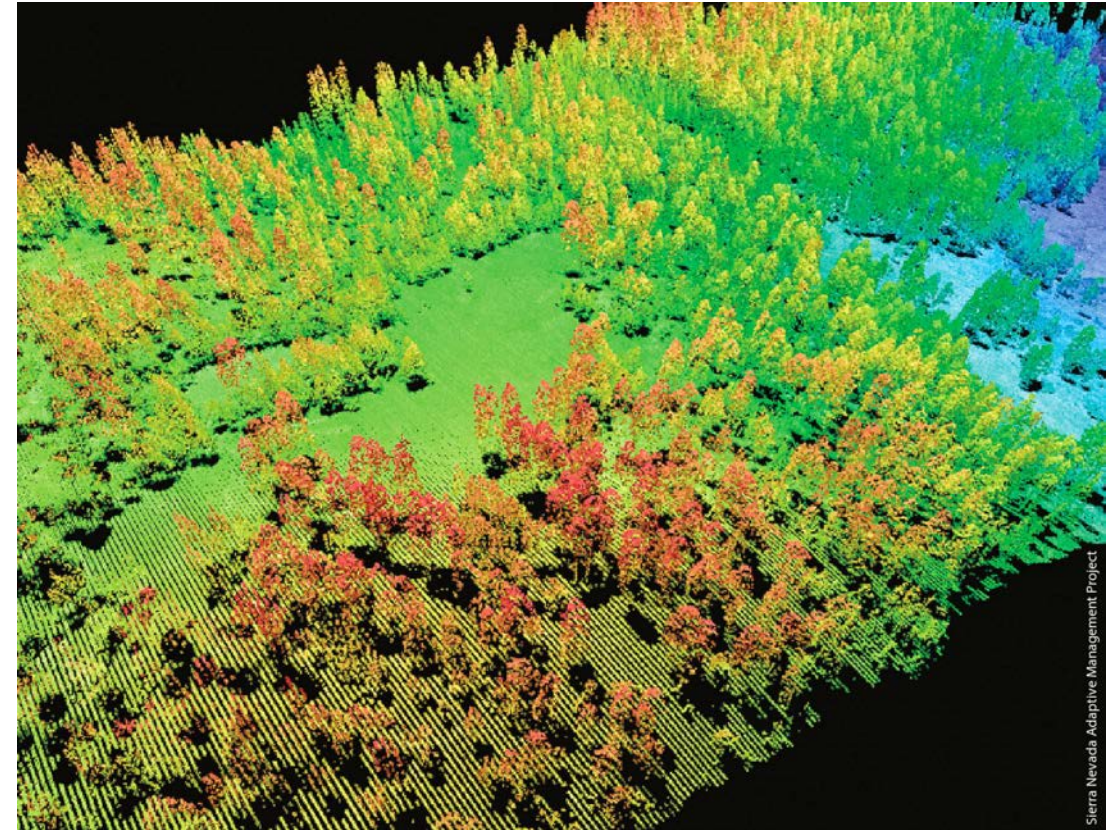
Fuente de la Imagen: [Garcia et al, 2016](#)



Altura y Densidad del Dosel



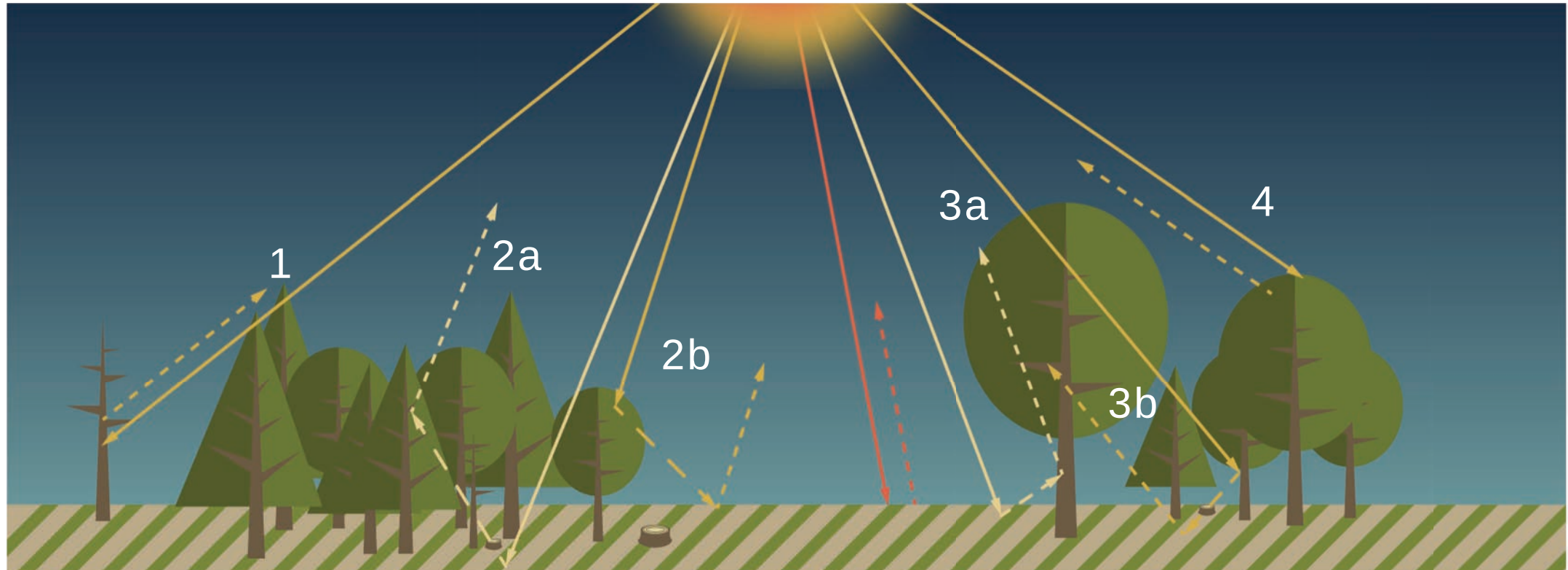
- La distribución vertical y horizontal de la materia vegetal en un ecosistema forestal es un impulsador de la propagación de incendios.
- La estructura del dosel influye directamente en la dinámica de los incendios como el combustible e indirectamente a través de su influencia sobre otras variables en el entorno del incendio, como la humedad de combustibles debajo del dosel.
- Los datos de Radar de Apertura Sintética (SAR) y Detección y Alcance de la Luz (LiDAR) aérea pueden evaluar la estructura del dosel sobre grandes extensiones.



Puntos Lidar muestran árboles en el Bosque Nacional Sierra donde se ha realizado gran parte de la investigación sobre la teledetección.
Fuente de la Imagen: [Keley y Tommaso, 2015](#)



Altura y Densidad del Dosel con Radar



Fuentes de retrodispersión predominantes en los bosques: (1) dispersión directa de los troncos de los árboles, (2a) dispersión suelo-copa, (2b) dispersión copa-suelo (3a) dispersión suelo-tronco, (3b) dispersión tronco-suelo, (4) dispersión por volumen de la copa.

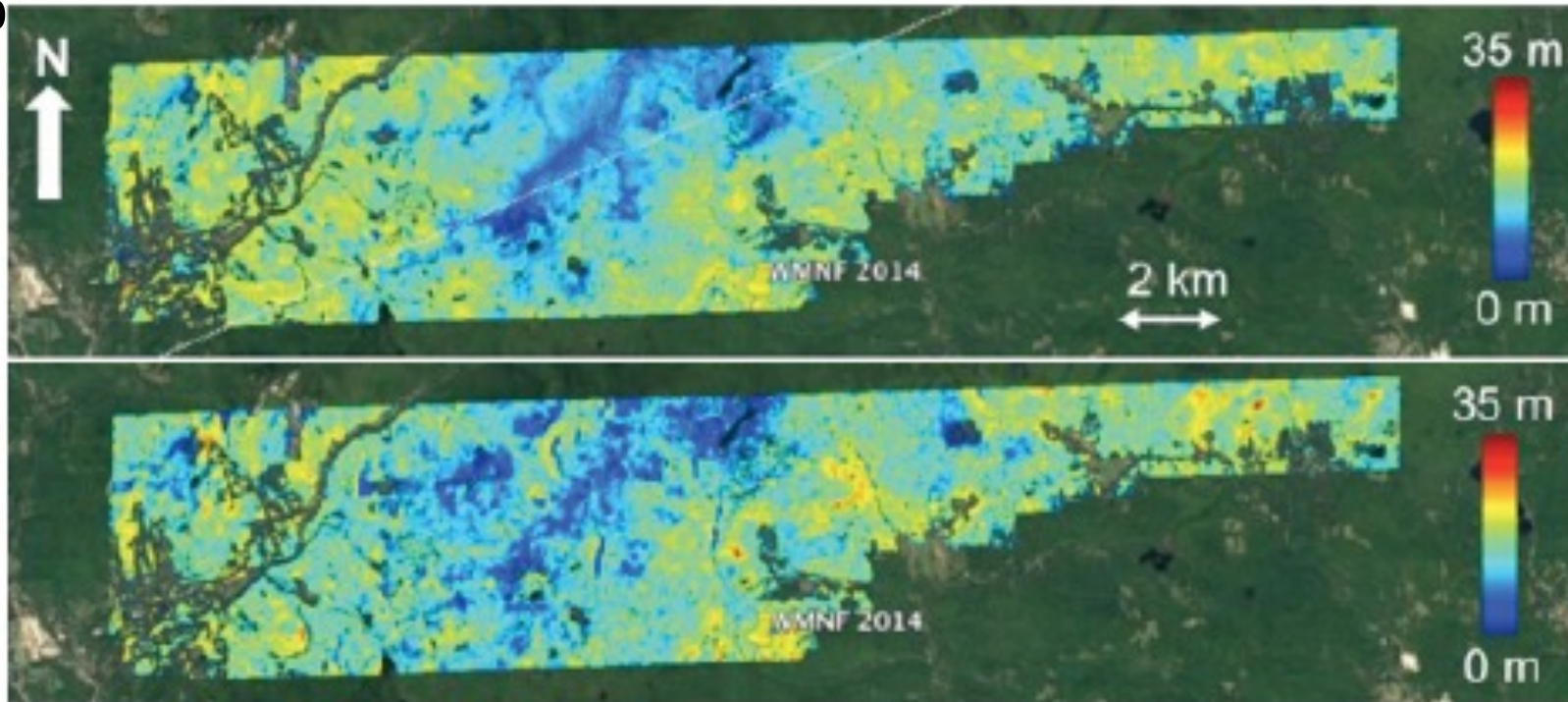
Ver capacitación de ARSET anterior de [Mapeo del Bosque con Datos SAR](#)



Altura del Dosel



- Altura de Rodal Forestal (FSH): Altura promedio de los árboles en un rodal
 - Es un indicador de la edad y estructura de un bosque, especialmente la cantidad de biomasa aérea (ABG)
 - Se puede usar para evaluar la disponibilidad inicial de combustibles pre-incendio



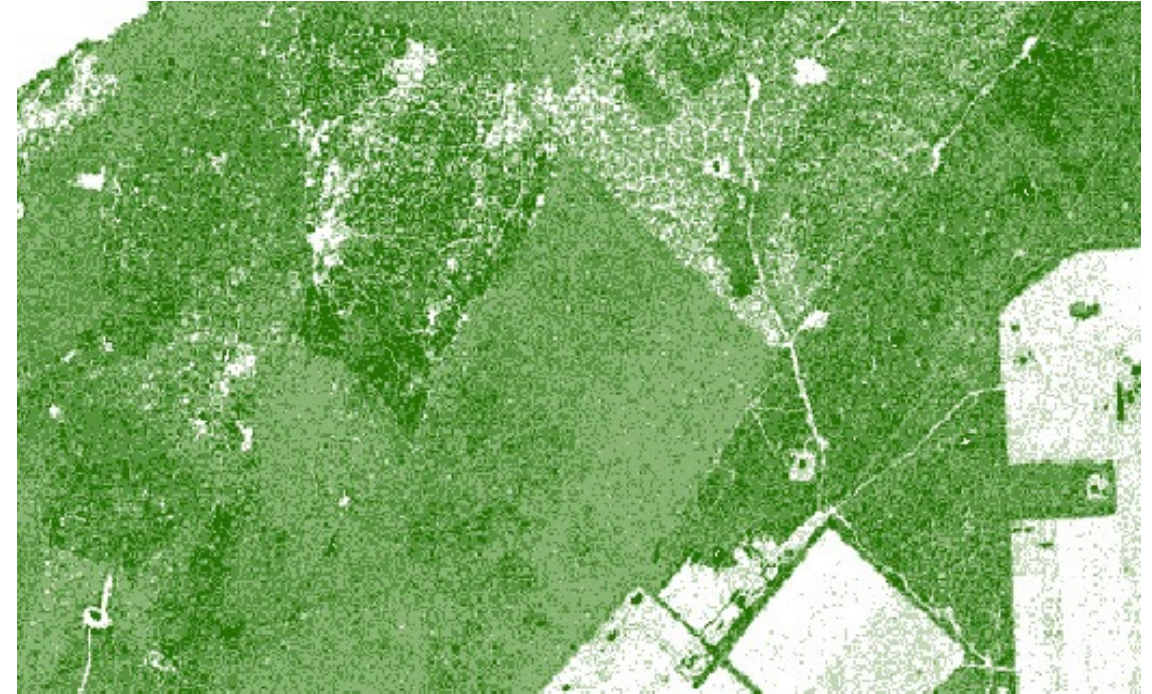
Fuente de la Imagen: [Li et al 2019](#)



Densidad del Dosel



- Los elementos estructurales característicos que pueden influir en el comportamiento de los incendios:
 - Aperturas
 - Árboles singulares
 - Aglomeraciones de árboles con copas adyacentes o entretejidas
- Una vez que las áreas de vegetación densa se encienden, es más probable que el incendio se propague debido el acceso a la alta carga de combustible.
- Los datos de Detección y Alcance de la Luz (Light Detection and Ranging o LiDAR) aérea pueden evaluar la estructura del dosel sobre grandes extensiones.



