

# Investigando Series Temporales de Imágenes Satelitales

Cindy Schmidt, Amber McCullum

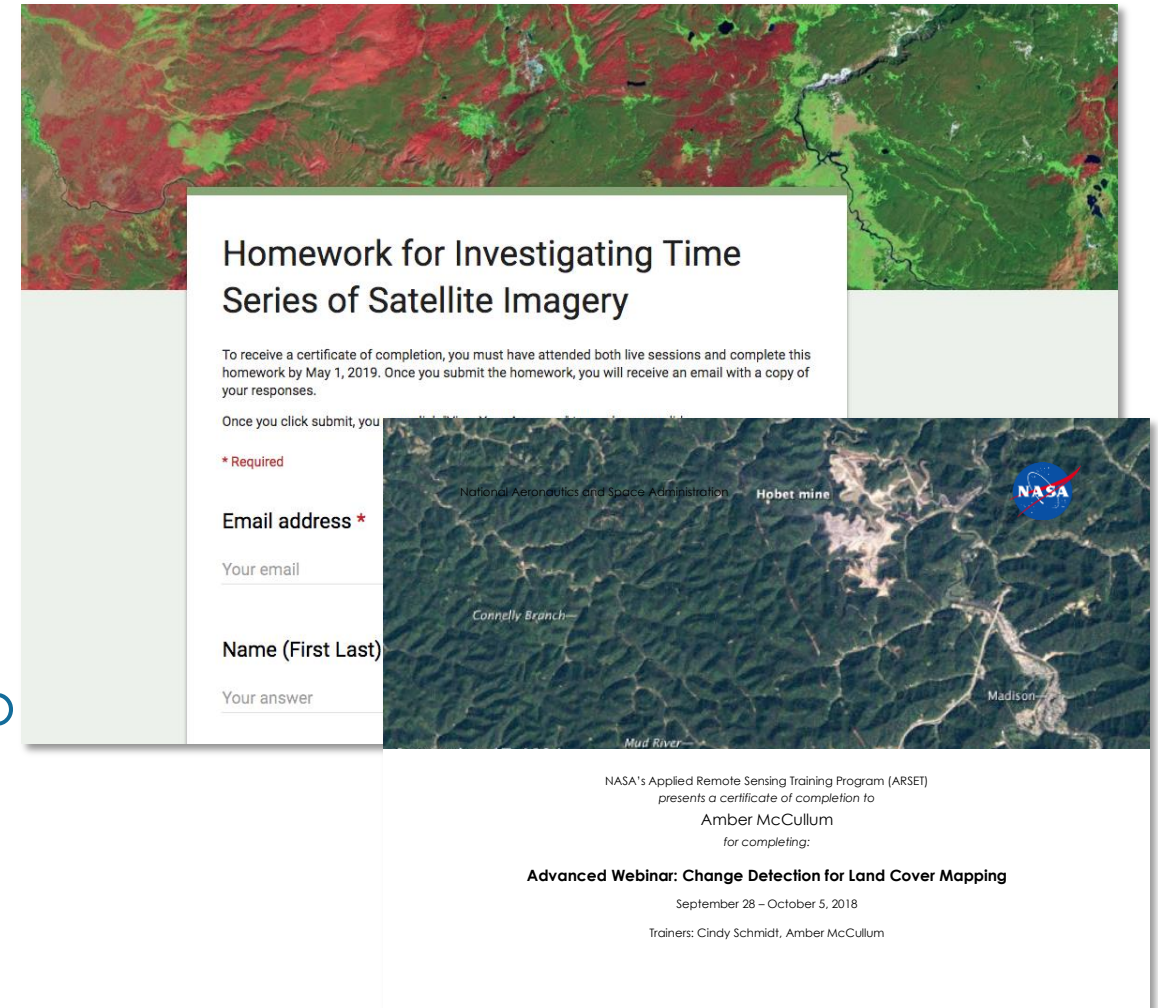
17 de abril de 2019

# Estructura del Curso

- Dos sesiones, dos horas cada una el 15 y el 17 de abril de 2019
- Se presentará el mismo contenido en dos horarios diferentes cada día:
  - Sesión A: 10h-12h Horario Este de EE.UU. (UTC-4)
  - Sesión B: 18h- 20h Horario de EE.UU. (UTC-4)
  - **Por favor inscríbese y asista a solo una sesión por día**
- Las grabaciones de las presentaciones, los archivos PowerPoint y la tarea se podrán encontrar después de cada sesión aquí:
  - <https://arset.gsfc.nasa.gov/land/webinars/time-series-19>
- Preguntas y Respuestas después de cada sesión y/o por correo electrónico
  - [cynthia.l.schmidt@nasa.gov](mailto:cynthia.l.schmidt@nasa.gov), o
  - [amberjean.mccullum@nasa.gov](mailto:amberjean.mccullum@nasa.gov)

# Tarea y Certificados

- Tarea
  - Se asignará una tarea
  - Debe enviar sus respuestas vía Google Forms
- Certificado de Finalización:
  - Asista a ambas sesiones en vivo
  - Complete la tarea asignada antes del plazo (acceso mediante la página web de ARSET)
    - Plazo para la tarea: miércoles 1<sup>ro</sup> de mayo
  - Recibirá su certificado aproximadamente dos meses después de la conclusión del curso de: [marines.martins@ssaihq.com](mailto:marines.martins@ssaihq.com)



**Homework for Investigating Time Series of Satellite Imagery**

To receive a certificate of completion, you must have attended both live sessions and complete this homework by May 1, 2019. Once you submit the homework, you will receive an email with a copy of your responses.

Once you click submit, you

**\* Required**

**Email address \***

Your email

**Name (First Last)**

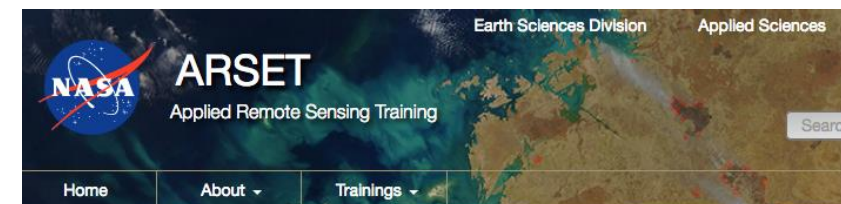
Your answer

NASA's Applied Remote Sensing Training Program (ARSET)  
presents a certificate of completion to  
**Amber McCullum**  
for completing:  
**Advanced Webinar: Change Detection for Land Cover Mapping**  
September 28 – October 5, 2018  
Trainers: Cindy Schmidt, Amber McCullum



# Prerrequisitos

- Webinar ARSET *Introducción a la Percepción Remota (Teledetección)* o conocimiento equivalente
- Completar la [Capacitación Avanzada: Detección de Cambios para el Mapeo de la Cobertura Terrestre](#)
- Instalar Google Chrome:  
<https://www.google.com/chrome/>
  - Para el ejercicio en Google Earth Engine, debe utilizar Chrome para asegurarse de que todas las funcionalidades sirvan
- Inscribirse al Google Earth Engine Code Editor:  
<https://signup.earthengine.google.com/>



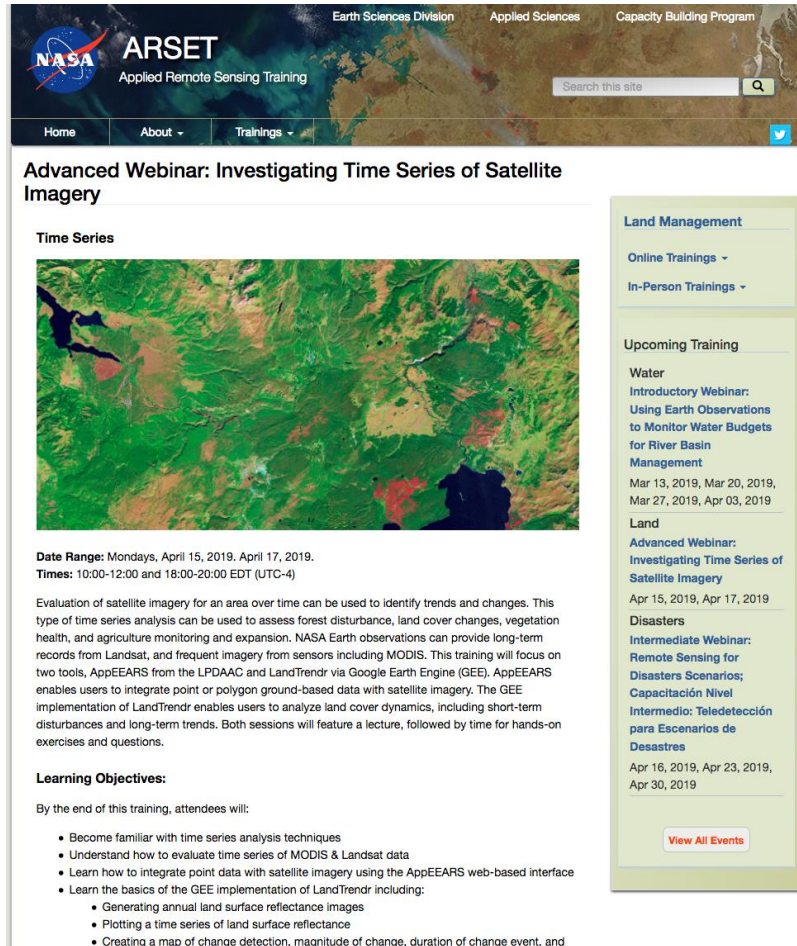
## Advanced Webinar: Change Detection for Land Cover Mapping



Google Chrome

# Cómo Acceder al Material del Curso

<https://arset.gsfc.nasa.gov/land/webinars/time-series-19>



**ARSET**  
Applied Remote Sensing Training


Earth Sciences Division Applied Sciences Capacity Building Program

Search this site

Home About Trainings

## Advanced Webinar: Investigating Time Series of Satellite Imagery

### Time Series



**Date Range:** Mondays, April 15, 2019, April 17, 2019.  
**Times:** 10:00-12:00 and 18:00-20:00 EDT (UTC-4)

Evaluation of satellite imagery for an area over time can be used to identify trends and changes. This type of time series analysis can be used to assess forest disturbance, land cover changes, vegetation health, and agriculture monitoring and expansion. NASA Earth observations can provide long-term records from Landsat, and frequent imagery from sensors including MODIS. This training will focus on two tools, AppEEARS from the LPDAAC and LandTrendr via Google Earth Engine (GEE). AppEEARS enables users to integrate point or polygon ground-based data with satellite imagery. The GEE implementation of LandTrendr enables users to analyze land cover dynamics, including short-term disturbances and long-term trends. Both sessions will feature a lecture, followed by time for hands-on exercises and questions.

