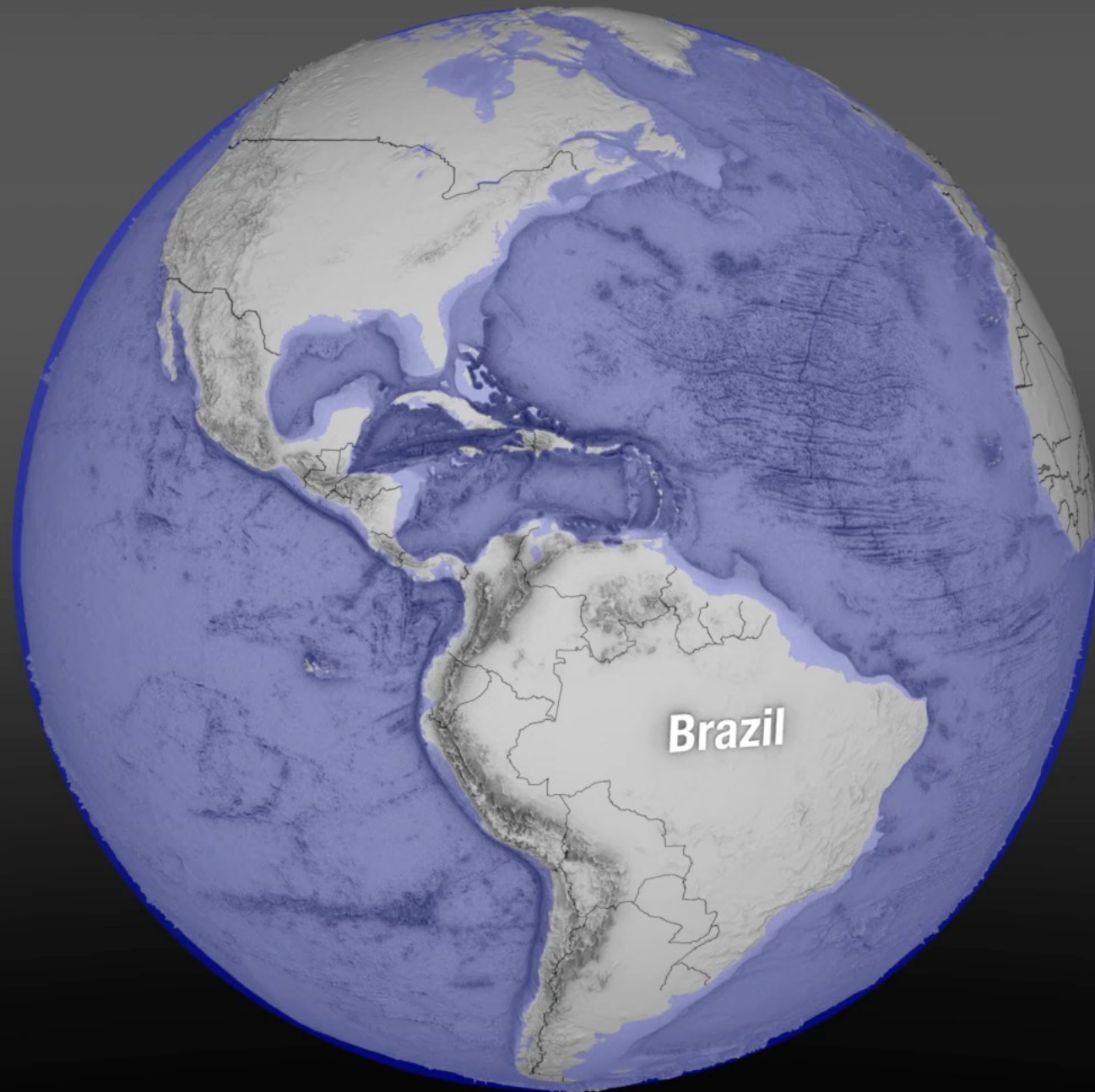


Teledetección de la Cobertura Terrestre



Convirtiendo Datos en Información

Clases Espectrales vs. Informativas

Clases espectrales

- Grupos de píxeles que son uniformes con respecto a sus valores de píxel en varias bandas espectrales.