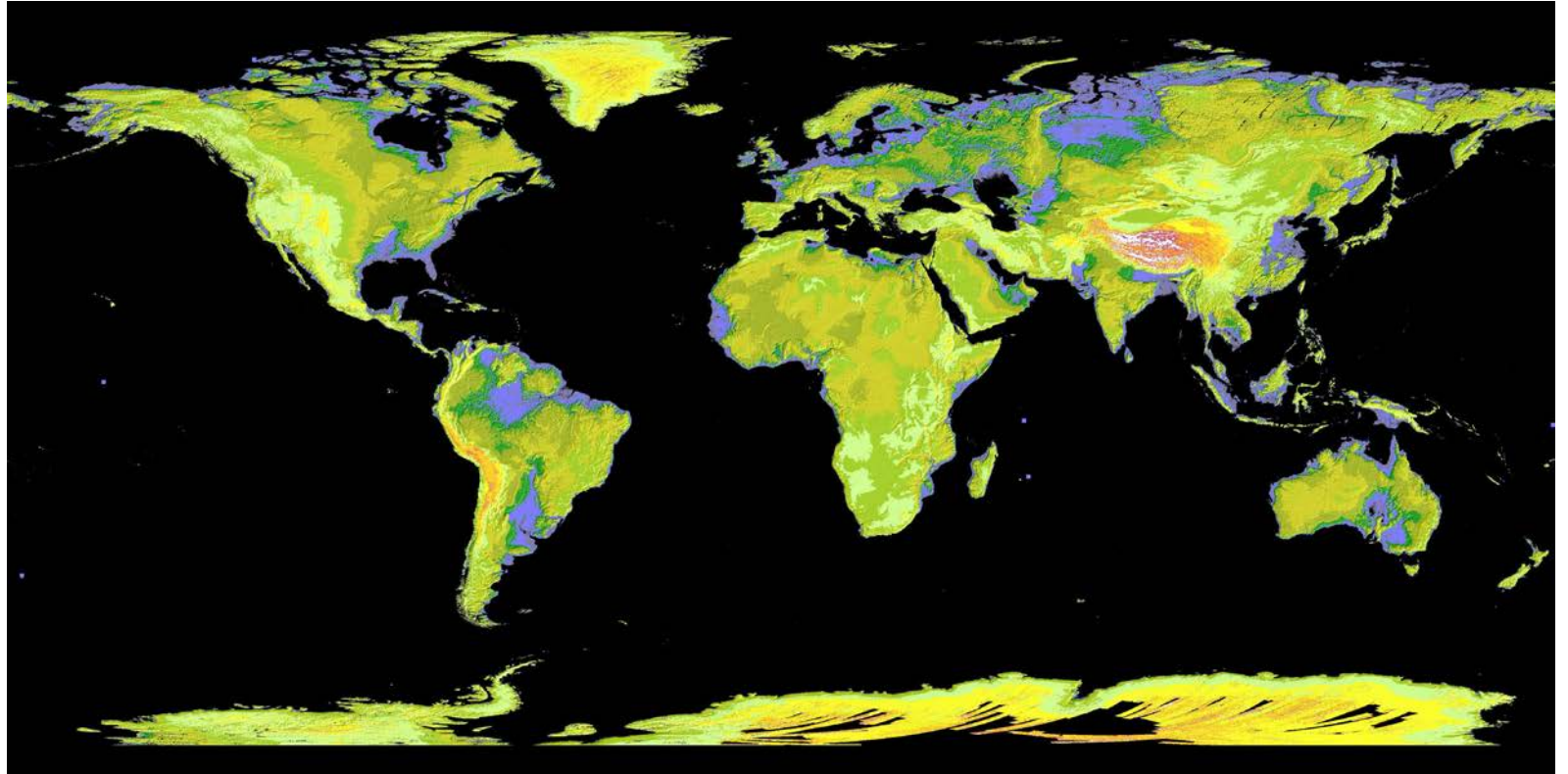
Densidad del dosel, donde el verde más oscuro indica una mayor densidad.

Fuente de la Imagen: [ArcGIS](#)



Topografía

- Topografía: El relieve y la forma que tiene la superficie de la tierra
- Factores que afectan los incendios:
 - Elevación
 - Pendiente
 - Aspecto (dirección de la pendiente)
 - Características topográficas (cañones, lomas, depresiones etc.)



Modelo de Elevación Digital Global vía ASTER. Fuente de la Imagen: [NASA](https://www.nasa.gov)



Elevación

- Efectos de la Elevación:
 - La cantidad y el momento de precipitaciones
 - Exposición al viento
 - Secado estacional de combustibles
 - Caída de rayos
- Ejemplos: Las elevaciones menores tienden a secarse más rápido, por lo tanto experimentan una mayor propagación de incendios.

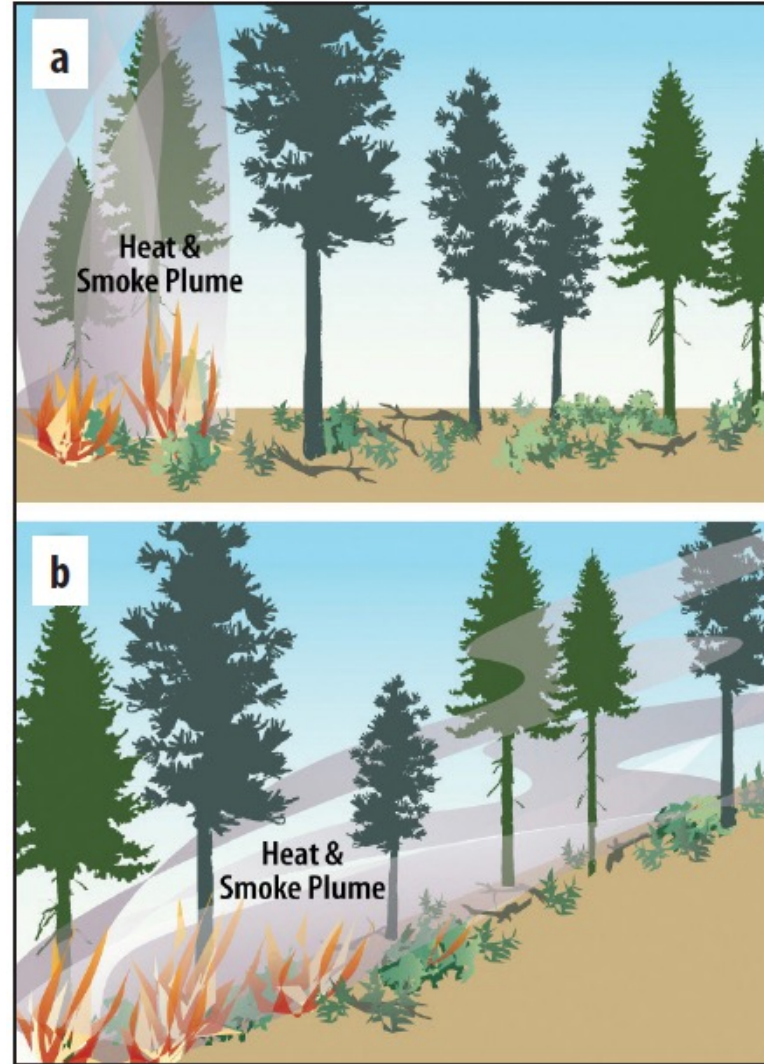


Esta vista en perspectiva, que combina una imagen Landsat con topografía SRTM, muestra la topografía. Fuente de la Imagen: [NASA](#)



Pendiente

- Mayor Pendiente = Más Rápido se Propaga el Incendio
- Posición en la pendiente: ¿Dónde tiene espacio el incendio para moverse?
 - Los incendios que comienzan en la parte inferior de una pendiente tienen más espacio para propagarse.
 - Como el calor sube delante del incendio, va precalentando y secando los combustibles que hay cuesta arriba, facilitando su combustión más rápida.



Los incendios se propagan más rápido cuesta arriba. Fuente de la Imagen: Fitzgerald, Universidad Estatal de Oregón



Stephen Fitzgerald, Oregon State University.

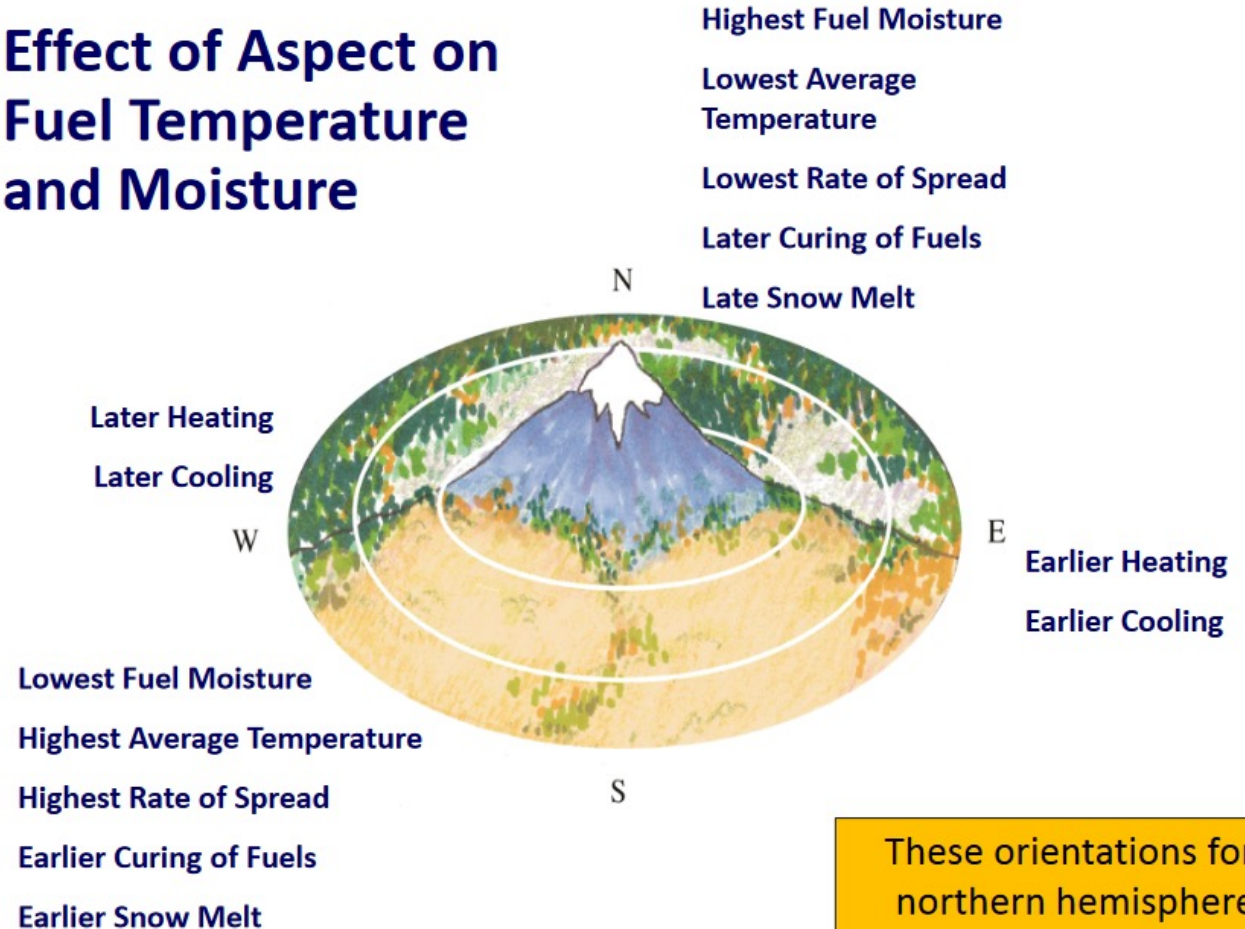
Cicatrices de quemadas que se propagaron cuesta arriba. Fuente de la Imagen: [Universidad de Arizona](http://www.arizona.edu)



Aspecto

- La dirección de la pendiente
 - Radiación Solar
 - Ejemplo: las pendientes orientadas al sur reciben más radiación solar y tienen combustibles más secos. (en el hemisferio norte).
 - Tipo de Vegetación
 - Ejemplo: Las pendientes orientadas al sur y al oeste tienen menos vegetación.

Effect of Aspect on Fuel Temperature and Moisture



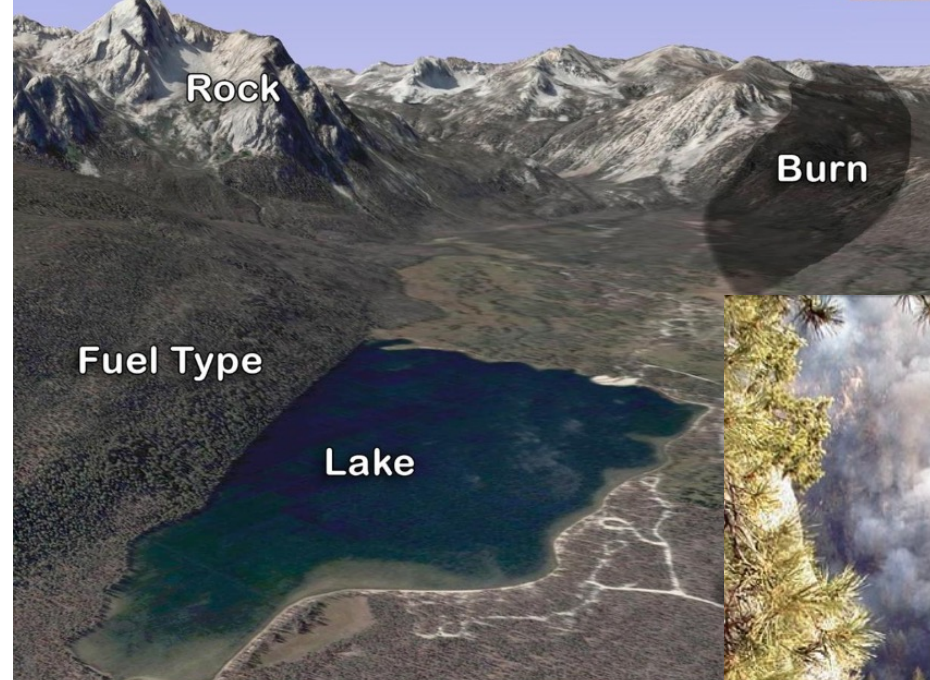
These orientations for the northern hemisphere, of course!