**Learning Objectives:**

By the end of this training, attendees will:

- Become familiar with time series analysis techniques
- Understand how to evaluate time series of MODIS & Landsat data
- Learn how to integrate point data with satellite imagery using the AppEEARS web-based interface
- Learn the basics of the GEE implementation of LandTrendr including:
  - Generating annual land surface reflectance images
  - Plotting a time series of land surface reflectance
  - Creating a map of change detection, magnitude of change, duration of change event, and

**Land Management**

Online Trainings -

In-Person Trainings -

**Upcoming Training**

**Water**

Introductory Webinar:  
Using Earth Observations  
to Monitor Water Budgets  
for River Basin  
Management  
Mar 13, 2019, Mar 20, 2019,  
Mar 27, 2019, Apr 03, 2019

**Land**

Advanced Webinar:  
Investigating Time Series of  
Satellite Imagery  
Apr 15, 2019, Apr 17, 2019

Disasters

Intermediate Webinar:  
Remote Sensing for  
Disasters Scenarios;  
Capacitación Nivel  
Intermedio: Teledetección  
para Escenarios de  
Desastres  
Apr 16, 2019, Apr 23, 2019,  
Apr 30, 2019

[View All Events](#)

## Prerequisites:

Attendees that do not complete prerequisites may not be adequately prepared for the pace of the course.

- Complete **Sessions 1 & 2A of Fundamentals of Remote Sensing**, or equivalent experience
- Complete the **Advanced Webinar: Change Detection for Land Cover Mapping**
- Install Google Chrome: <https://www.google.com/chrome/>
  - For the Google Earth Engine exercise, Chrome should be used to make sure all features work
- Sign up for the Google Earth Engine Code Editor: <https://signup.earthengine.google.com/>

## Audience:

Advanced users of remote sensing data within local, regional, state, federal, and non-governmental organizations involved in land management and conservation efforts. Professional organizations in the public and private sectors engaged in environmental management and monitoring will be given preference over organizations focused primarily on research.

## Registration Information:

There is no cost for the webinar, but you must register to attend the sessions. Because we anticipate a high demand for this training, please only sign up for one session. Sessions will only be broadcast in English - Session A will cover the same content as Session B. Professional organizations in the public and private sectors engaged in water resources management and monitoring will be given preference over organizations focused primarily on research.

- [Register for Session A, 10:00-12:00 EDT \(UTC-4\) »](#)
- [Register for Session B, 18:00-20:00 EDT \(UTC-4\) »](#)

## Course Agenda:

[Agenda\\_41.pdf](#)

April 15, 2019

This session will include a review of MODIS and Landsat, a review of change detection, an overview of time series analysis methods, and an AppEEARS hands-on exercise.

**Application Area:** Land

**Available Languages:** English

**Instruments/Missions:** Terra, Landsat, MODIS, Aqua

**Keywords:** Ecosystems, Land-Cover and Land-Use Change (LCLUC), Satellite Imagery, Tools

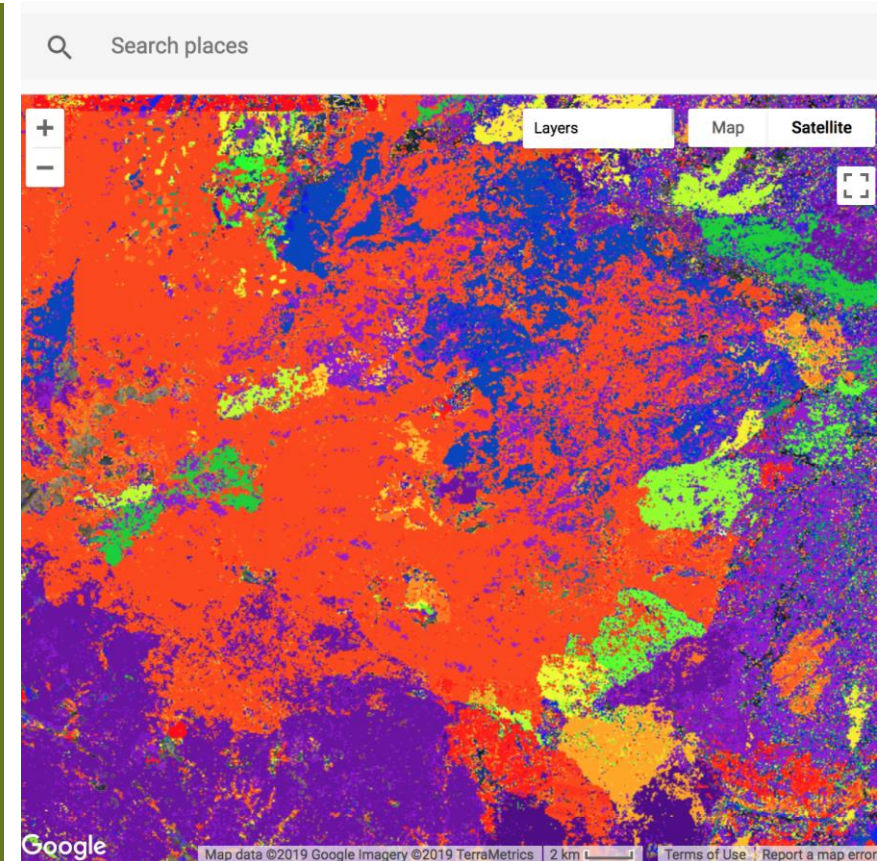


# Esquema del Curso

Sesión 1:  
Introducción  
a Series  
Temporales  
y AppEEARS



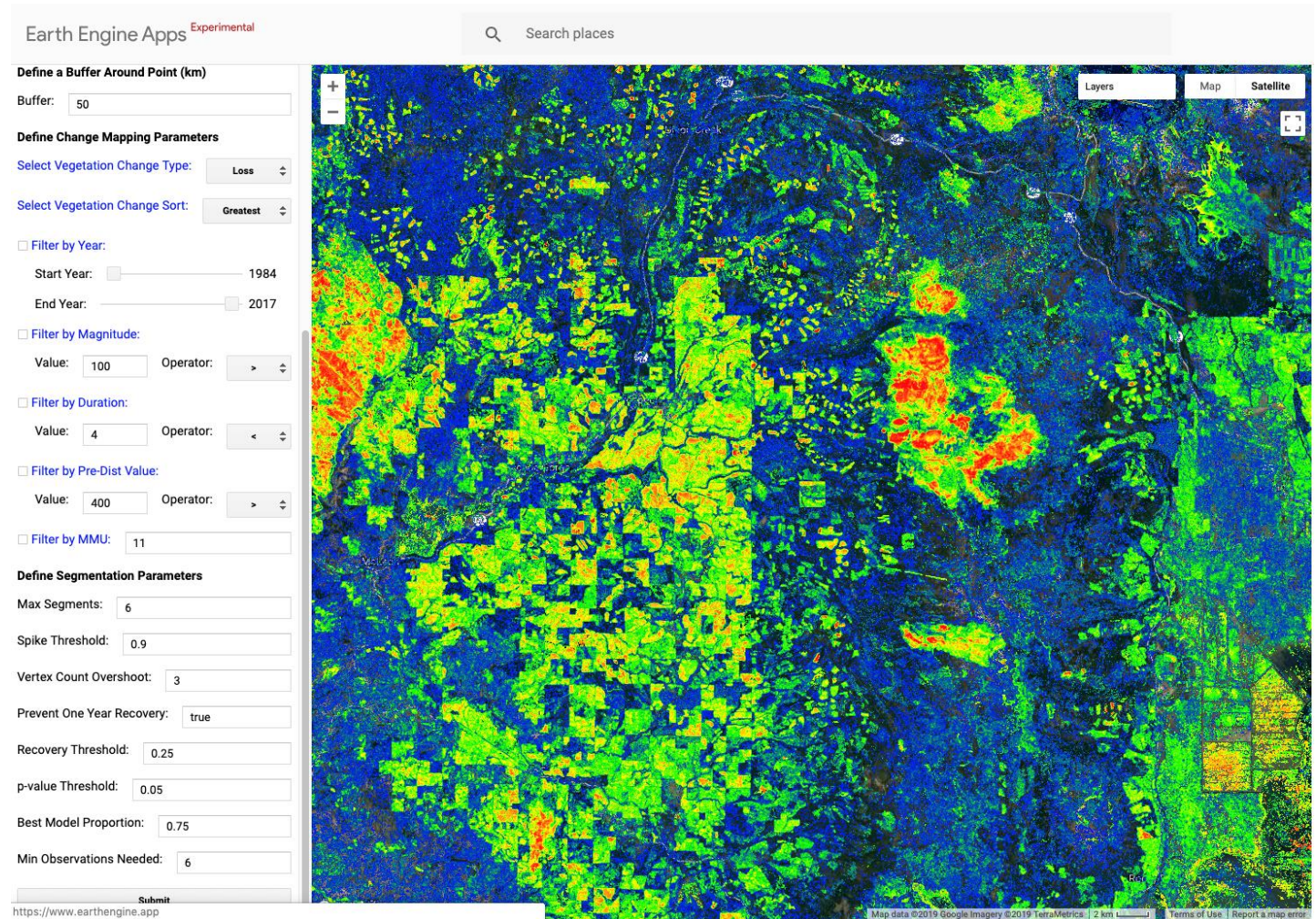
Sesión 2:  
LandTrendr-  
Resumen y  
Aplicaciones





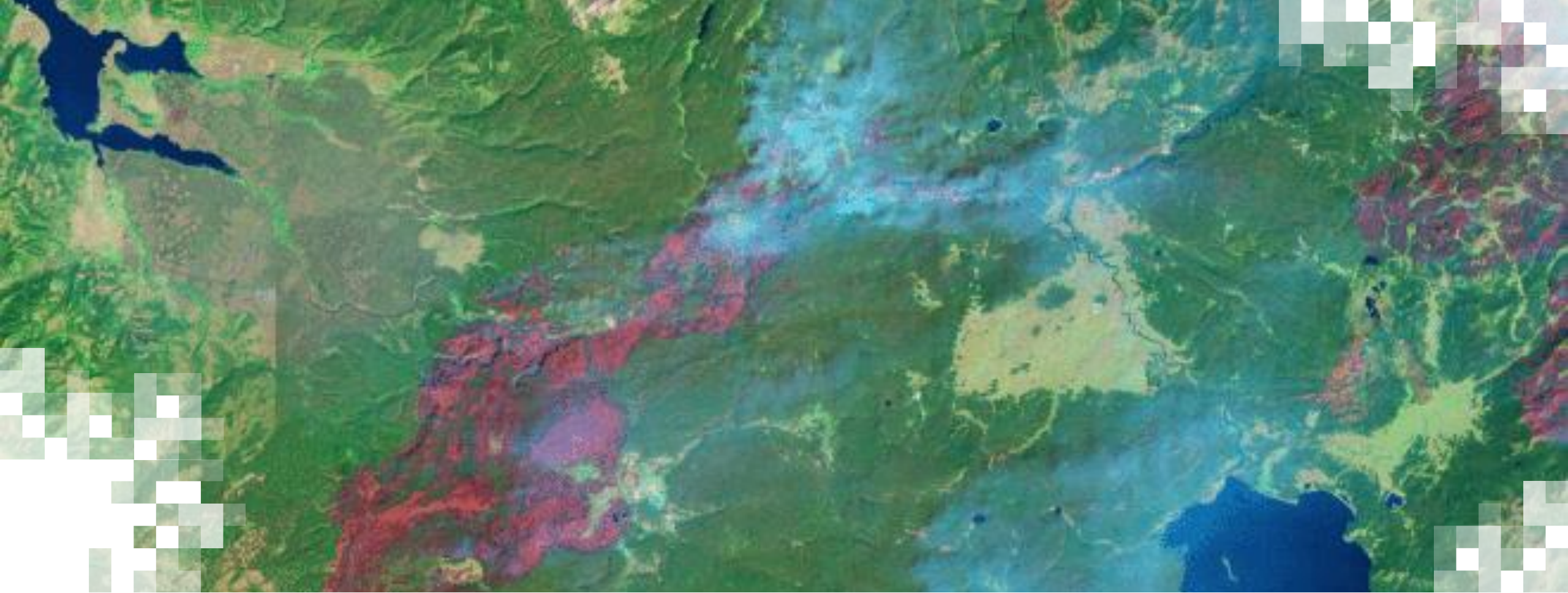
# Sesión 2- Agenda

- Resumen General de Algoritmos para Disturbios Forestales
- Resumen General de LandTrendr
- LandTrendr en GEE
- Otros Algoritmos para Disturbios en la Vegetación
  - Monografía: [Cohen et al., 2017](#)
- Ejercicio de LandTrendr



[LandTrendr Change Mapper](#): Magnitud de Disturbio





## Resumen General de Algoritmos para Disturbios Forestales



# Series Temporales de Disturbios Forestales

## Sirven para:

- Mapear patrones de disturbios
- Establecer relaciones históricas entre factores de impulso de disturbios humanos y naturales
  - Desarrollo urbano vs. insectos
- Evolución de la recuperación post-disturbio

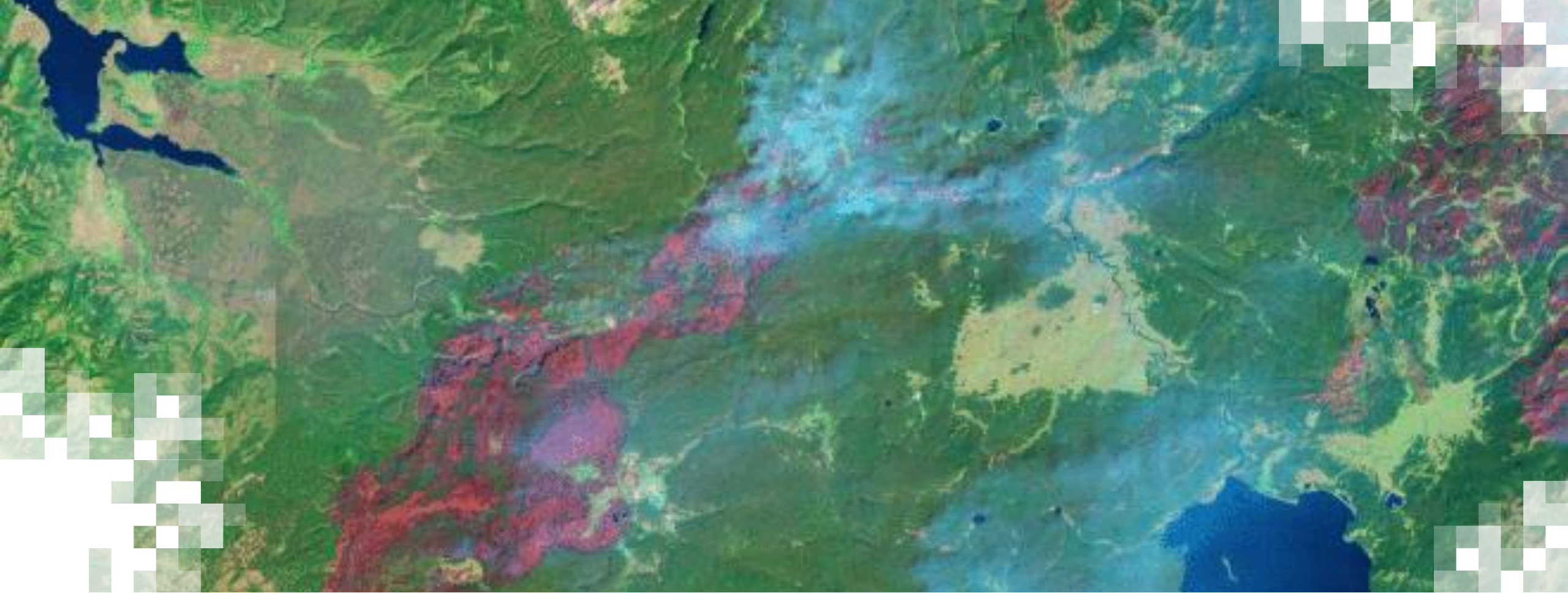
## Dos Métodos Principales:

- Desviaciones (eventos breves)
- Tendencias (eventos a largo plazo)

# Algoritmos para Disturbios Forestales

- Se utilizan varios algoritmos para Landsat, dependiendo de los factores de su interés
- Algunas diferencias adicionales entre algoritmos incluyen:
  - El uso de diferentes bandas o índices (ej., NBR, NDVI, vectores de cambio relativo etc.)
  - Tipo de Vegetación (ej., solo bosques, toda vegetación leñosa, todos los tipos de cobertura terrestre)
  - Magnitud de disturbio (ej., eventos de gran magnitud vs. gama amplia de magnitudes)
- Enfoque durante esta capacitación: Detección de Tendencias de Disturbios y Recuperación en Base a Landsat (Landsat-Based Detection of Trends in Disturbance and Recovery o **LandTrendr**)





## Resumen General de LandTrendr

# Landsat-Based Detection of Trends in Disturbance and Recovery\* (LandTrendr)

- Reconoce que el cambio por lo general no es un contraste entre dos fechas sino un proceso continuo operando en varias escalas temporales
  - Duración breve (ej. incendios forestales) y tendencias a largo plazo
- Extrae las trayectorias espectrales del cambio en la superficie del suelo de series temporales apiladas de Landsat (Landsat time-series stacks o LTS)
- 3 Componentes:
  - El rastreo de cambios anuales (no intra-anuales)
  - Está basado en píxeles
  - Permite eventos singulares y nivelación espectral (segmentación temporal arbitraria)

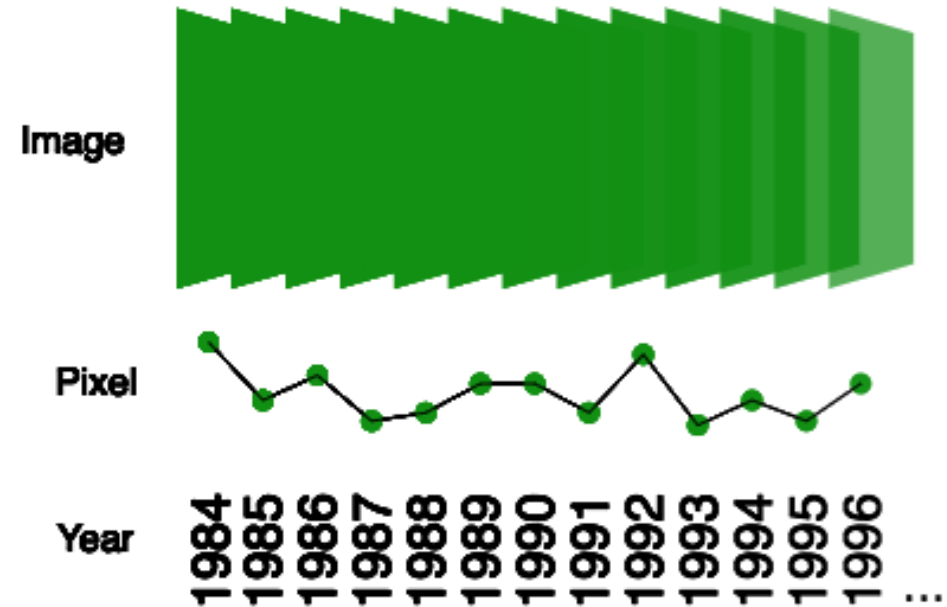
\* Detección de Tendencias de Disturbios y Recuperación en Base a Landsat

[Kennedy, et al., 2010](#)



# Mosaicos Anuales

- Utilizan varias imágenes al año para eliminar lagunas en los datos, nubes, nieve, humo y sombras
- Se aplica una corrección geométrica y radiométrica
- Se genera un mosaico en base a píxeles sobre la marcha
- Se crea una pila de imágenes Landsat para cada análisis anual

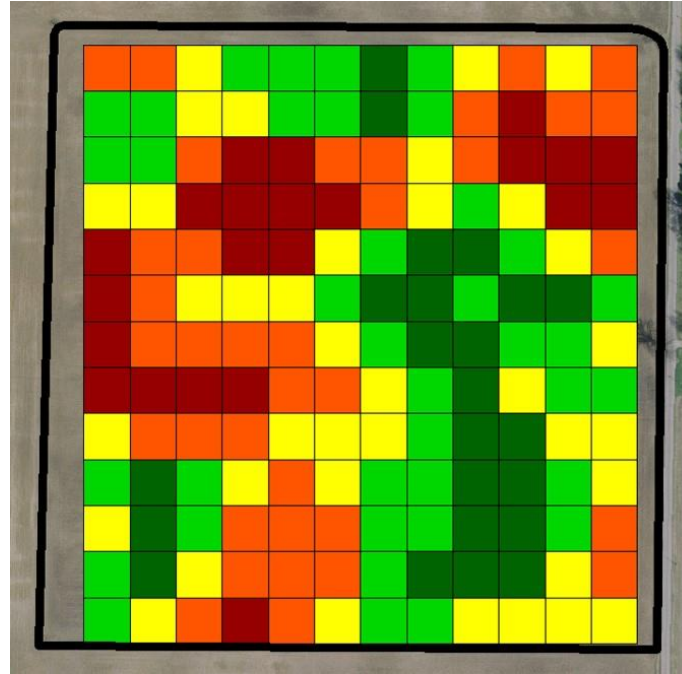


La pila de imágenes Landsat contendrá una imagen mosaico por cada año

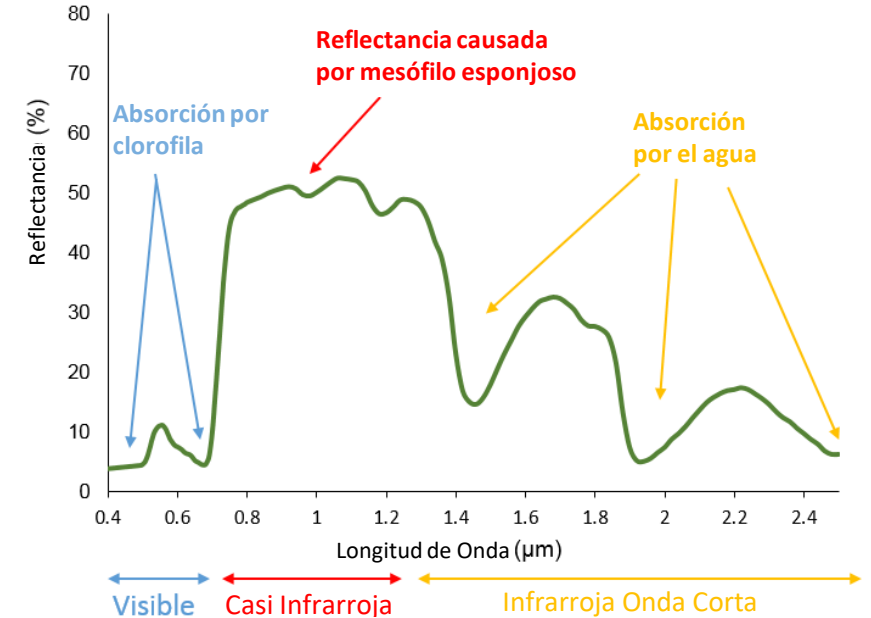
Fuente de la Imagen: [LandTrendr website](http://LandTrendr website)