Fuente de la Imagen: [University of Arizona](https://www.arizona.edu/)



Características Topográficas

- Alteran el Comportamiento de los Incendios
 - Aumentan la Propagación
 - Los cañones angostos y anchos aumentan el viento y la propagación de los incendios.
 - Cohíben la propagación
 - Afloramientos rocosos, ríos, lagos etc. Pueden actuar como barreras a la propagación.



Barreras a la propagación de incendios (sup.) y un ejemplo de un incendio en un cañón profundo (der.). Fuente de la Imagen: [Universidad de Arizona](https://www.arizona.edu/)





Satélites y Sensores para Aplicaciones para Incendios de Vegetación

Landsat y Sentinel-2

- Landsat
 - El primer Landsat se lanzó en 1972
 - Landsat 8 se lanzó en 2013
 - Multiespectral, píxeles de 30 metros, banda pancromática de 15 metros, tiempo de revisita de 16 días
- Sentinel-2
 - Lanzado en junio de 2015
 - Multiespectral, bandas de píxeles de 10, 20 y 60 metros, tiempo de revisita de 2 a 5 días
- Aplicaciones para Incendios Forestales:
 - Extensión y tipos de vegetación: Clasificación de la cobertura terrestre
 - Etapa y Salud de la Vegetación: Variedad de índices de vegetación, incluyendo NDVI, EVI, SAVI
 - Humedad de la vegetación: NDWI y el Índice de estrés evaporativo



Fuente de las Imágenes:
[USGS](#), [ESA](#)



MODIS

- Aplicaciones para Incendios Forestales :
 - Extensión y tipo de vegetación: Clasificación de la cobertura terrestre
 - Salud y Etapa de la Vegetación: NDVI, EVI, Fenología de Alta Resolución Temporal
 - Estructura de la Vegetación: Índice de Área Foliar
- Resolución Espacial:
 - 250 m, 500 m, 1 km
- Resolución Temporal:
 - Diaria, 8 días, 16 días, mensual, trimestral, anual
 - 2000 – Hoy
- Cobertura Espectral:
 - 36 bandas



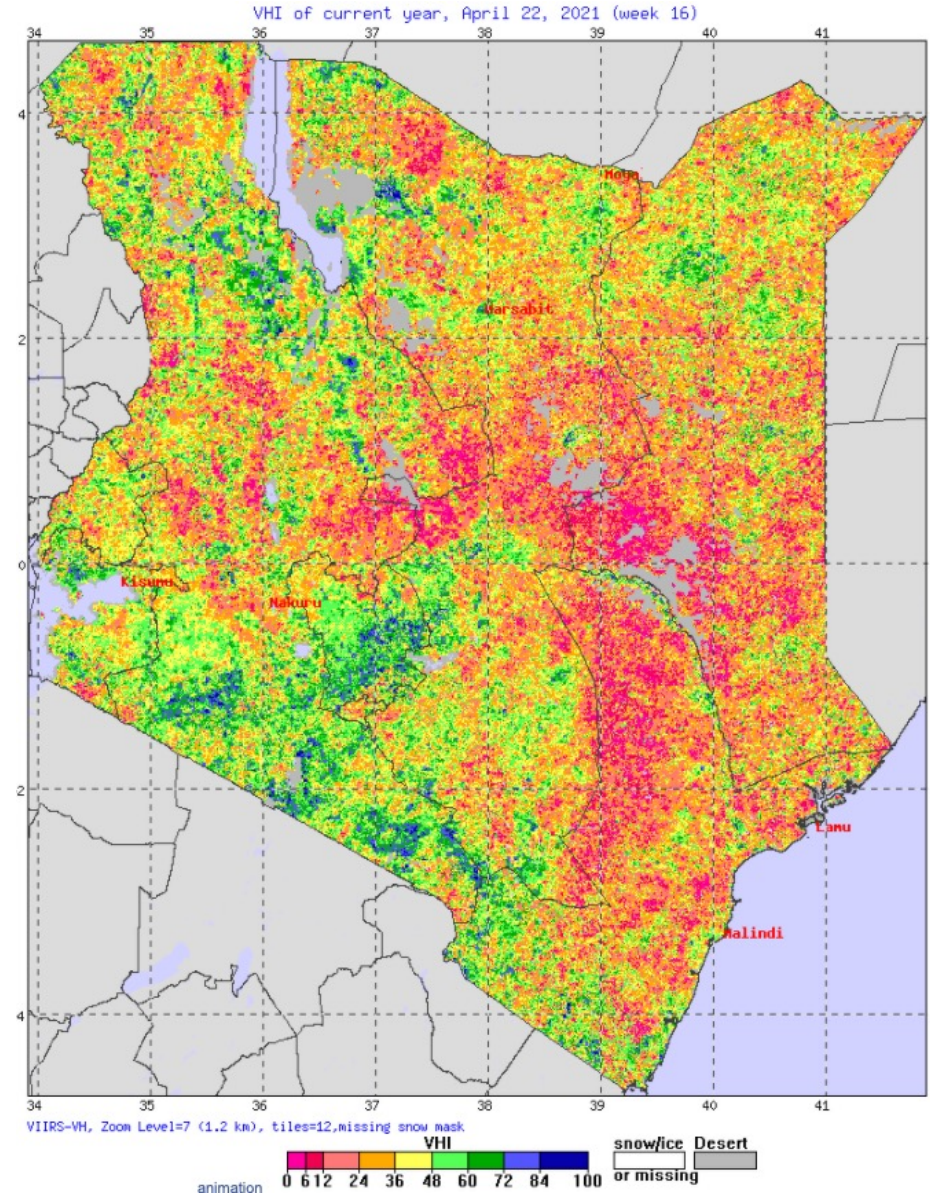
Imagen de lapso de tiempo del MODIS NDVI en Africa.

Fuente de la Imagen: [Google Earth Engine Developers](#)



Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS)

- Aplicaciones para Incendios Forestales :
 - Etapa de la Vegetación: Índices de Vegetación incluyen NDVI y EVI
 - Salud de la Vegetación: El producto VIIRS de la salud de la vegetación incluyen el Índice de la condición de la vegetación, Índice de la condición de la temperatura y el Índice de la Salud de la Vegetación
- Lanzado en 2012; recolecta imágenes visibles e infrarrojas
- Resolución temporal diaria y cobertura global
- Resolución Espacial:
 - 5 bandas de alta resolución: 375 m
 - 16 bandas de resolución moderada: 750 m

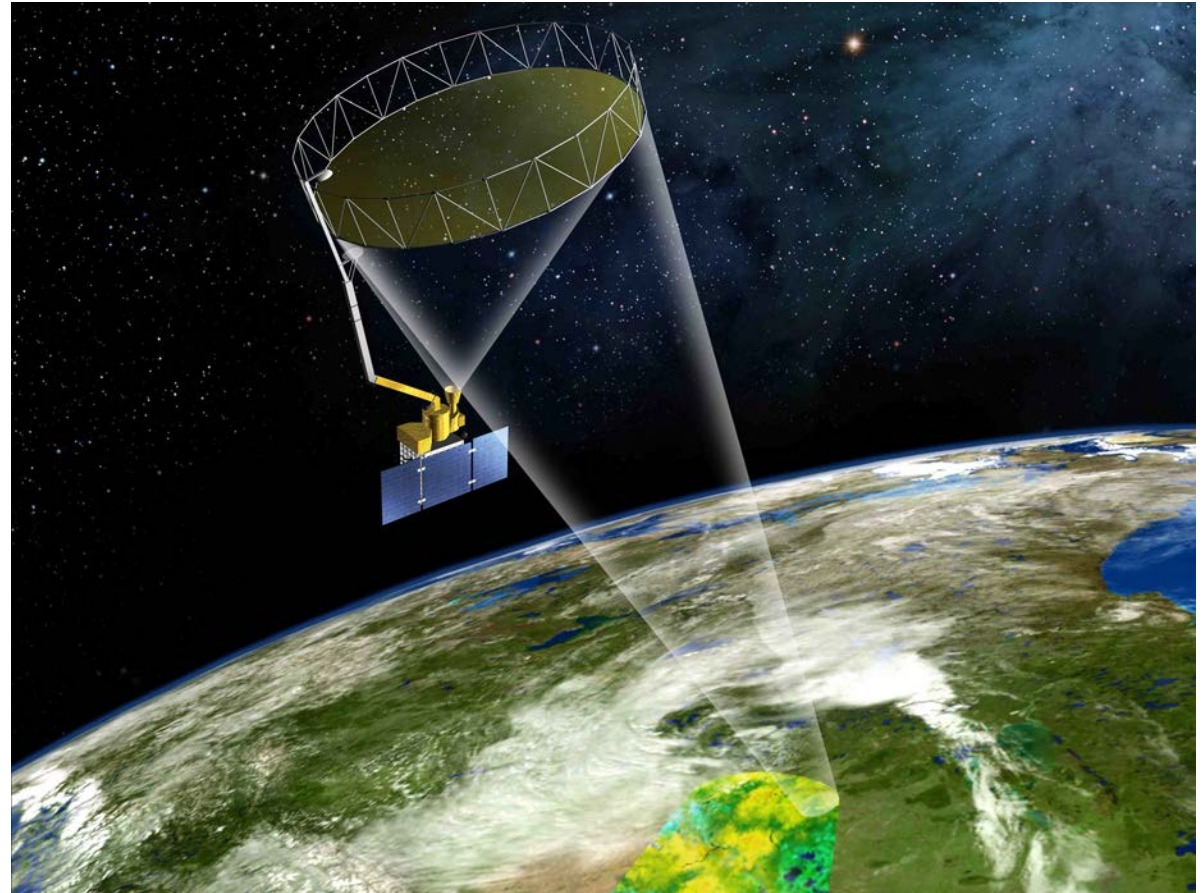


Mapa del VIIRS Vegetation Health Index para Kenia (22 apr. 2021). Fuente de la Imagen: [NOAA NESDIS](#)



Soil Moisture Active Passive (SMAP)

- Aplicaciones para los Incendios Forestales:
 - Humedad de la Vegetación: La humedad del suelo sirve de proxy para la humedad de la vegetación y el estrés evaporativo.
 - La información sobre sequías también puede identificar áreas con combustible seco.
- Mide la humedad en los 5 cm superiores del suelo mundialmente cada 3 días
- Lanzado en enero de 2015



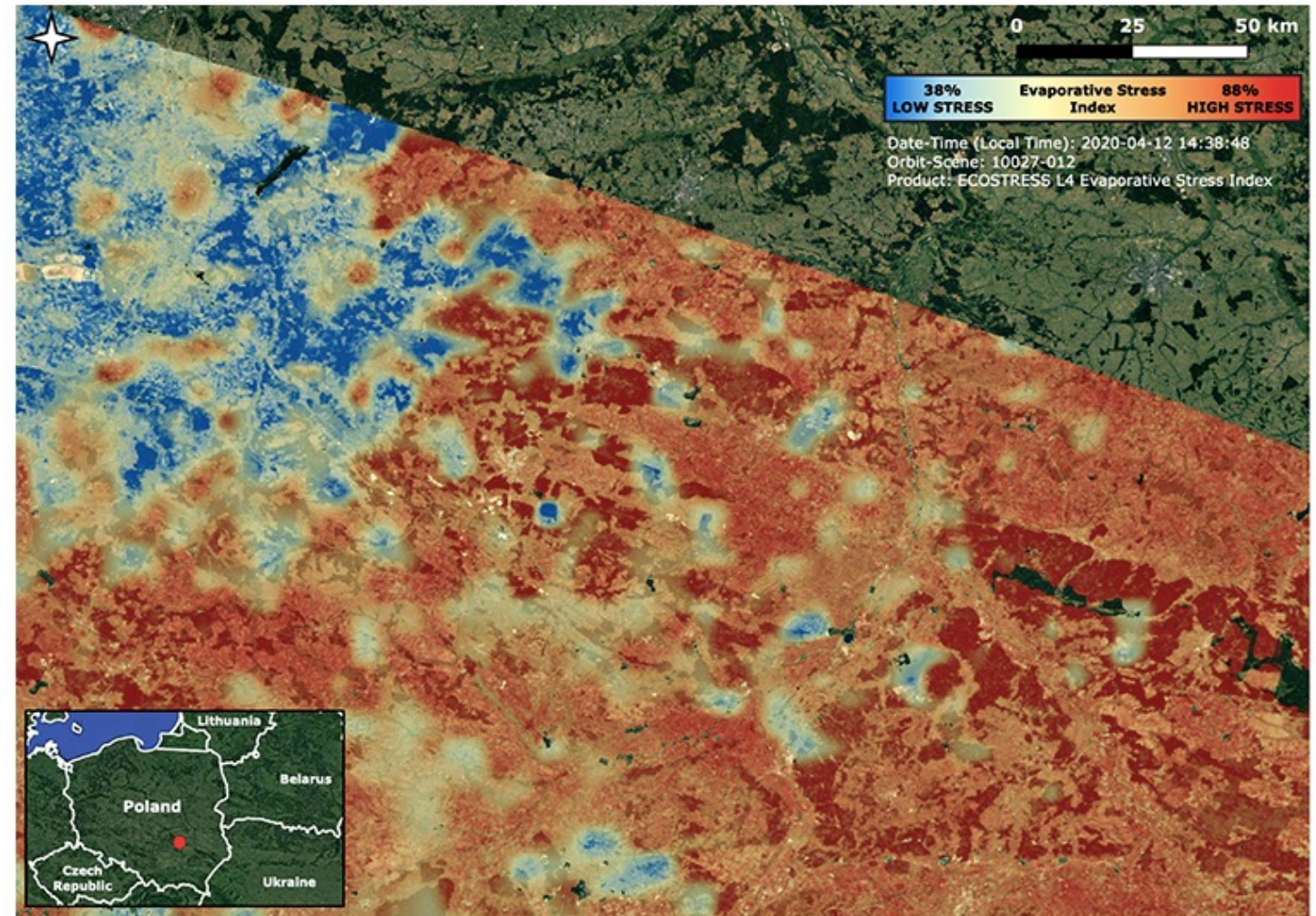
Fuente de la Imagen: [NASA](#)