# En Base a Pixeles

- Se utiliza la firma espectral de cada pixel
- Transformación “Tasseled Cap” (Kauth-Thomas)
- En un mosaico anual, se elije un pixel de la imagen más cercana al día juliano medio de las imágenes en toda la pila
  - Iterativamente, el día siguiente más cercano si es que el pixel contiene una nube



Ejemplo de pixeles en un campo



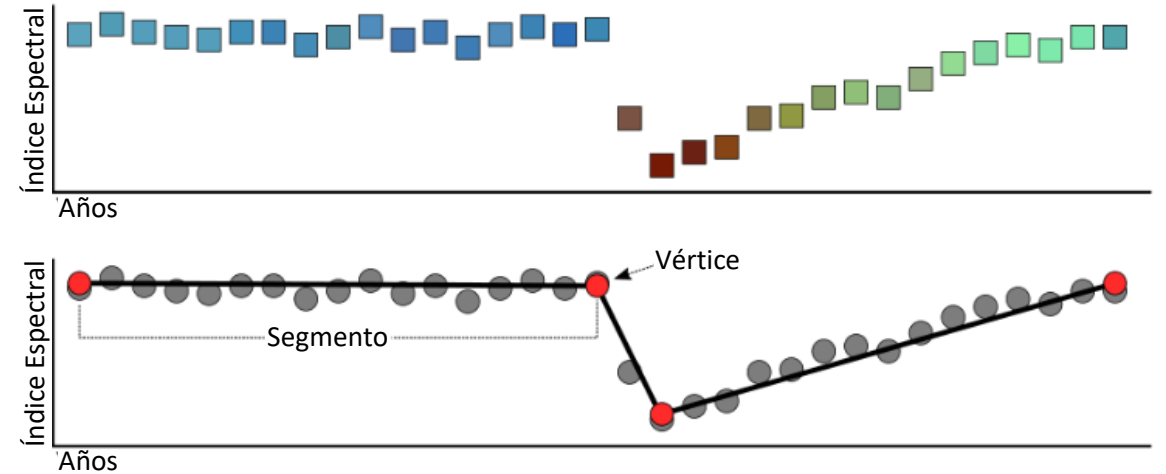
Ejemplo de firma espectral de la vegetación

Fuentes de Imágenes: (Izq.) [GIS Ag Maps](#); (Der.) [Humbolt State GSP 216](#)



# Segmentación de Trayectoria

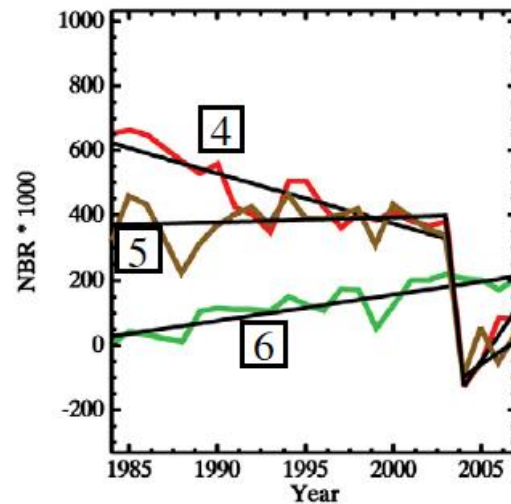
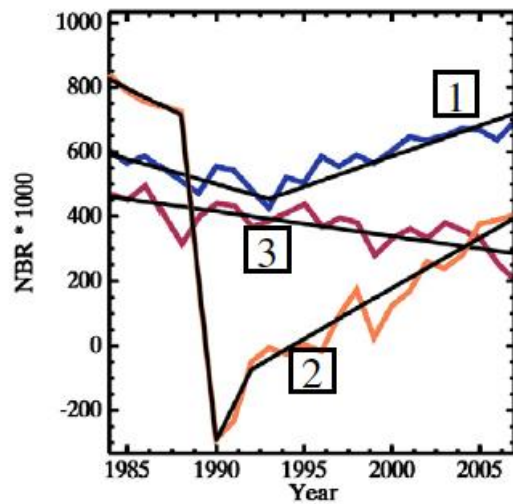
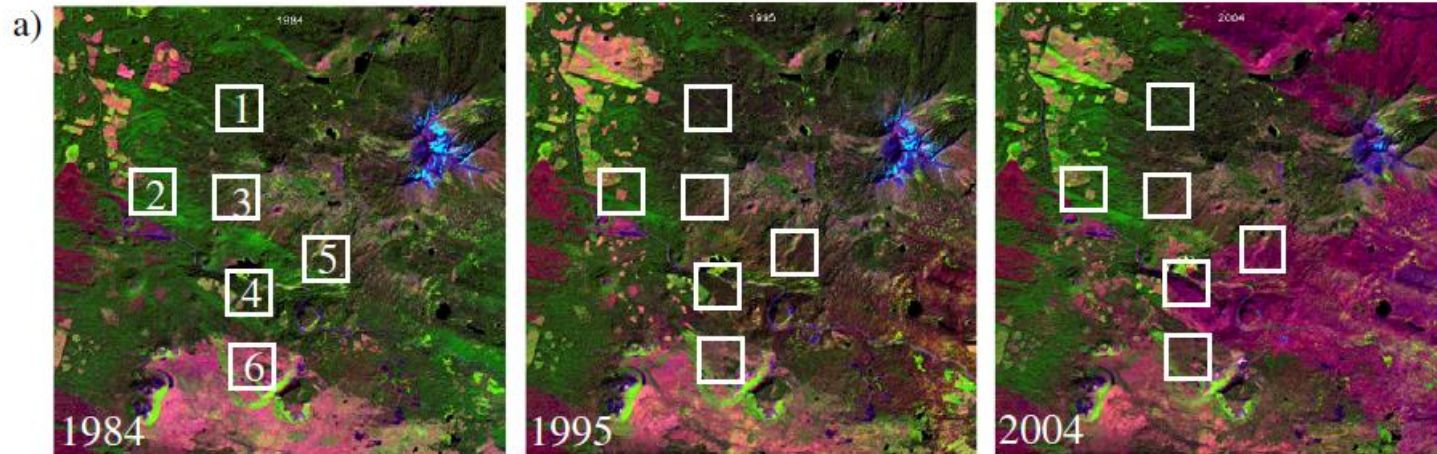
- Captura cambios abruptos y lentos
- Modela la firma espectral de cada pixel cada año como una secuencia de segmentos de líneas rectas
  - Captura tendencias
  - Elimina ruidos mientras retiene detalles
- Pasos:
  - Crear modelo complejo adaptado
  - Iterativamente simplificar el modelo
  - Elegir el mejor modelo según las estadísticas
  - Remover cambios que se consideren ruidos



Los datos en las imágenes se reducen a una sola banda o índice espectral y luego se dividen en una serie de segmentos rectilíneos según la identificación del punto de interrupción (vértice)

Fuente de la Imagen: [LandTrendr GEE website](http://LandTrendr.GEE.website)

# Analizar los Resultados



1. Insectos
2. Tala
3. Insectos
4. Insectos seguidos por un incendio
5. Estabilidad seguida por un incendio
6. Recuperación de un incendio

Fuente de la Imagen: [Kennedy, et al., 2010](#)

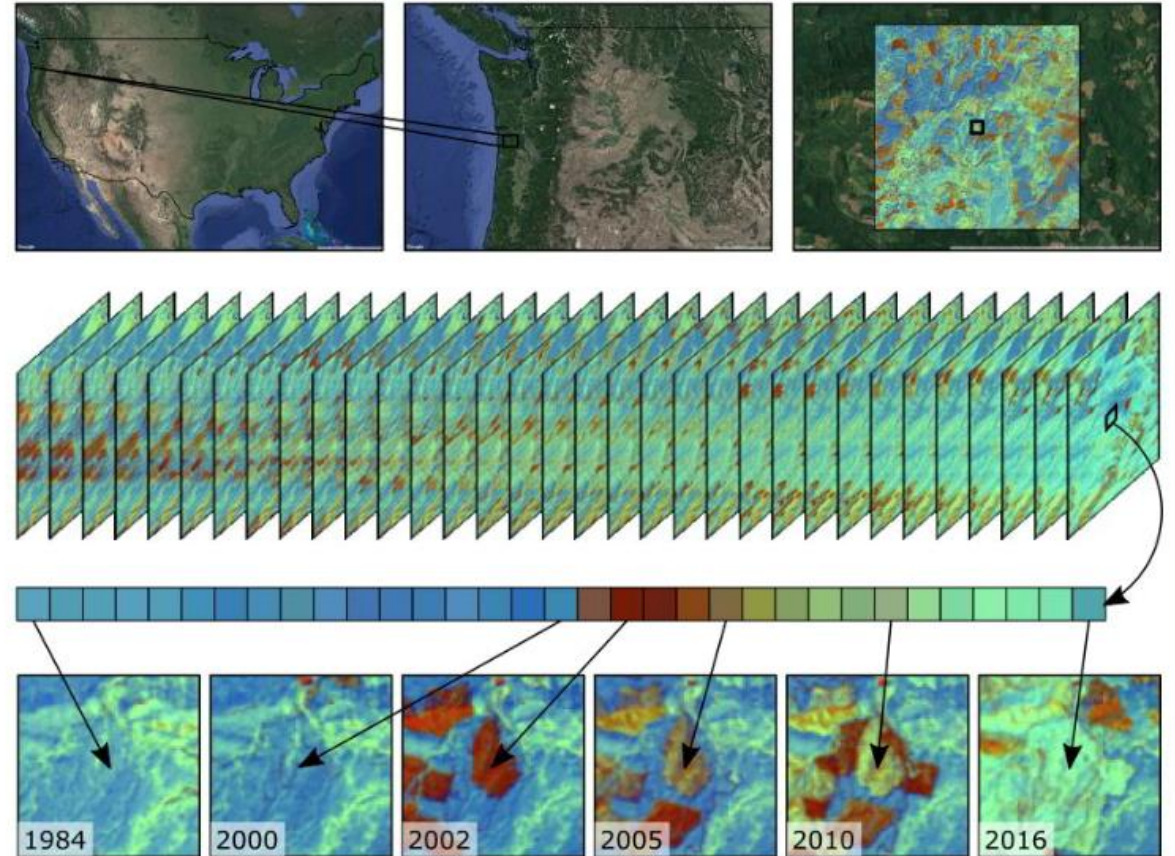


# Analizar los Resultados: 2<sup>do</sup> Ejemplo

- Bosque industrial dominado por coníferos en el Noroeste del Pacífico

## Análisis:

- 1984 - 2000: Pocos cambios
- 2000 - 2001: Se abre un camino
- 2002 - 2010: Cosecha (tala)
- 2016: Recrecimiento



# LandTrendr en Google Earth Engine

- El algoritmo fue implementado inicialmente en el lenguaje Interactive Data Language (IDL)
- Ahora en GEE (Google Earth Engine)
  - Procesamiento en base a scripts (JavaScript)
  - Interfaz del Usuario (User Interface o UI)
- Se aplican correcciones y máscara de nubes dentro de GEE
- Puede utilizar diferentes tipos de índices de vegetación
  - Los datos positivos representan la pérdida de vegetación (ej. Relación de Quema Normalizada (NBR) multiplicada por -1)



Fuente de la Imagen: [LandTrendr for GEE website](#)



# Interfaz del Usuario de LandTrendr en GEE

## Tres Aplicaciones

- Pixel Time Series Plotter (Plotter de Series Temporales de Pixeles)
  - Crea figuras de los valores de los índices a través del tiempo para un pixel específico
- Change Mapper (Mapeador de Cambios)
  - Mapea disturbios dentro de varias capas
- Fitted Index Delta RGB Mapper (Mapeador de índices rojo-verde-azul)
  - Crea un mapa rojo, verde, azul (RGB) de valores espectrales o de índices en tres intervalos

# Pixel Time Series Plotter (Plotter de Series Temporales de Pixeles)

Earth Engine Apps Experimental

Search places

Define Year Range

Start Year: 1984  
End Year: 2018

Define Date Range (month-day)

Start Date: 06-10  
End Date: 09-20

Select Indices

NBR  NDVI  NDMI  TCB  
 TCG  TCW  TCA  B1  
 B2  B3  B4  B5  
 B7  ENC

Define Pixel Coordinates (optional)

Longitude: -122.35471  
Latitude: 42.701417

Define Segmentation Parameters

Max Segments: 6  
Spike Threshold: 0.9  
Vertex Count Overshoot: 3  
Prevent One Year Recovery: true  
Recovery Threshold: 0.25  
p-value Threshold: 0.05  
Best Model Proportion: 0.75  
Min Observations Needed: 6

Submit

Click a point

Layers Map Satellite

LandTrendr Time Series Plots

Index: NBR | Fit RMSE: 63.48

Index: NDVI | Fit RMSE: 34.96

Index: NDMI | Fit RMSE: 51.13

Index: TCB | Fit RMSE: 162.67

Info: <https://goo.gl/pQtjR>





# Change Mapper (Mapeador de Cambios)

Earth Engine Apps Experimental

**Define a Buffer Around Point (km)**  
Buffer:

**Define Change Mapping Parameters**  
Select Vegetation Change Type:    
Select Vegetation Change Sort:

Filter by Year:  
Start Year:  End Year:

Filter by Magnitude:  
Value:  Operator:

Filter by Duration:  
Value:  Operator:

Filter by Pre-Dist Value:  
Value:  Operator:

Filter by MMU:

**Define Segmentation Parameters**  
Max Segments:   
Spike Threshold:   
Vertex Count Overshoot:   
Prevent One Year Recovery:   
Recovery Threshold:   
p-value Threshold:   
Best Model Proportion:   
Min Observations Needed:



**Instructions**  
1) Define mapping options in control panel  
2) Click a point or enter & submit coordinates  
3) Check the "Inspector" box and click a point for info  
\* Wait patiently for map and point info to load  
\* [Click here for more information](#)

Inspector



# Fitted Index Delta RGB Mapper (Mapeador de índices rojo-verde-azul)

Earth Engine Apps Experimental

**Define Year Range**  
Start Year: 1984  
End Year: 2017

**Define Date Range (month-day)**  
Start Date: 06-10 End Date: 09-20

**Select Index**  
NBR

**Define Years for Red, Green, Blue**  
Red Year: 1985  
Green Year: 2000  
Blue Year: 2015

**Define Pixel Coordinates (optional)**  
Longitude: -122.35471 Latitude: 42.701417

**Define a Buffer Around Point (km)**  
Buffer: 50

**Define Segmentation Parameters**  
Max Segments: 6  
Spike Threshold: 0.9  
Vertex Count Overshoot: 3  
Prevent One Year Recovery: true  
Recovery Threshold: 0.25  
p-value Threshold: 0.05  
Best Model Proportion: 0.75  
Min Observations Needed: 6

Click a point

Layers Map Satellite

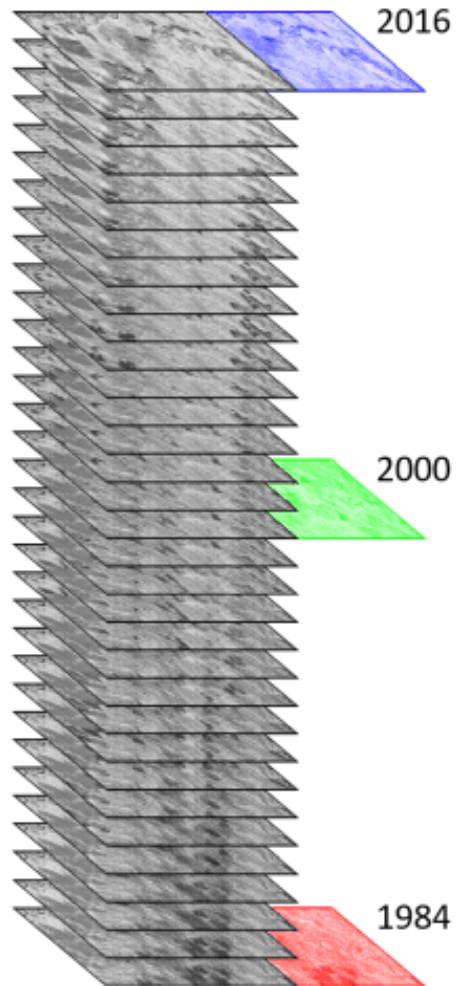
Info: <https://goo.gl/gGL3Dd>

Map data ©2019 Google Imagery ©2019 TerraMetrics 2 km Terms of Use Report a map error

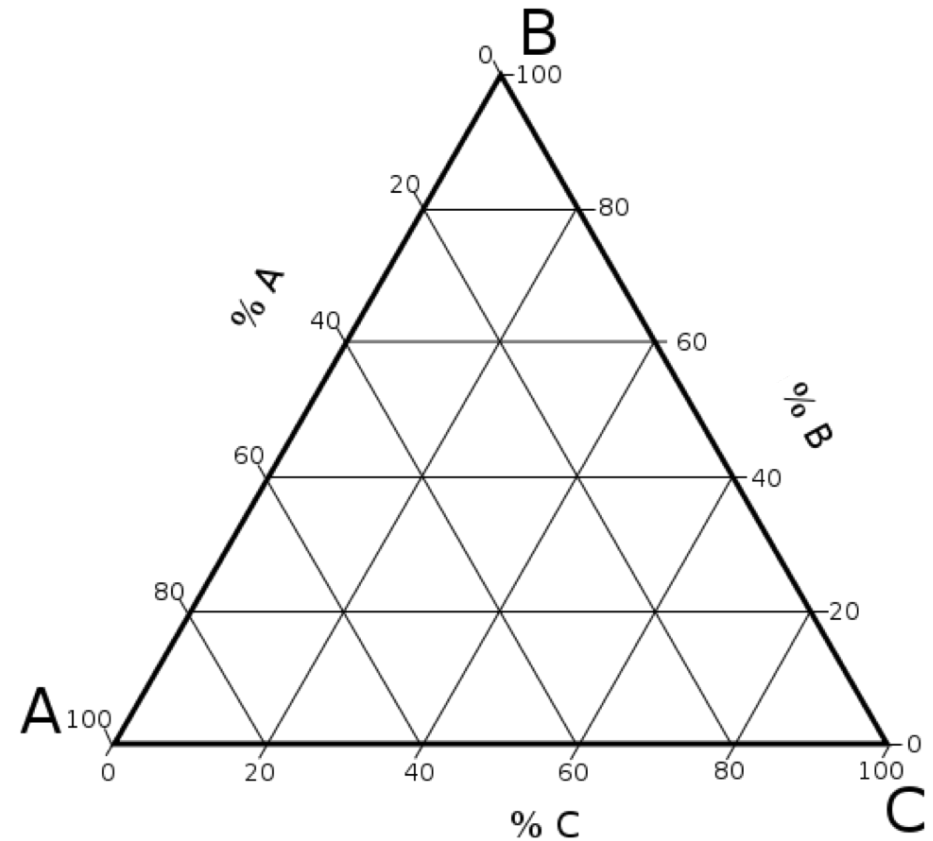
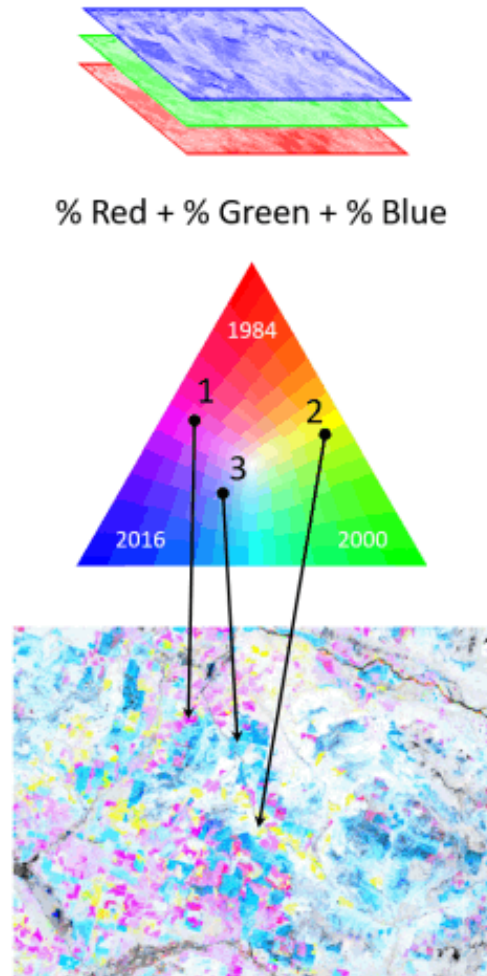