ECOSTRESS

- Aplicaciones para Incendios Forestales:
 - Humedad de la Vegetación: Estrés evaporativo debido a la temperatura
- Datos de agosto 2018 - hoy
- Resolución Espacial de 70 m
- Resolución espectral:
 - 6 bandas (160-1200 nm)
- Rango:
 - 53.6° N latitud a 53.6° S latitud

NASA's ECOSTRESS imaged a drought in Poland

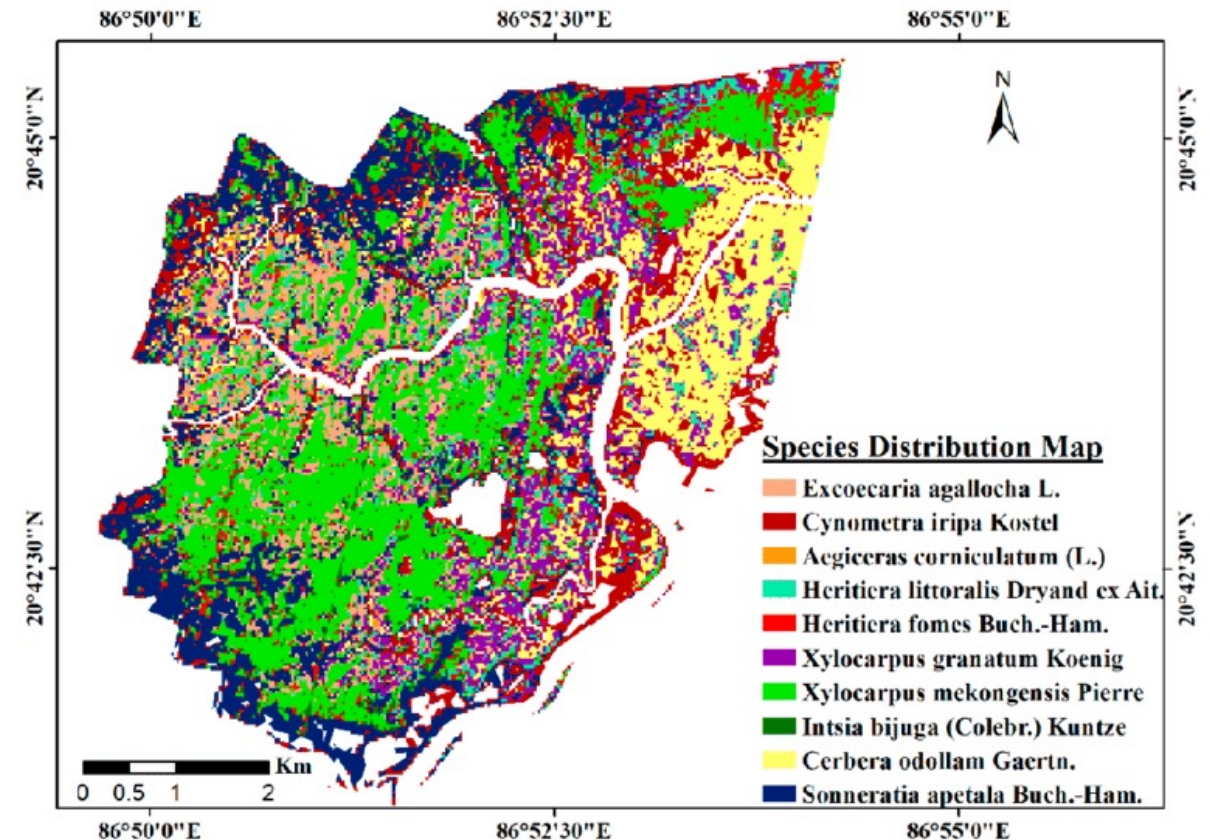


Medición del estrés de la vegetación en Polonia utilizando el índice de estrés evaporativo de ECOSTRESS. La vegetación sometida a estrés debido a la sequía es más susceptible a la ignición y la quema sostenida. Fuente de la Imagen: [NASA JPL](https://www.nasa.gov) 37



EO-1 Hyperion

- Aplicaciones para Incendios Forestales:
 - Tipos y Extensión de Vegetación: Identificación de especies de plantas y mayor capacidad de diferenciación entre tipos de vegetación
 - Mejor resolución espectral permite una clasificación de tipos de combustibles más exacta
- Rango de Fechas: 2000-2017
- 220 bandas espectrales, 357 a 2567 nm
- Resolución espacial de 30 m



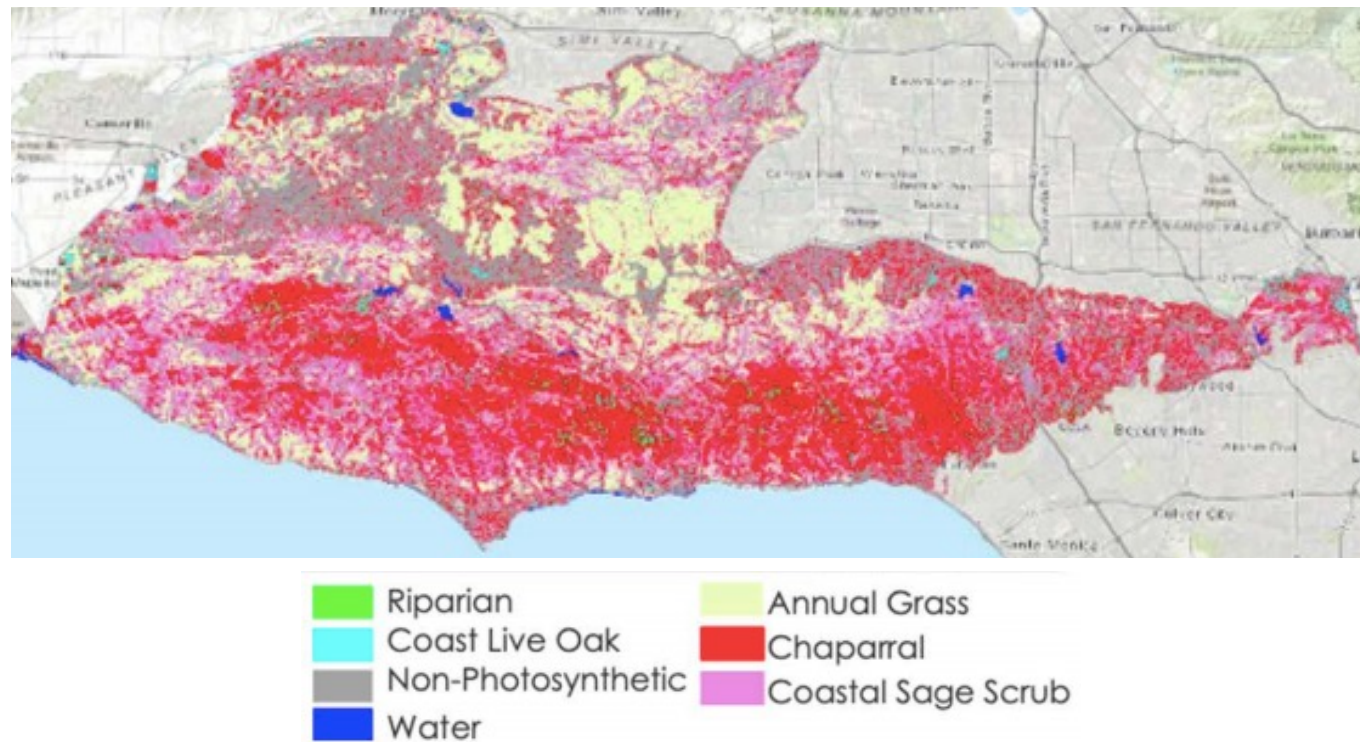
Imágenes de Hyperion utilizadas para diferenciar entre especies de manglares en la Reserva Forestal Bhitarkanika en India.

Fuente de la Imagen: [Anand et al. 2020](#)



Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS)

- Aplicaciones para Incendios de Vegetación :
 - Extensión y Tipo de Vegetación: Clasificación de la cobertura terrestre con mayor capacidad de diferenciación entre tipos de vegetación
- Misiones llevadas a bordo de aeronaves de investigación en Norteamérica, Europa, porciones de Sudamérica y Argentina
- 224 bandas espectrales continuas, 400 a 2500 nm

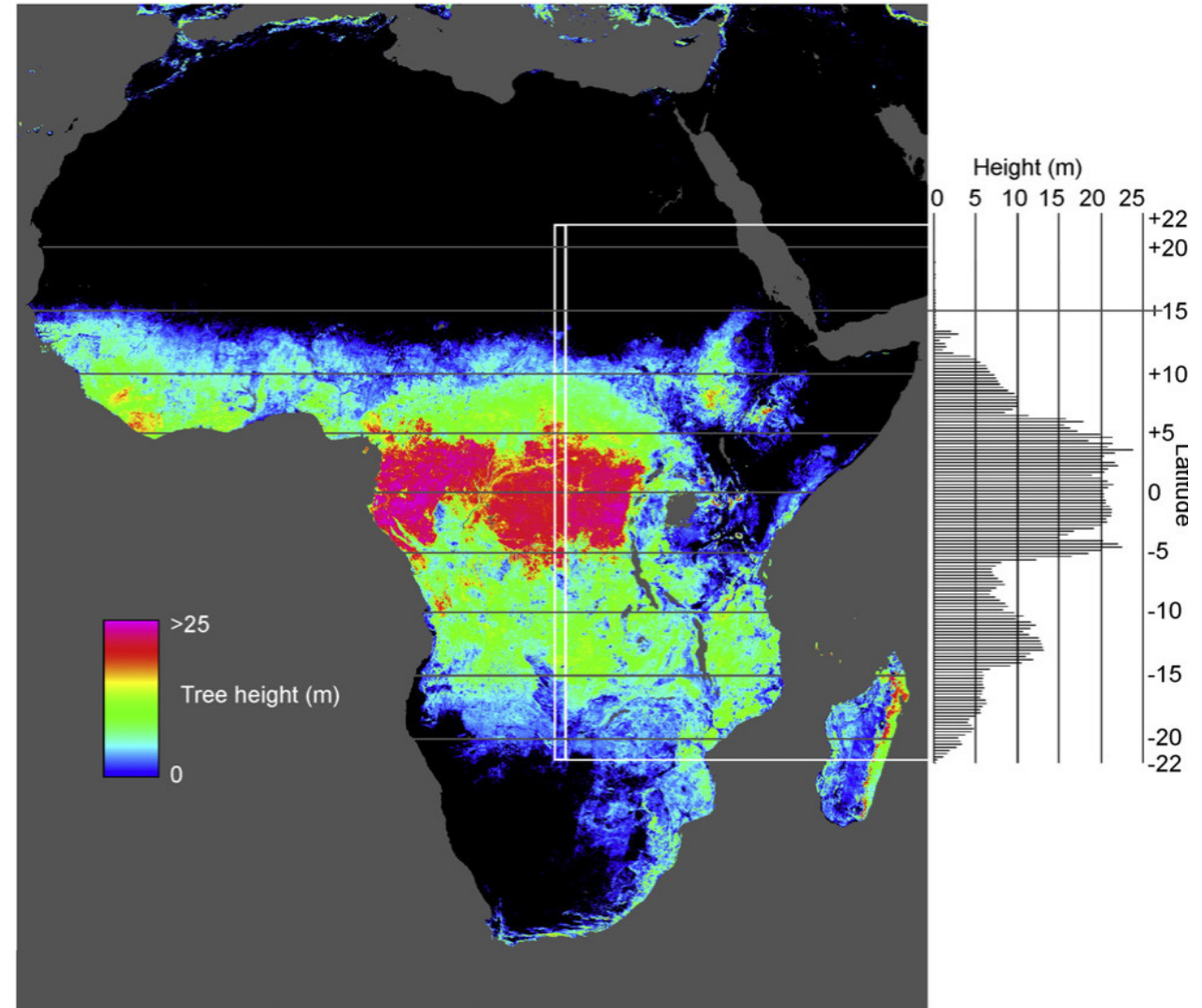


Clasificación de la vegetación pre-incendio en las montañas de Santa Mónica en 2018 antes del incendio de Woolsey. Los datos hiperspectrales registran la reflectancia en más bandas, lo que facilita la diferenciación de distintos tipos de vegetación. Fuente de la Imagen: [NASA DEVELOP](https://www.nasa.gov/develop)



Global Ecosystem Dynamics Investigation (GEDI)

- Aplicaciones para Incendios Vegetales:
 - Estructura de la Vegetación: Métricas de la altura del dosel y datos de la estructura 3D para la estimación y caracterización de la carga de combustible
 - Topografía: Altimetría superficial
- Detección de luz y alcance (LiDAR) de alta resolución de los bosques y la topografía de la Tierra lanzada en abril de 2019
- 3 láseres, 8 trayectorias de datos, huella espacial de 25 m



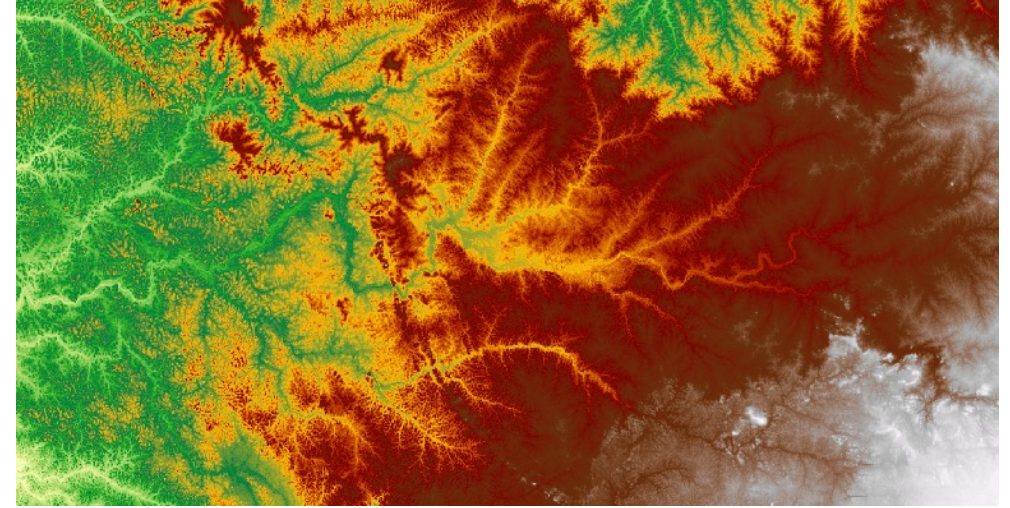
Mapa de la altura de árboles derivado de GEDI para África.