# Fitted Index Delta RGB Mapper (Mapeador de índices rojo-verde-azul)

Annual NBR Intensity

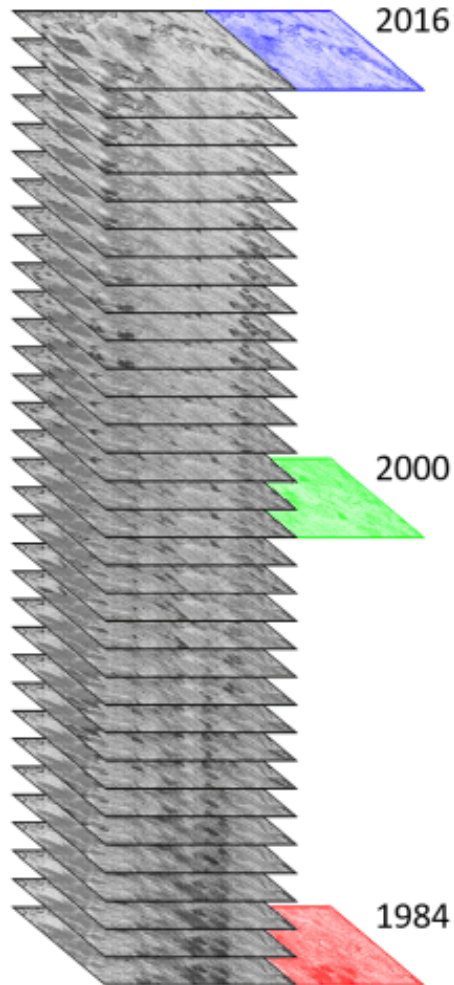


Color-map change using RGB compositing

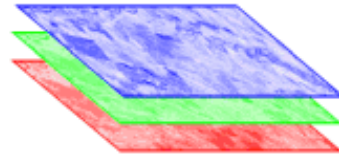


# Fitted Index Delta RGB Mapper (Mapeador de índices rojo-verde-azul)

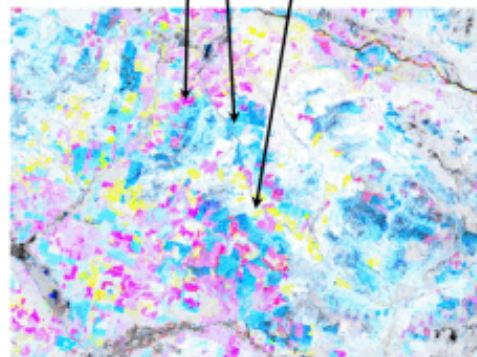
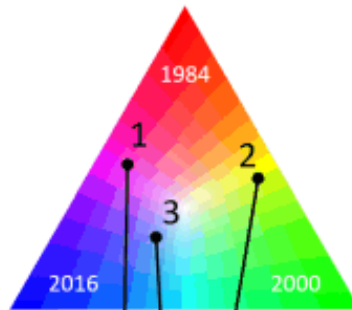
Annual NBR Intensity



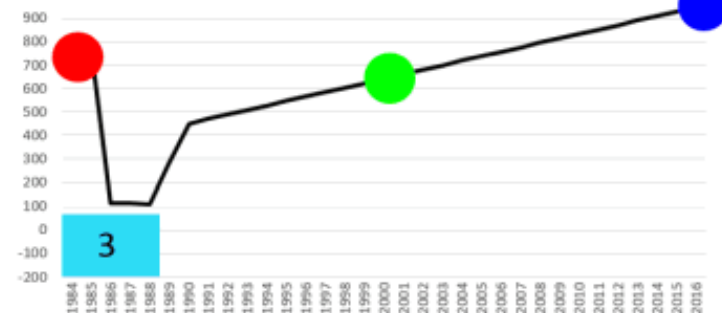
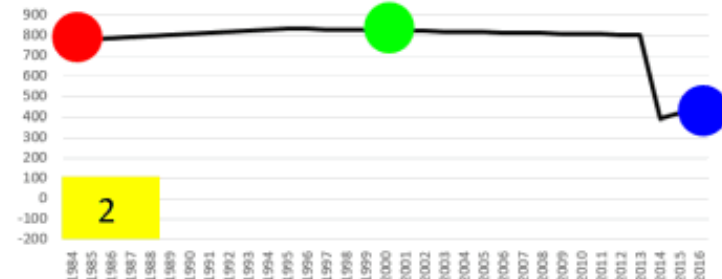
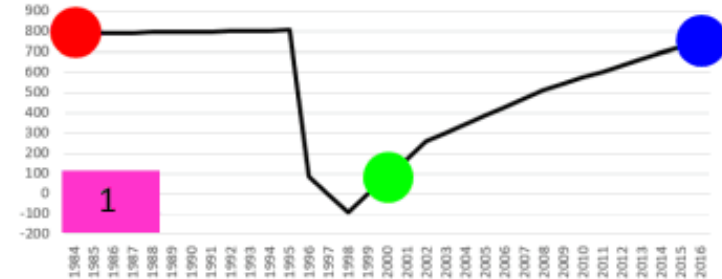
Color-map change using RGB compositing



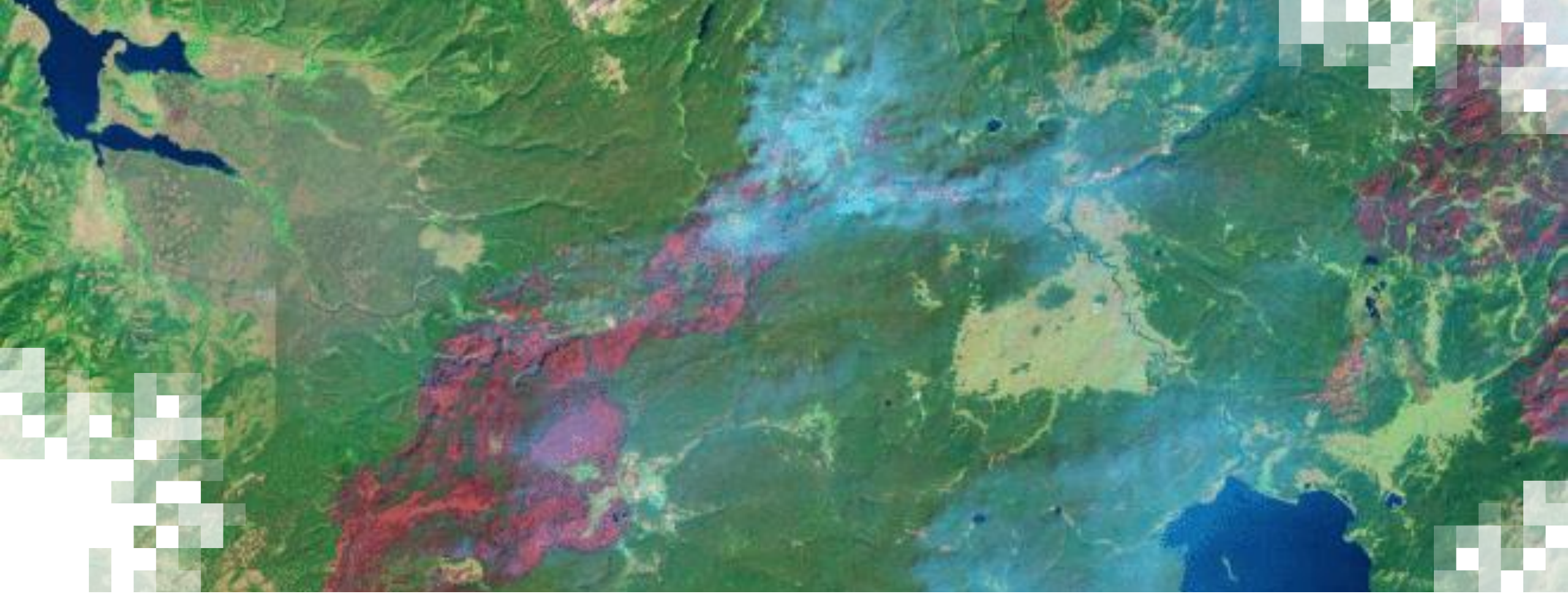
% Red + % Green + % Blue



Spectral-temporal time series examples







Otros Algoritmos para Disturbios de la Vegetación

# Vegetation Change Tracker\* (VCT)

- Similar a LandTrendr, pero utiliza mecanismos diferentes
- Solo se utiliza para bosques
- Es mejor para eventos de gran magnitud a corto plazo
- Técnica de dos pasos
  - Crear máscara y calcular índices espectrales para cada imagen en la pila
    - Esto mide la probabilidad de bosque
  - Análisis del puntaje Forest Score y la Relación de Quema Normalizada (NBR)

Fuente de la Imagen: [Huang et al., 2010](#)



Ejemplos de casos en que se usó el VCT: incendio forestal (izq.) y tala (der.)

\*Rastreador de cambios en la vegetación

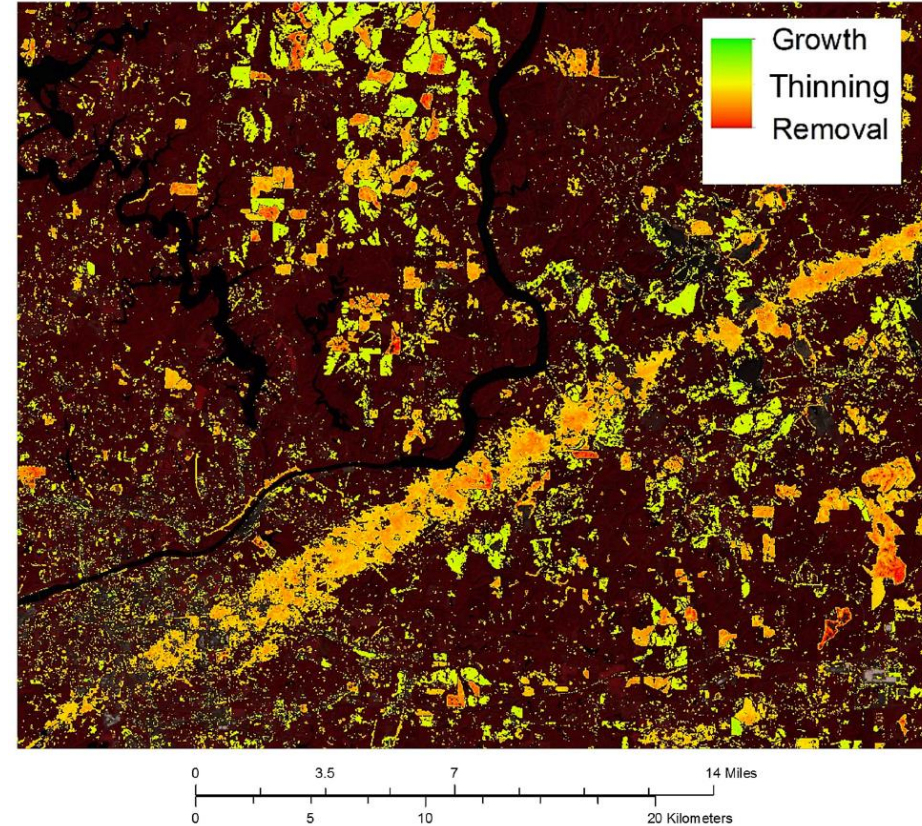


# Exponentially Weighted Moving Average Change Detection\* (EWMACD)

- Usa residuales de la regresión de series temporales para detectar cambios sutiles en la vegetación a lo largo de varios años
- Es mejor para eventos discretos
- Amplia gama de magnitudes de disturbio (baja a alta)
- Se utiliza solo para bosques
- Mejor para eventos a de gran magnitud a corto plazo

\*Detección de Cambios Promedio Móviles Ponderados Exponencialmente

Fuente de la Imagen: [Brooks et al., 2014](#)



Resultados del EWMACD mostrando un espectro de cambios de crecimiento (growth) a remoción (removal). La línea que atraviesa la imagen es la ruta que tomó un tornado cerca de Tuscaloosa, Alabama EE.UU.