Fuente de la Imagen: [GEDI](#)



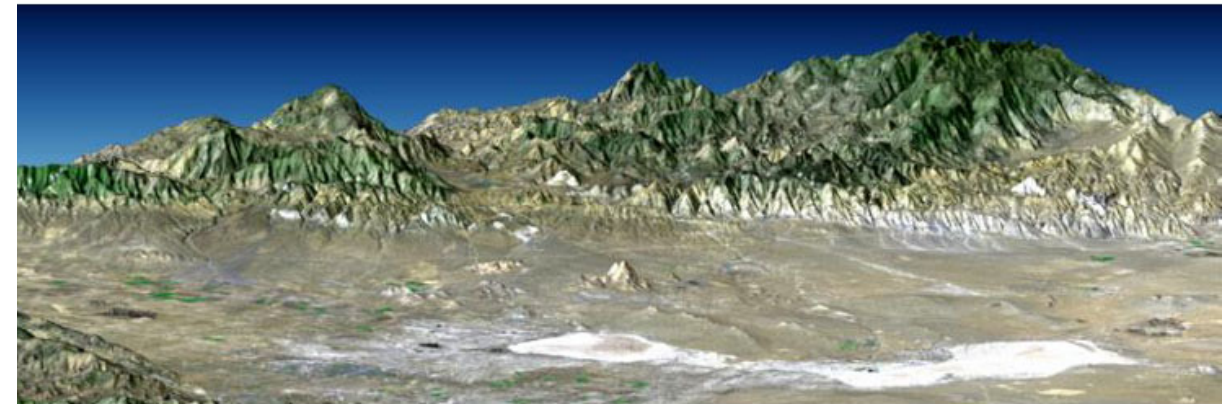
Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)

- Aplicaciones para Incendios Vegetales:
 - Topografía: Datos de modelos de elevación digitales (DEM) incluyen pendiente, aspecto, elevación e información sobre características topográficas útiles en la evaluación de la geografía física que influye en el peligro de incendios
- Datos topográficos (elevación) de la superficie de la Tierra, SRTM utilizó la técnica de la interferometría llevada a bordo del Transbordador Espacial Endeavour
- Banda-C y banda-X, resolución espacial de 30 m y 90 m



Un ejemplo de mapa de elevación de África central con una resolución espacial de 90 m (Tile 42_12).

Fuente de la Imagen: [ICGIAR CSI](#)



Perspectiva con Superposición Landsat: Valle de los Antílopes, California.

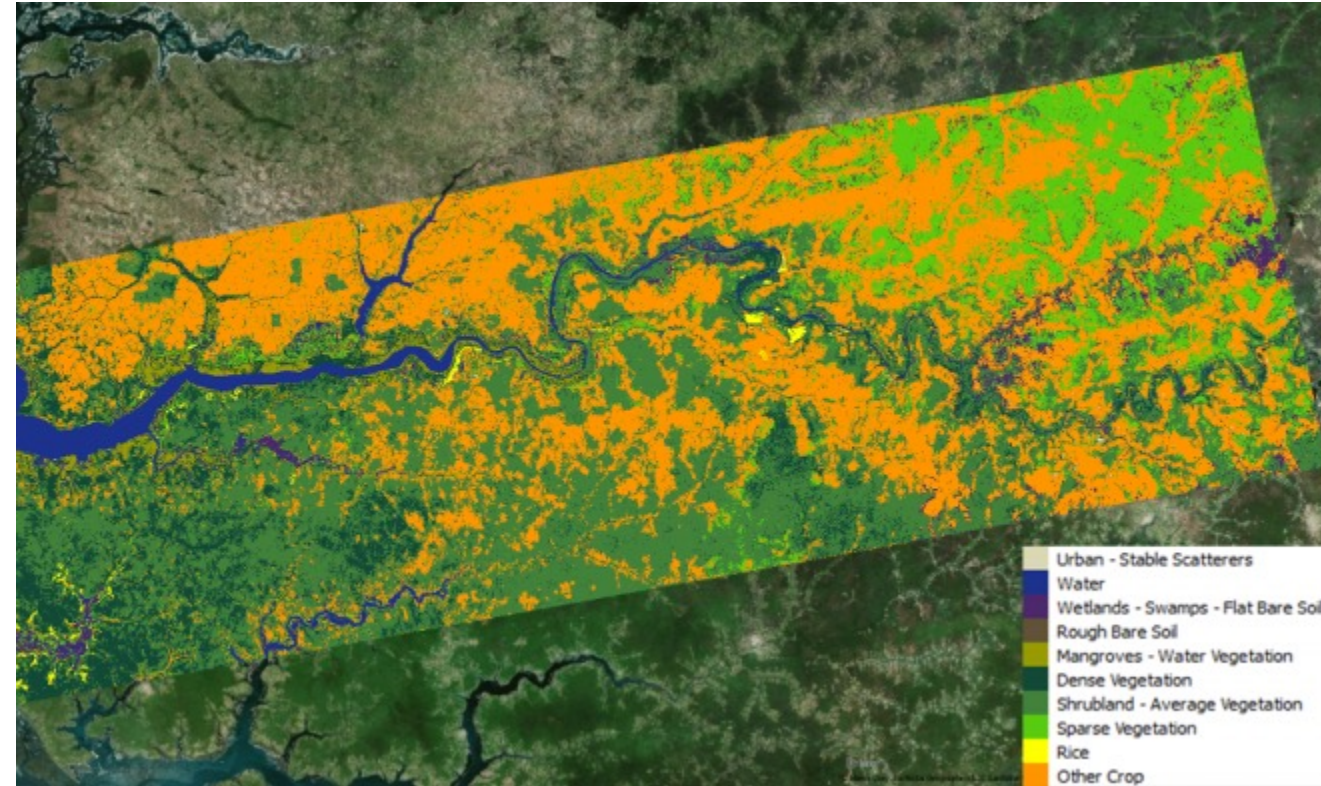
Fuente de la Imagen: [NASA](#)



Sentinel-1

- Aplicaciones para Incendios Vegetales:
 - Tipo y extensión de la vegetación: Clasificación y mapeo del suelo
 - Estructura de la Vegetación: Densidad y Altura
 - Humedad de la Vegetación: Contenido húmedo y sequedad del combustible
- Observatorio Europeo de Radar para la iniciativa conjunta Copérnicus de la Comisión Europea (EC) y la Agencia Espacial Europea (ESA), lanzado en abril 2014
- Datos de SAR banda-C, tiempo de revisita de 12 días, Resolución: 5 x 20 metros

NASA's Applied Remote Sensing Training Program



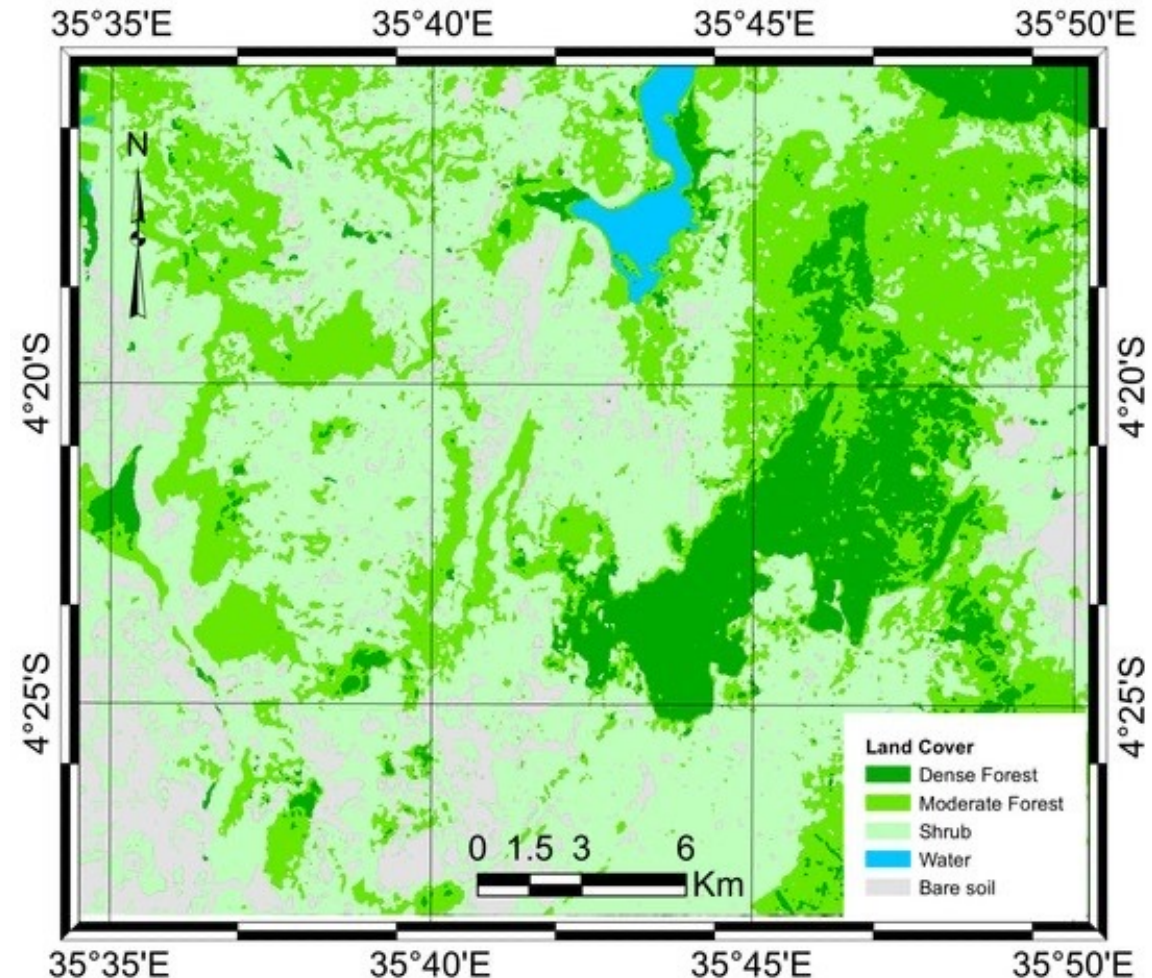
Evaluación de la cobertura terrestre en una franja de Sentinel-1 en el área de estudio en Gambia.

Fuente de la Imagen: [ERMES](#)



Advanced Land Observing Satellite (ALOS)

- Aplicaciones para Incendios de Vegetación:
 - Estructura de la Vegetación: Mediciones con radar de la altura y densidad del dosel
 - Topografía: DEM incluyendo elevación, aspecto, pendiente y características
- Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar (PALSAR) de la Agencia Espacial Japonesa (JAXA)
- Fechas: 2006 a 2011
- SAR banda-L



Integración de datos Landsat y ALOS PALSAR para mapear la vegetación y la densidad del bosque en el norte de Tanzania.

Fuente de la Imagen: [Dorothea Deus 2016](#)



Resumen de satélites y sensores

Satélite/Sensor	Aplicaciones	Productos
Landsat	Clases, índices de vegetación, humedad	Imagery , NDVI , EVI , SAVI , NDWI
Sentinel-2	Clases, índices de vegetación, humedad	Imagery , NDVI
MODIS	Clases, índices de vegetación	Imagery , NDVI & EVI
VIIRS	índices de vegetación	Imagery , Vegetation Health
SMAP	Humedad del suelo	Soil Moisture
ECOSTRESS	Humedad, Estrés evaporativo	Thermal Data , ESI Documentation
EO-1 Hyperion	Clases, contenido materia seca	Hyperspectral Imagery
AVIRIS	Clases, contenido materia seca	Hyperspectral Imagery
GEDI	Estructura de la vegetación	LiDAR Data
SRTM	Topografía	Topography (DEM)
Sentinel-1	Clases, Estructura, Humedad	Synthetic Aperture Radar Data
ALOS PALSAR	Estructura, Topografía	Synthetic Aperture Radar Data

*Esto no es una lista completa de todos los satélites/sensores útiles para aplicaciones de fuegos relacionadas a la vegetación, y los productos presentados son solo una muestra.