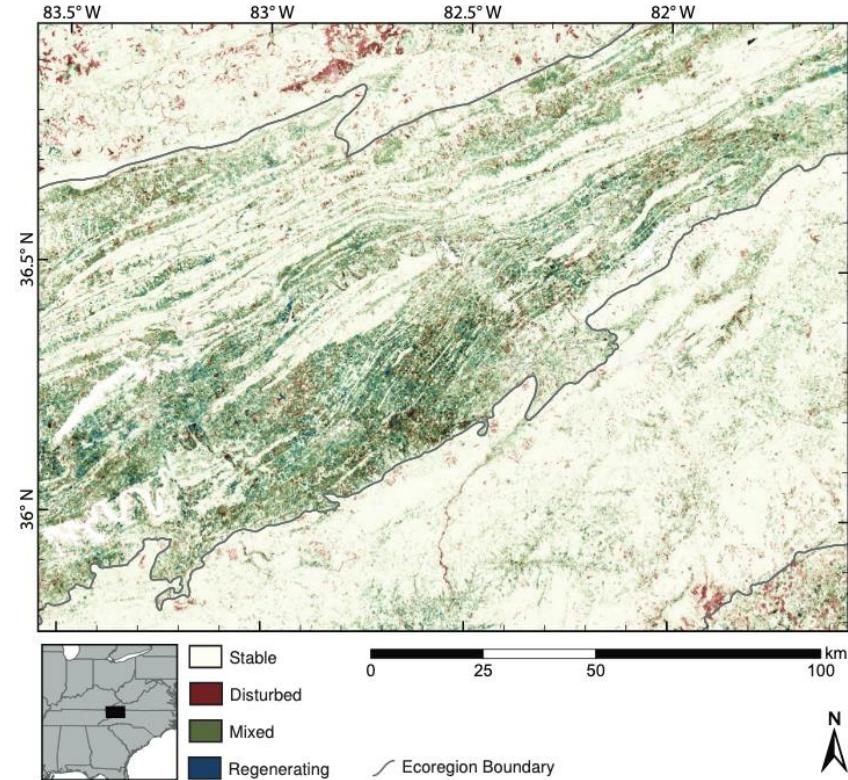


# Vegetation Regeneration and Disturbance Estimates Through Time\* (VeRDET)

- Utiliza redes neurales para explorar la información espectral de cada pixel
- Difiere de LandTrendr en que construye segmentos de píxeles y asigna un valor común antes de detectar algún cambio
- Eventos discretos y cambios graduales (disturbios de duración variable)
- Amplia gama de magnitudes de disturbios (baja y alta)
- Solo bosques

\*Estimaciones de la Regeneración y Disturbios de la Vegetación a través del Tiempo

Fuente de la Imagen: [Hughes, 2014](#)



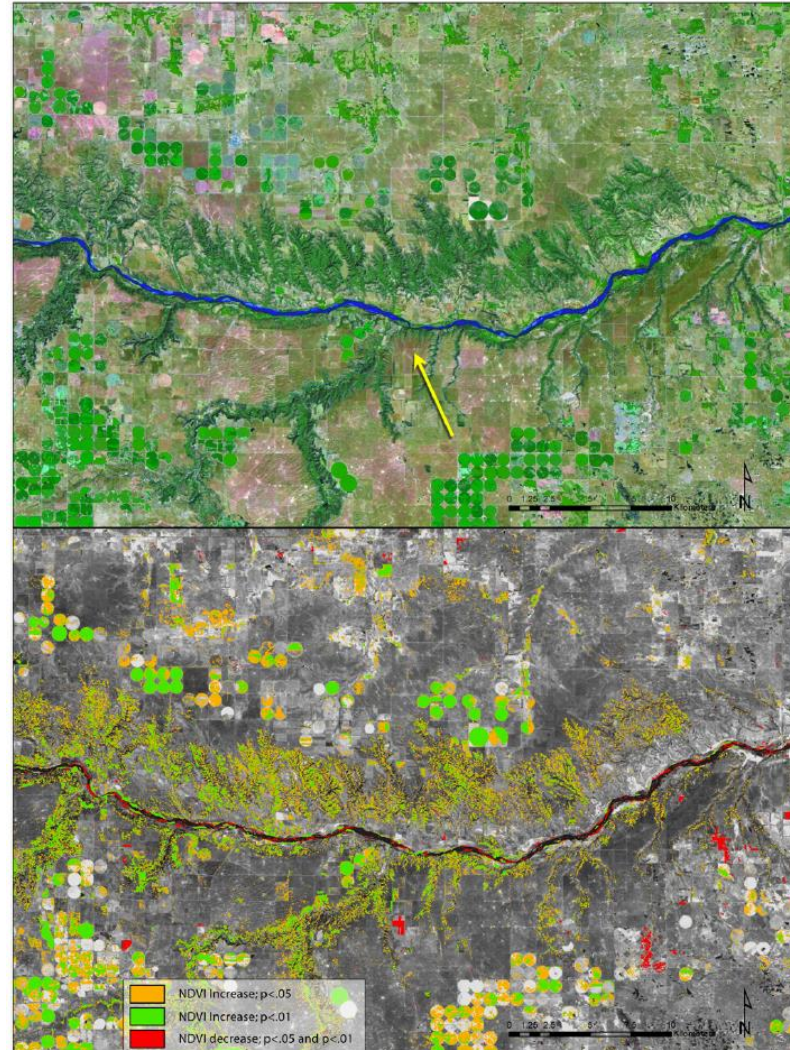
Ejemplo de resultados de VeRDET donde las áreas más oscuras indican un mayor índice de cambios que las áreas claras. Las regiones en las que ha habido disturbios son rojas, las regiones en regeneración son azules y las grises contienen ambos fenómenos

# Image Trends from Regression Analysis\* (ITRA)

- Utiliza la pendiente de series anuales durante varios años para cada pixel
  - De diseño sencillo
  - Resalta los cambios graduales
  - Amplia gama de magnitudes de disturbios
  - Se utiliza para todo tipo de vegetación (no solo bosques)
  - El NDVI es el índice más utilizado

\*Tendencias de Imágenes a partir del Análisis de Regresión

Fuente de la Imagen: [Vogelmann et al., 2012](#)



Toda  
vegetación  
leñosa

Tendencias en el NDVI resaltando el incremento de áreas forestales entre 1988 y 2010 utilizando el método ITRA

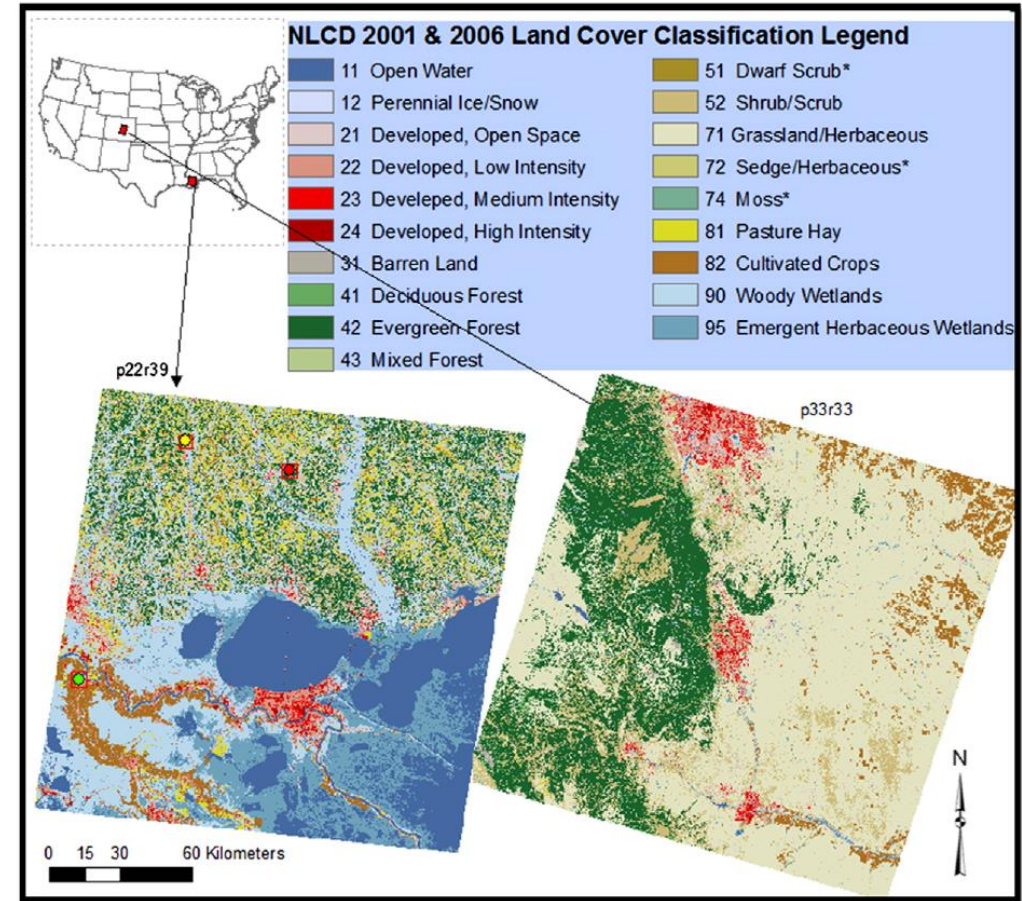


# Multi-index Integrated Change Analysis\* (MIICA)

- Algoritmo que se utiliza en el desarrollo de la Base Nacional de Datos de la Cobertura Terrestre de EE.UU. (U.S. National Land Cover Database o NLCD)
- Utiliza cuatro índices espectrales
- Mejor para eventos discretos
- Gama limitada de magnitudes de disturbios
- Todo tipo de cobertura terrestre
- Mejor para eventos de gran magnitud