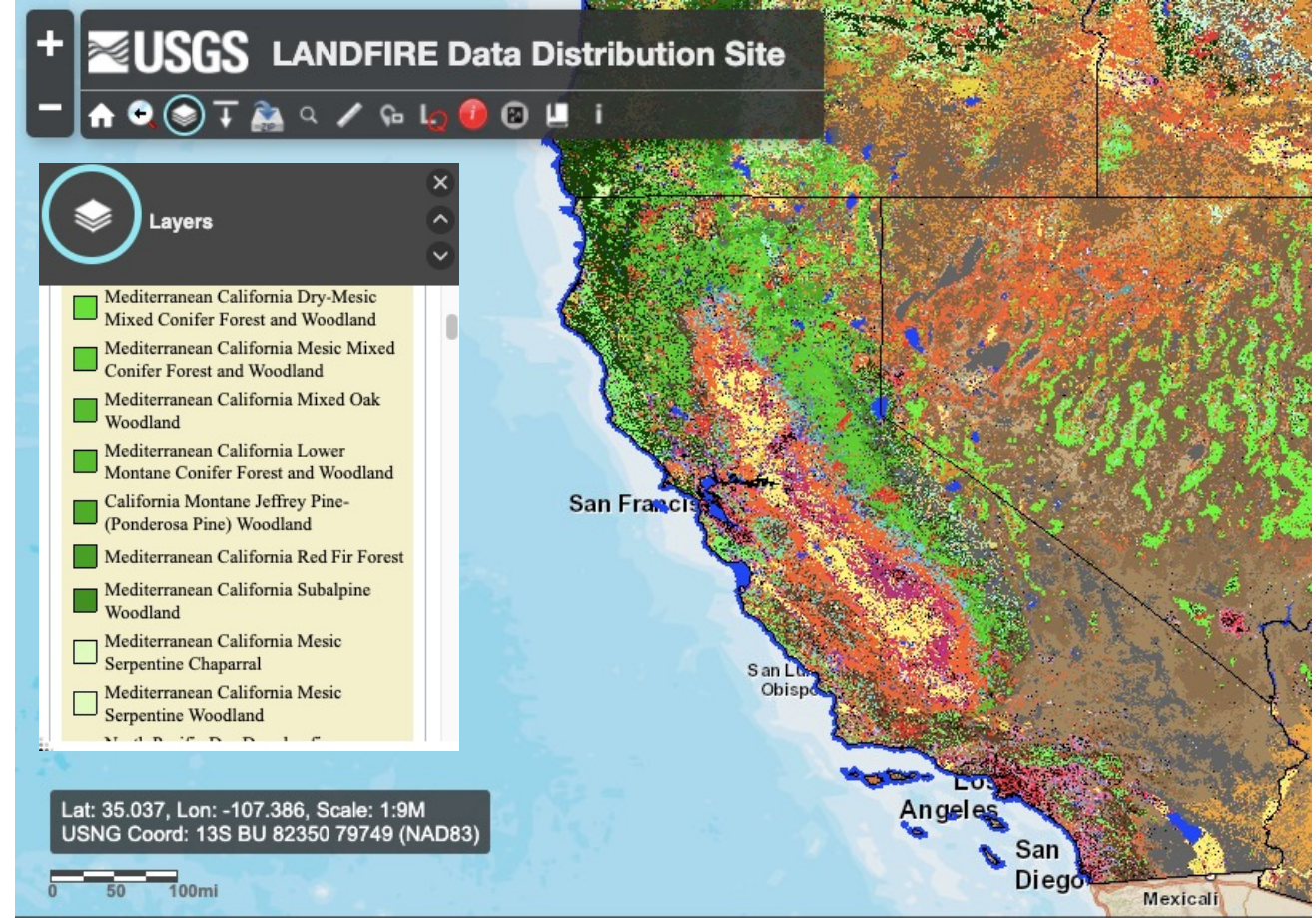




Herramientas para el Monitoreo Pre-Incendio

Productos de la Vegetación de LANDFIRE

- Tipos de Vegetación Existente
 - Comunidades de plantas vía la clasificación de ecosistemas terrestres de NatureServe hasta 2016
 - Mapeado con modelos, datos de campo y Landsat
- Clasificación de la Vegetación a Nivel Nacional
- Cobertura Vegetal Existente
- Altura de la Vegetación Existente



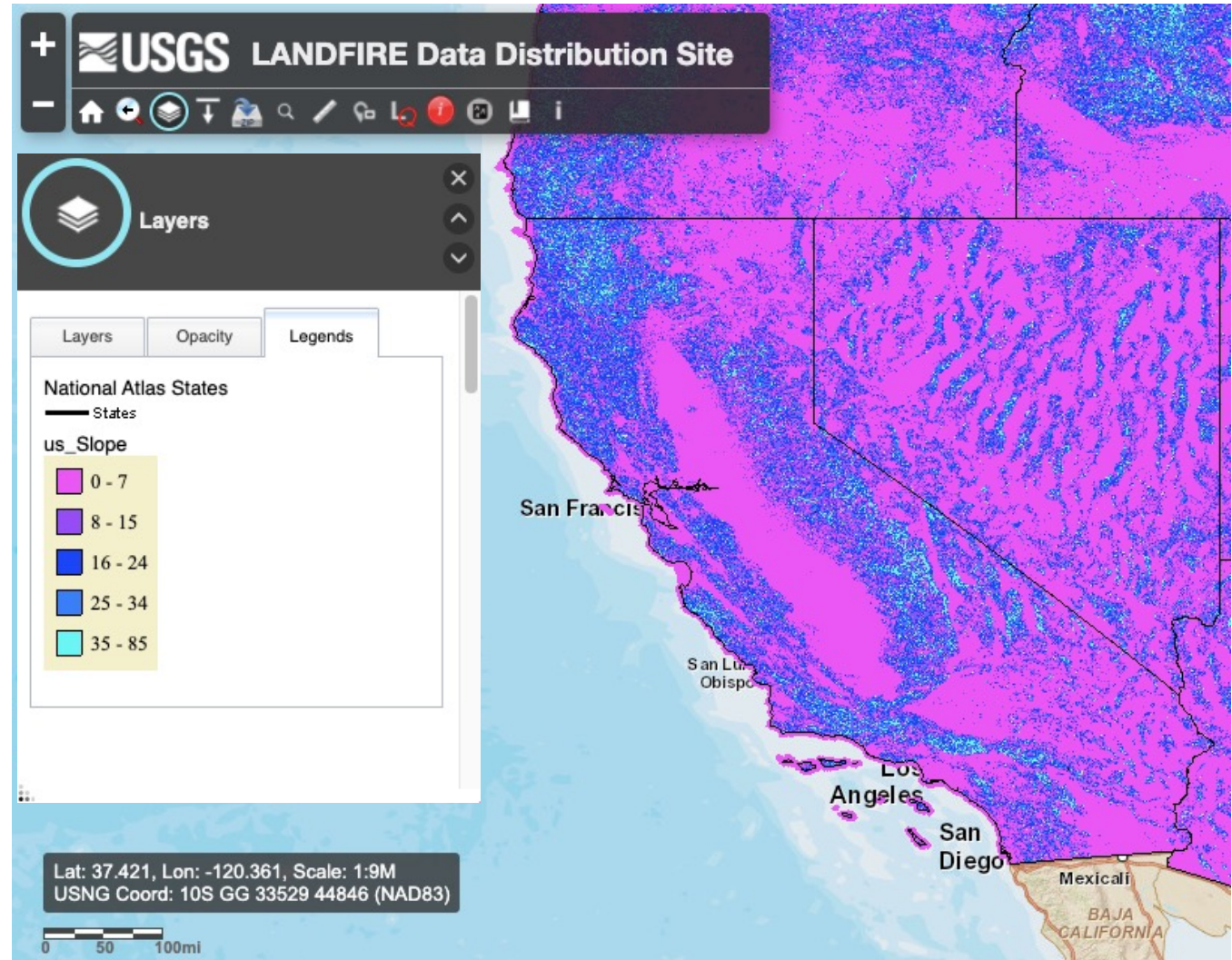
Estimaciones de comunidades de plantas brindando información detallada sobre tipos de combustible en California. El visualizador muestra capas a lo largo de EE.UU.

Link: <https://landfire.cr.usgs.gov/viewer/viewer.html>



LANDFIRE- Productos de Combustibles, Régimen de Incendios y Topografía

- Combustibles
 - Modelos de Combustible
 - Cobertura , Altura y Densidad del Dosel
- Régimen de Incendios
 - Grupos
 - Intervalo de Retorno
 - Condiciones de la Vegetación
- Topografía
 - Elevación
 - Pendiente
 - Aspecto



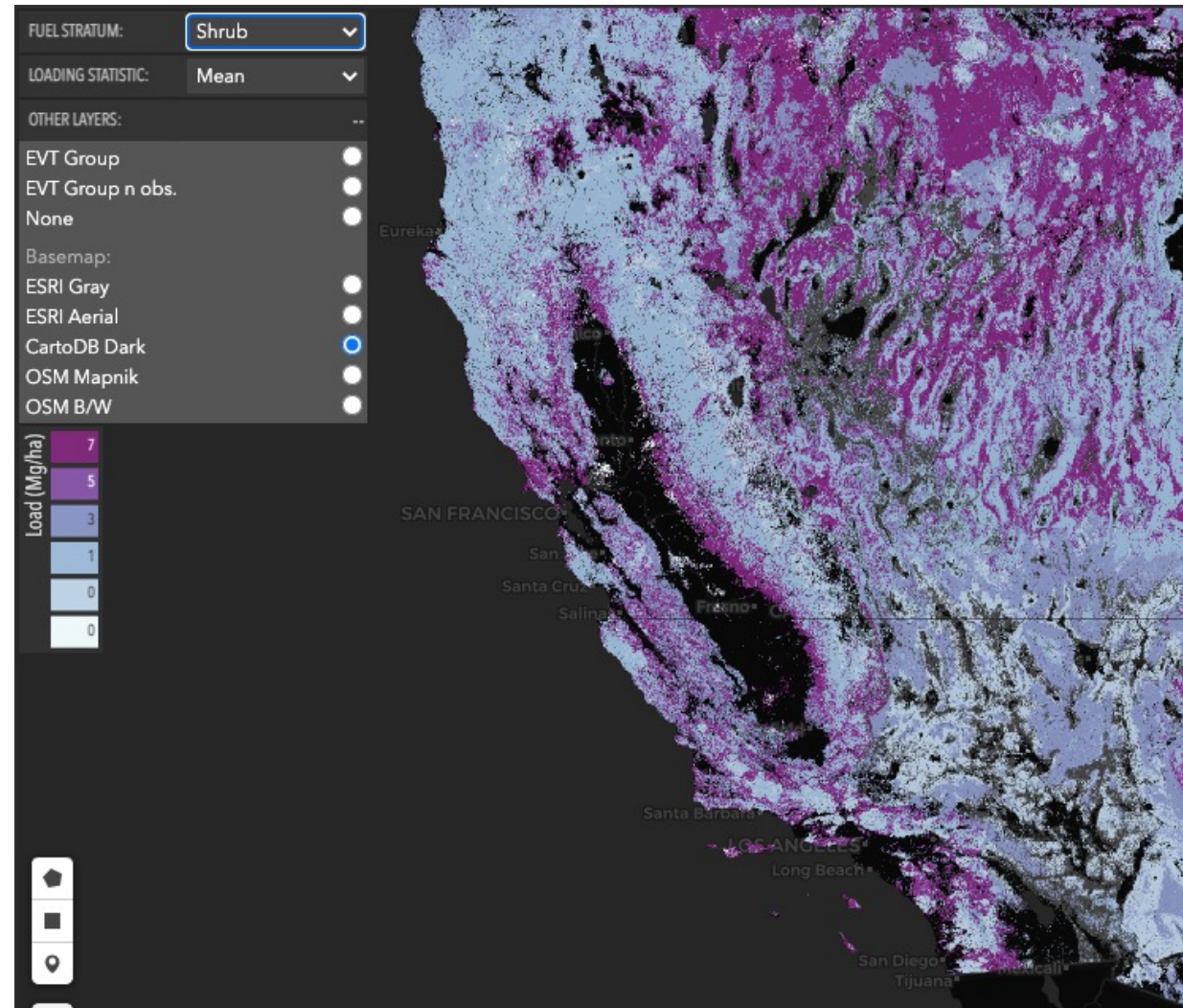
Pendiente mapeado a lo largo de EE.UU., ampliado para mostrar California. Los valores están en grados.

Link: <https://landfire.cr.usgs.gov/viewer/viewer.html>



North American Wildland Fuels Database (NAWFD)

- NAWFD agrega información de la carga de combustibles de 26,620 sitios en el campo recopilados de 271 fuentes de datos para informar estimaciones de la carga de combustible por categoría de tipo.
- Categorías de combustible incluyen árboles, arbustos, hojarasca, copa de árboles etc.
- Se dan las estimaciones de la carga de combustibles por hectárea.



Combustibles de arbustos mapeados en toneladas métricas por hectárea para California.

Link: <https://fuels.mtri.org/map>



Forest Inventory Analysis Program (FIA)

- El Servicio Forestal de EE.UU. Informa sobre el estatus y tendencias de especies, tamaño y salud de los árboles y el crecimiento total de los árboles, su mortandad y remoción en cosechas
- Incluye clasificaciones de teledetección, muestras de campo e indicadores de la salud forestal
- Puede ser particularmente útil para puntos de datos de campo en clasificaciones de la cobertura terrestre
- Brinda información sobre vegetación específica, personalizada por región, sobre combustibles en áreas boscosas



Clasificaciones de análisis del inventario forestal histórico para California.

Link:

[USFS FIA](#)



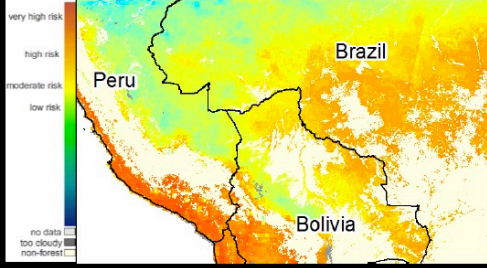
FIRECAST

- Sistema de análisis y alerta que brinda productos de monitoreo a usuarios en tiempo casi real. Alertas incluyen:
 - Peligro de incendios dentro del área de interés especificada por un usuario (p.ej., áreas protegidas, diferentes tipos de vegetación y cobertura terrestre, regiones definidas por los usuarios)
 - Mapeo de imágenes mostrando la ubicación de incendios o del riesgo de incendios y KMLs para importar datos a Google Earth
- El sistema actualmente opera en varios países sudamericanos, Indonesia y Madagascar

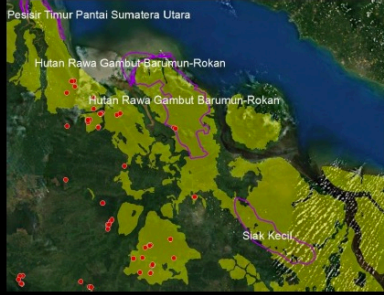
FIRECAST: A Near-Real-Time Monitoring System
Improving Forest Management in the Tropics

CONSERVATION INTERNATIONAL 
Karyn Tabor and team

FIRECAST uses satellite data to deliver daily email alerts of fire activity and daily forest flammability alerts that are used to warn communities and authorities of dangerous fire conditions.



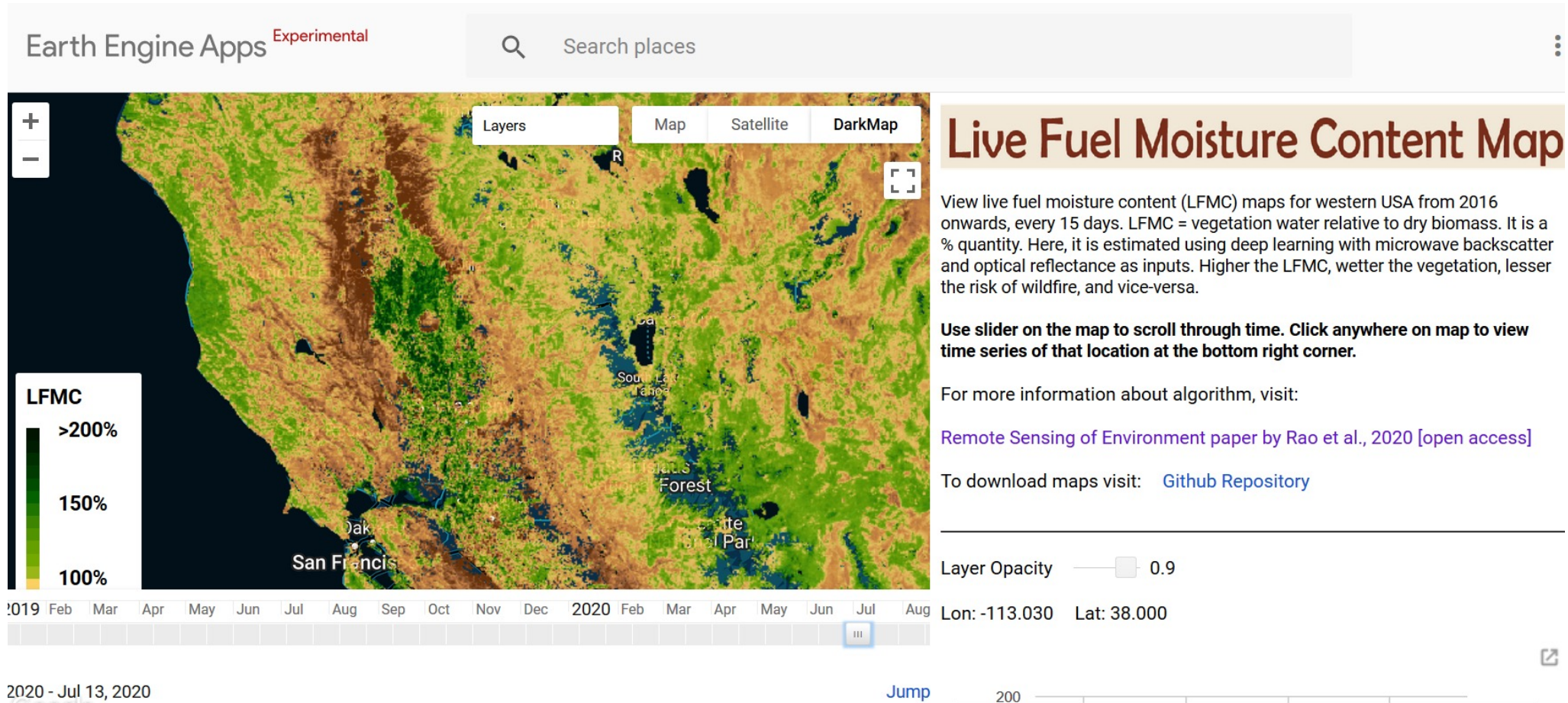
Targets areas of high biodiversity and specific communities.



Link: <https://firecast.conservation.org/>



Earth Engine Apps: Contenido de Humedad del Combustible Vivo



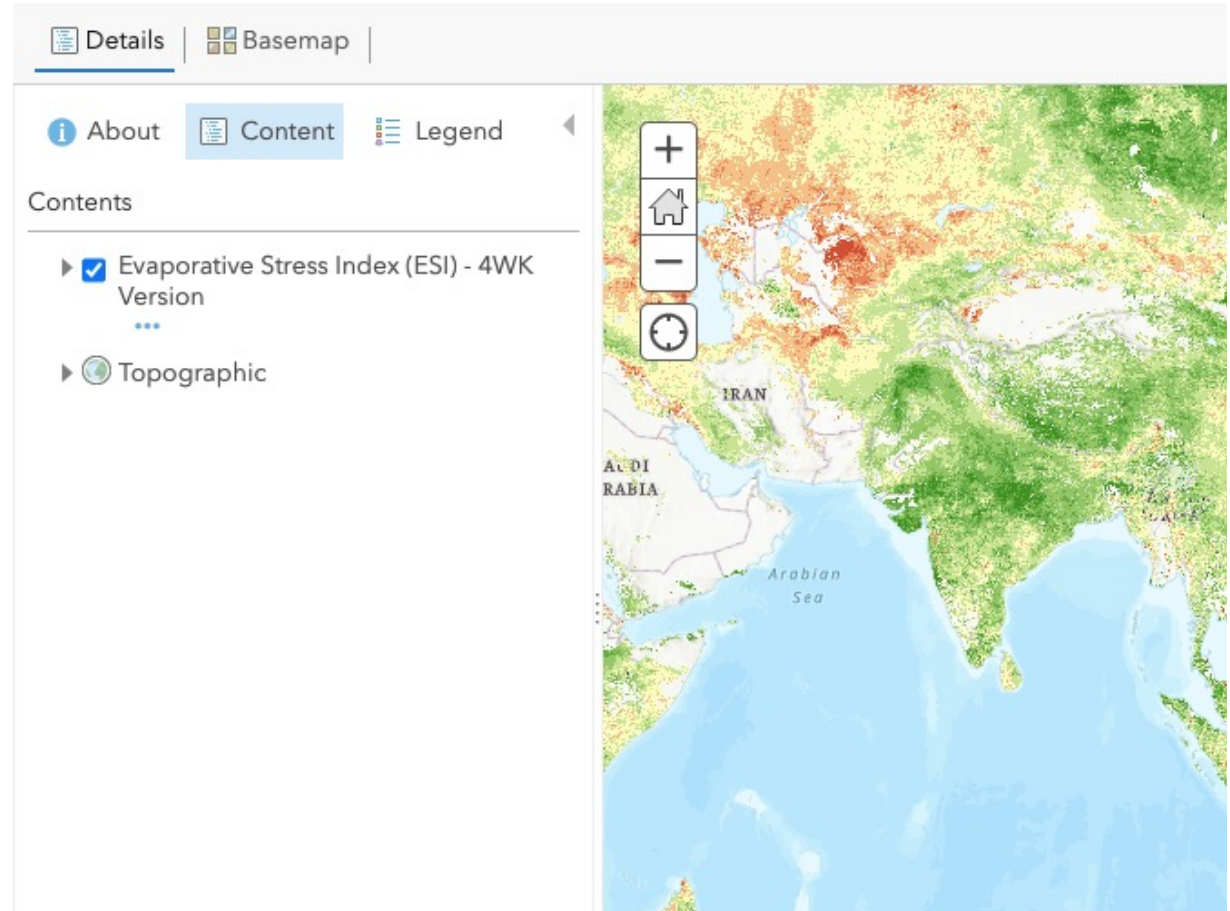
Link: <https://kkraoj.users.earthengine.app/view/live-fuel-moisture>



Visualizador de Mapas: Evaporative Stress Index

- Generalmente, la vegetación verde, sana, con acceso a suficiente agua se calienta mucho más lentamente que la vegetación seca o estresada.
- Los datos semanales del ESI están basados en variaciones en la temperatura superficial terrestre. El ESI indica cómo la tasa actual de ET se compara con condiciones normales.
- El ESI brinda información sobre la sequedad y la salud de los combustibles.

ArcGIS ▾ Evaporative Stress Index (ESI) - 4WK Version



Link: [NASA/USDA ESI Product](#)



Global Wildfire Information System (GWIS)

- Una iniciativa conjunta del programa de trabajo GEO 2017-2019 y Copérnicus, el servicio europeo que ofrece datos en tiempo casi real a nivel mundial para satisfacer las necesidades de los usuarios
- Objetivo: Proporcionar una visión y una evaluación integrales de los regímenes y efectos de los incendios a nivel mundial
- Se basa en las actividades en curso del Sistema Europeo de Información sobre Incendios Forestales, el Sistema Global de Observación Terrestre, el Equipo de Implementación de Incendios de Observación Global de la Cobertura Forestal - Observación Global de la Dinámica de la Tierra (GOFC-GOLD) y las Redes Regionales Asociadas.
- La NASA recientemente financió varios proyectos para mejorar el GWIS actual.
- Visualizador de GWIS: <https://gwis.jrc.ec.europa.eu/>





Demostración de GWIS para la Visualización de la Cobertura Terrestre y Combustibles en África Subsahariana

Otras Herramientas en Línea de Interés para el Monitoreo Pre-Incendio

- TOPOFIRE
 - <https://topofire.dbs.umd.edu>
- Wildland Fire Decision Support System (WFDSS)
 - https://wfdss.usgs.gov/wfdss/WFDSS_Data.shtml
- Portal de la NASA para el Mapeo de Desastres
 - <https://maps.disasters.nasa.gov/arcgis/apps/sites/#/home/pages/wildfires>
- USGS 3DEP LiDAR Explorer
 - <https://prd-tnm.s3.amazonaws.com/LidarExplorer/index.html#/>

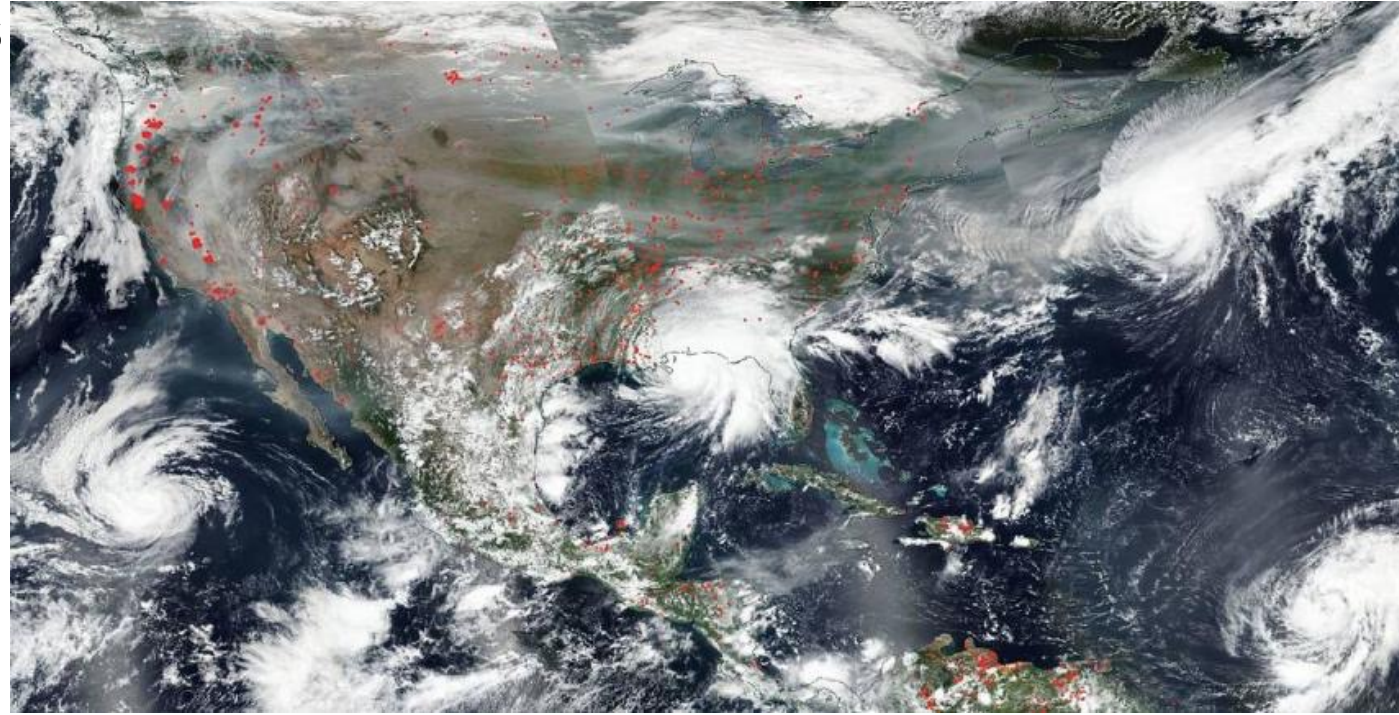




Incendios en EE.UU Occidental en 2020: California

Incendios en California- 2020

- Seis de los 20 incendios más grandes en California ocurrieron en 2020.
 - Más de 1,2 millones de hectáreas quemadas, 2 docenas de muertes, 4.000 viviendas destruidas, cientos de miles evacuados
- Condiciones Pre-Incendio:
 - Patrones climáticos más cálidos y secos, acumulación extensa de combustibles
 - Temperaturas récord del aire con vientos fuertes; muchos eventos fueron provocados por rayos