\*Análisis de Cambios Multi-índice Integrado

Fuente de la Imagen: [Jin et al., 2013](#)



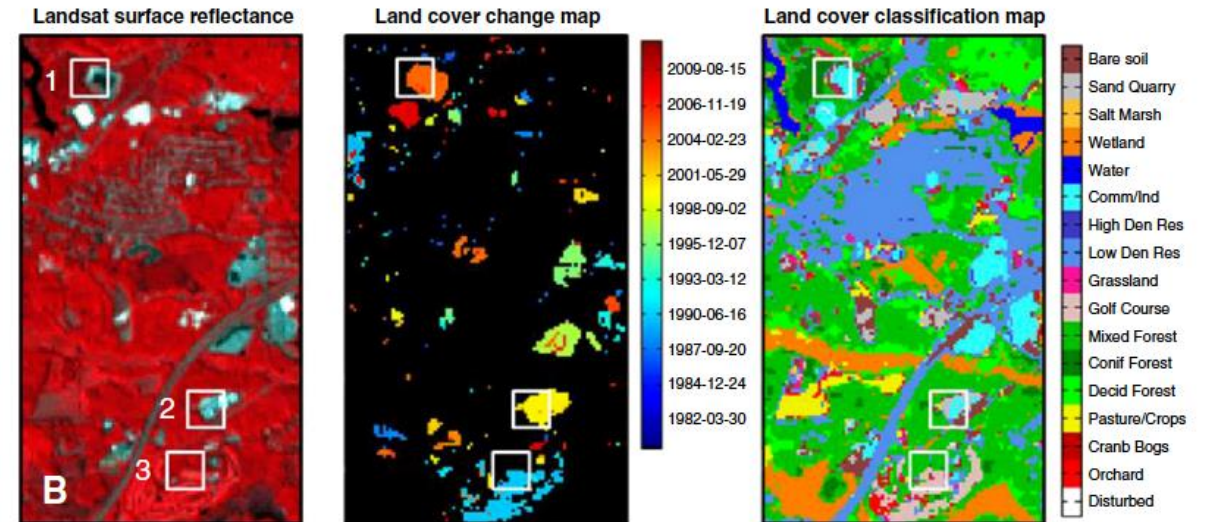
Ejemplos del mapa del National Land Cover Database de 2006



# Continuous Change Detection and Classification (CCDC)

1. Utiliza la estacionalidad, tendencias y estimaciones de interrupciones para detectar cambios
  - Técnica de dos pasos (similar a varios otros)
    - Máscara de nubes/nieve
    - Análisis de series temporales de reflectancia superficial y temperatura de luminosidad
  - Mejor para eventos discretos
  - Gama limitada de magnitudes de disturbios
  - Todo tipo de cobertura terrestre
  - Mejor para eventos de gran magnitud

Fuente de la Imagen: [Zhu and Woodcock, 2014](#)



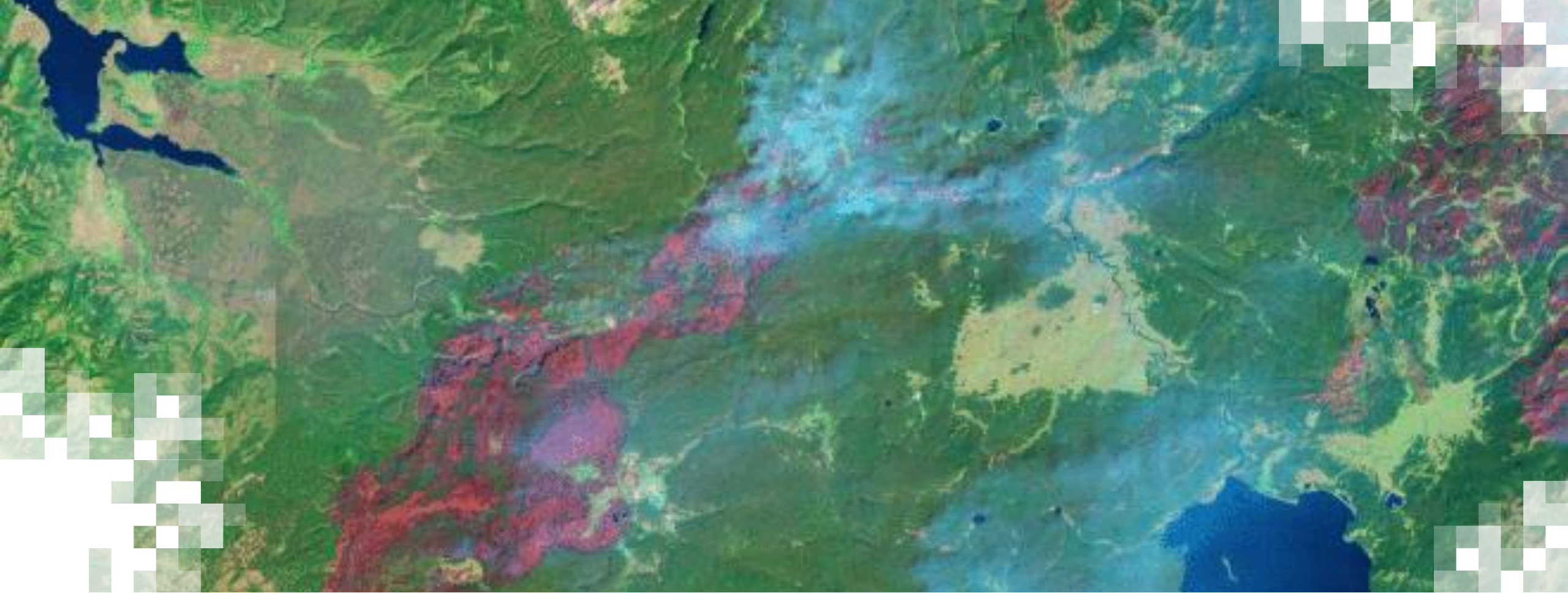
Ejemplo de resultados de CCDC de julio de 2011 de una región forestal de Massachusetts, EE.UU.. La imagen muestra la reflectancia superficial como color falso (izq.), el mapa de cambios (centro) y el mapa de clasificaciones (der.)

\*Detección Continua y Clasificación de Cambios

# Resumen

- El análisis de series temporales de imágenes Landsat sirve para mapear patrones de disturbios a lo largo de un paisaje
  - Puede establecer relaciones entre actividades humanas y factores de impulso de disturbios naturales.
- LandTrendr se utiliza para identificar patrones de cambio en bosques de diferente duración y magnitud
  - LandTrendr en GEE es rápido y efectivo
- Hay muchos algoritmos para mapear disturbios y el usuario debe escoger según su interés en tipo de vegetación, duración de disturbio y magnitud de disturbio



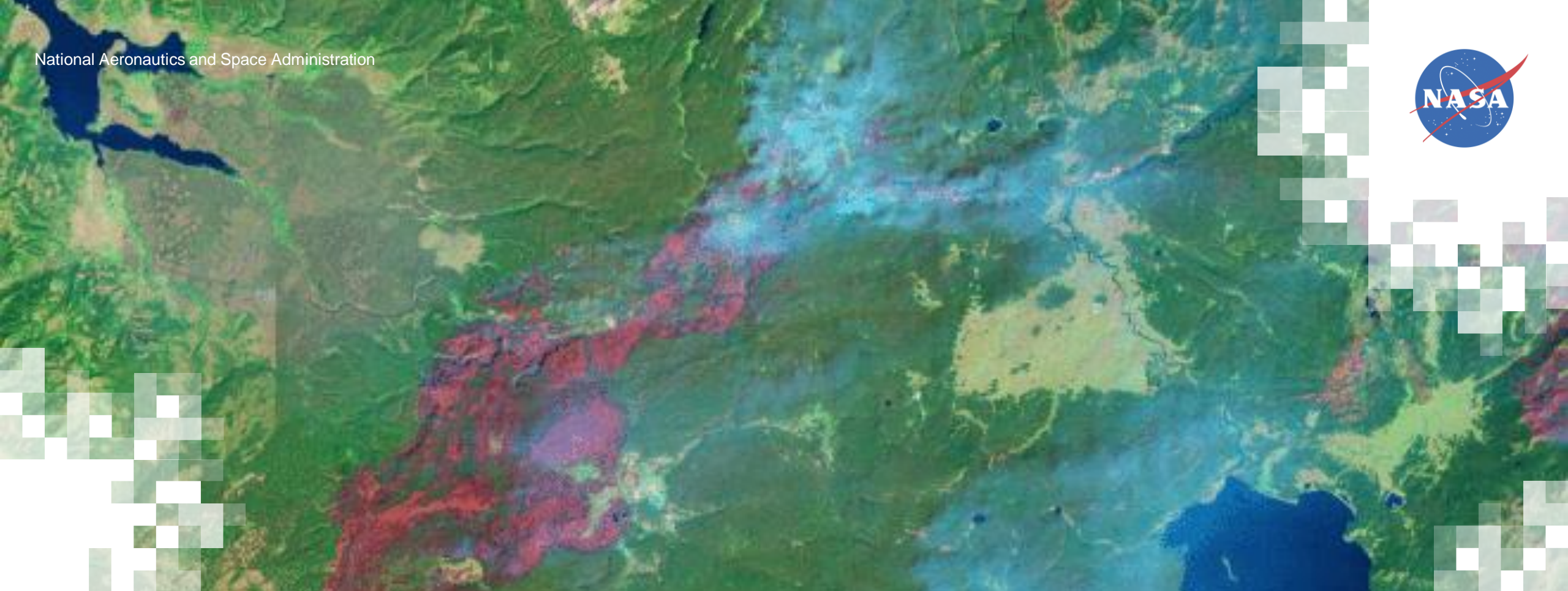
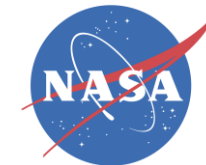


LandTrendr- Ejercicio

# Contactos

- ARSET- Gestión del Suelo e Incendios Forestales
  - Cynthia Schmidt: [Cynthia.L.Schmidt@nasa.gov](mailto:Cynthia.L.Schmidt@nasa.gov)
  - Amber McCullum: [AmberJean.Mccullum@nasa.gov](mailto:AmberJean.Mccullum@nasa.gov)
- ARSET- Preguntas Generales
  - Ana Prados: [aprados@umbc.edu](mailto:aprados@umbc.edu)
- ARSET- Página Web:
  - <http://arset.gsfc.nasa.gov>





# Gracias

Complete su tarea para el 1<sup>ro</sup> de mayo de 2019

17/04/2019