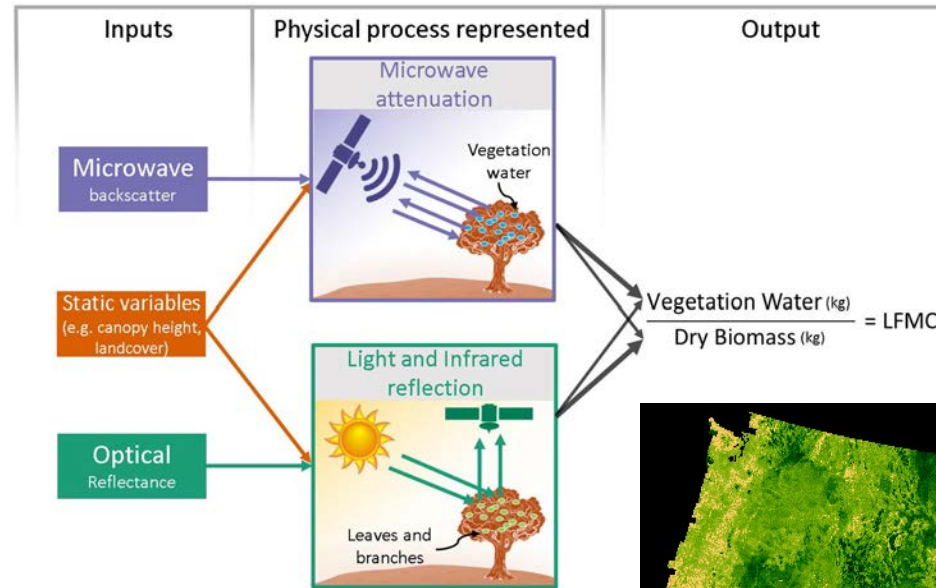


El satélite Aqua de la NASA capturó esta imagen de color real de los Estados Unidos el 15 de septiembre de 2020, mostrando los incendios en el oeste, el humo de esos incendios divagando sobre el país, varios huracanes que convergen desde diferentes ángulos y el huracán Sally tocando tierra. Fuente de la Imagen: [NASA](#)

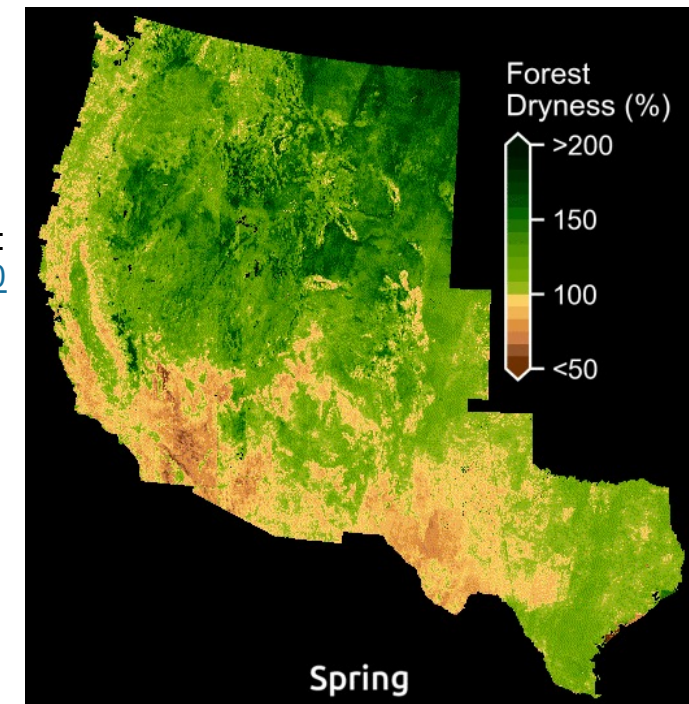


Incendios en California en 2020: Contenido de Humedad del Combustible Vivo

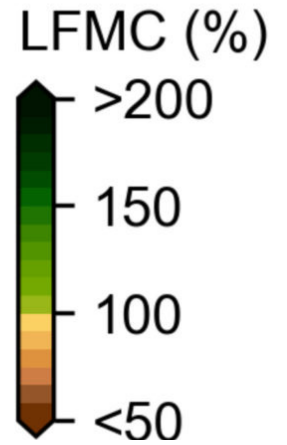
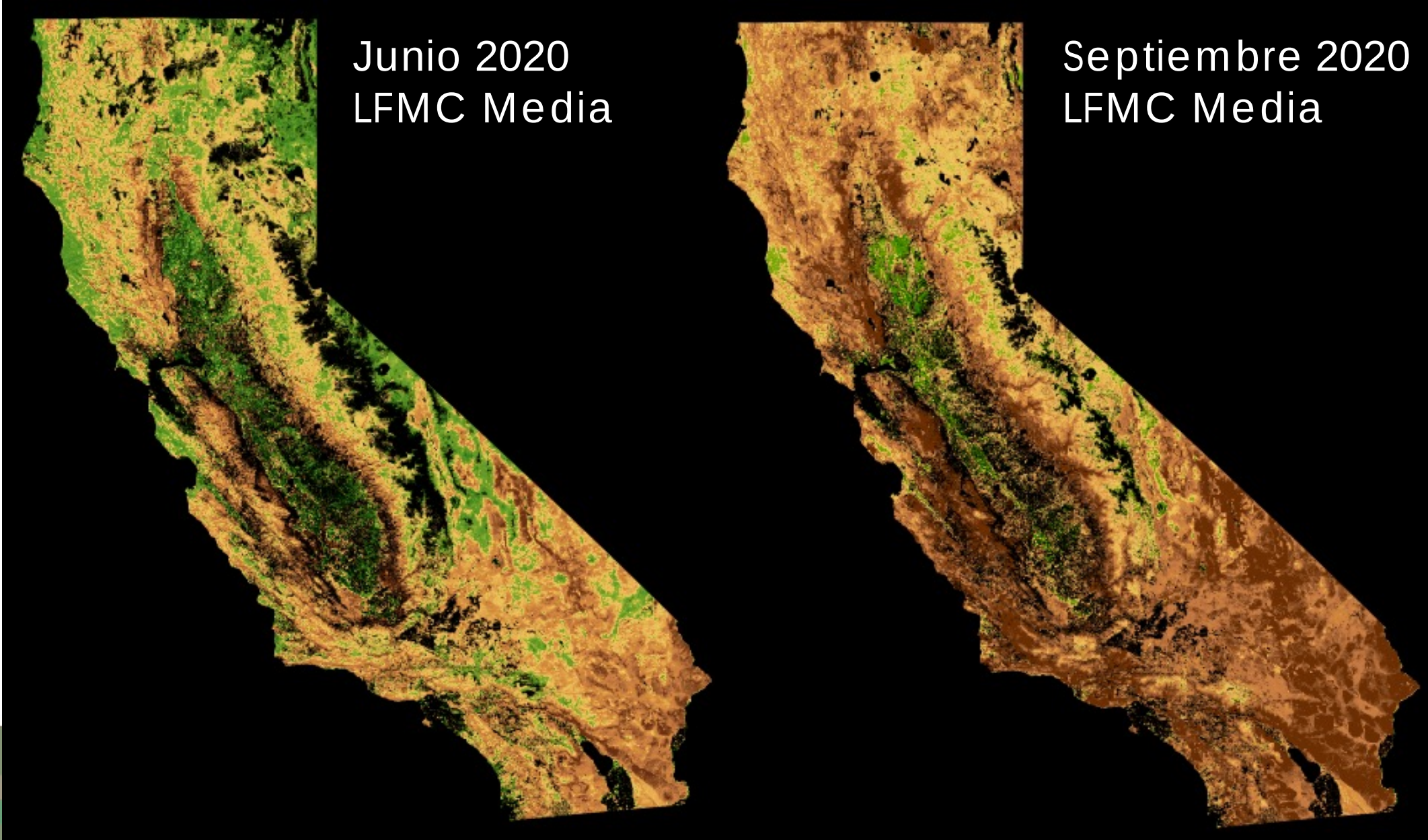
- Contenido de humedad del combustible vivo (LFMC): la masa de agua por unidad de biomasa seca en la vegetación ejerce una influencia directa sobre la inflamabilidad del combustible, la disponibilidad de combustible y la propagación de los incendios y, por lo tanto, es un parámetro importante en la evaluación del peligro de incendios.
- Se utilizaron datos SAR para mapear la sequedad
- Se utilizó información de la base de datos nacional de humedad del combustible en el modelo



Fuente de la Imagen:
[Rao et al 2020](#)



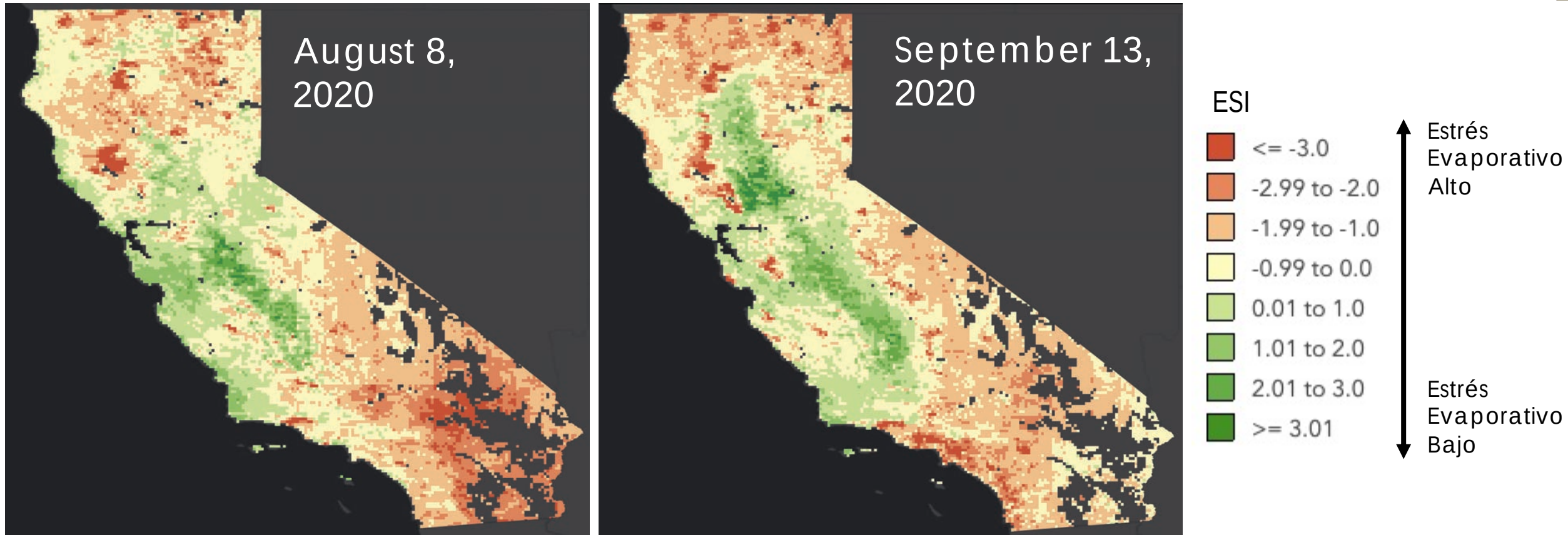
Incendios en California en 2020: Contenido de Humedad del Combustible Vivo



- Merma notoria en el contenido de humedad del combustible a lo largo de los meses de verano.



Incendios en California en 2020: Índice de Estrés Evaporativo



El estrés evaporativo fue particularmente alto en el norte y el sur de California durante la temporada de incendios del verano de 2020. Tenga en cuenta que el estrés evaporativo en estas áreas probablemente esté influenciado por la presencia de incendios.



Resumen

- Muchos sensores satelitales y aéreos tienen aplicaciones para incendios útiles en la estimación del peligro de incendios de vegetación.
 - Estos sensores abarcan fuentes de datos multiespectrales, hiperespectrales, lidar y radar.
 - Los parámetros de vegetación incluyen:
 - Tipo y extensión
 - Clase de tierra y cobertura fraccional
 - Etapa y salud
 - NDVI, EVI y SAVI
 - Humedad
 - FMC, ET, NDWI, NDMI y ESI
 - Estructura
 - Altura y densidad del dosel
- Los productos de datos (junto con los productos específicos contra incendios) se pueden encontrar en plataformas como EarthExplorer, GloVis, NASA Earthdata y AppEEARS.
- Existen varias plataformas en línea para integrar los parámetros mencionados anteriormente para proporcionar análisis de estimación de combustible y peligro de incendios.
- Próxima sesión: satélites y sensores para el monitoreo de incendios activos.



Contactos

- Capacitadores:

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

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

- Página Web de la Capacitación:

- <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!