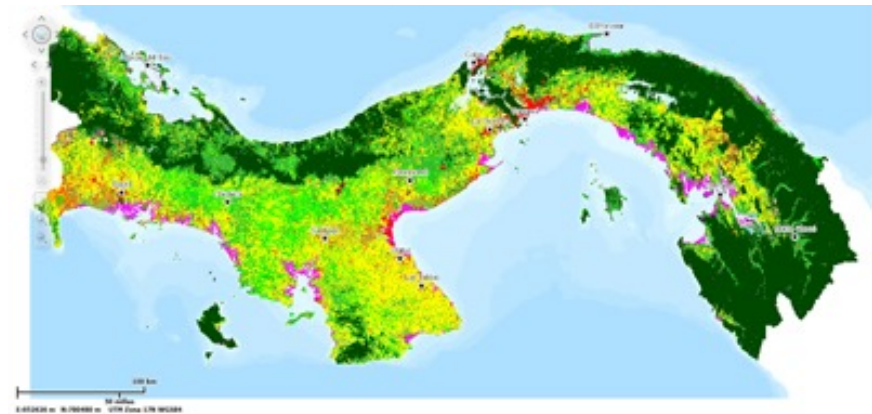
Clases Informativas

- Categorías de interés para los usuarios de los datos (p.ej., agua, bosque, zona urbana, agricultura etc.)

La clasificación de imágenes es el proceso de agrupación de clases espectrales y la asignación de nombres de clases informativas.



Imagen satelital de Panamá

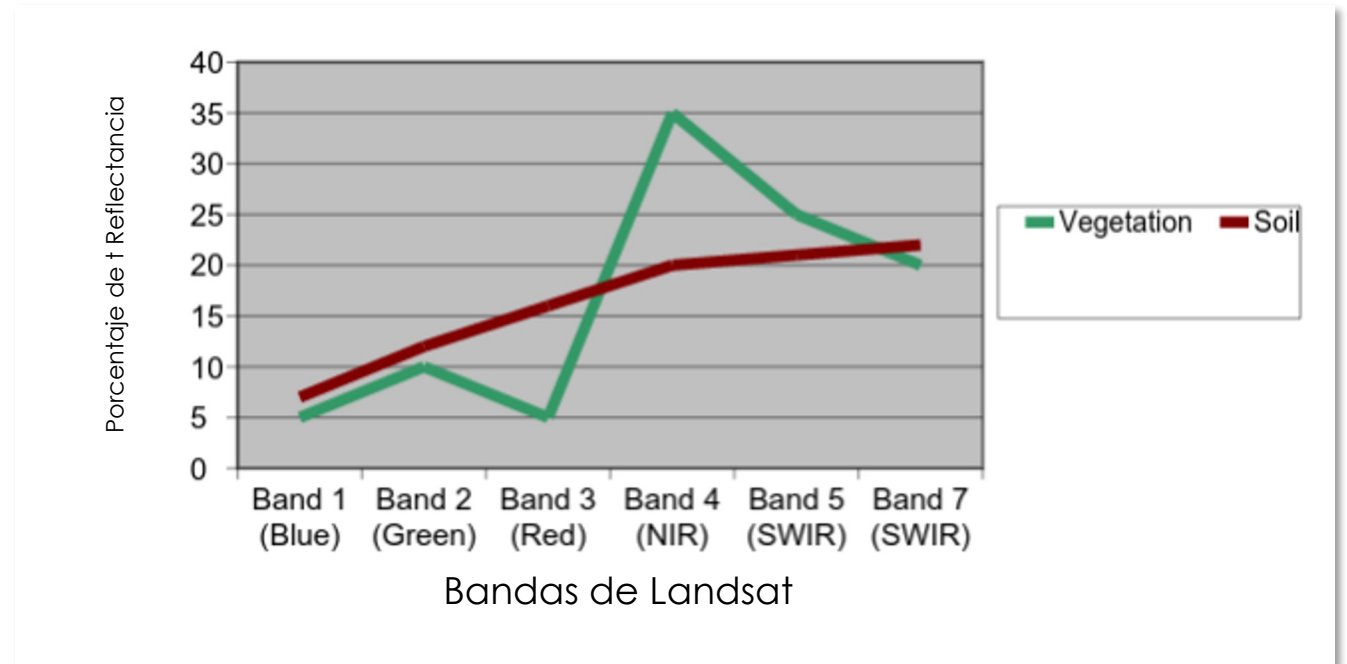


Mapeo de la cobertura terrestre de Panamá



Conceptos Básicos del Mapeo de la Cobertura Terrestre

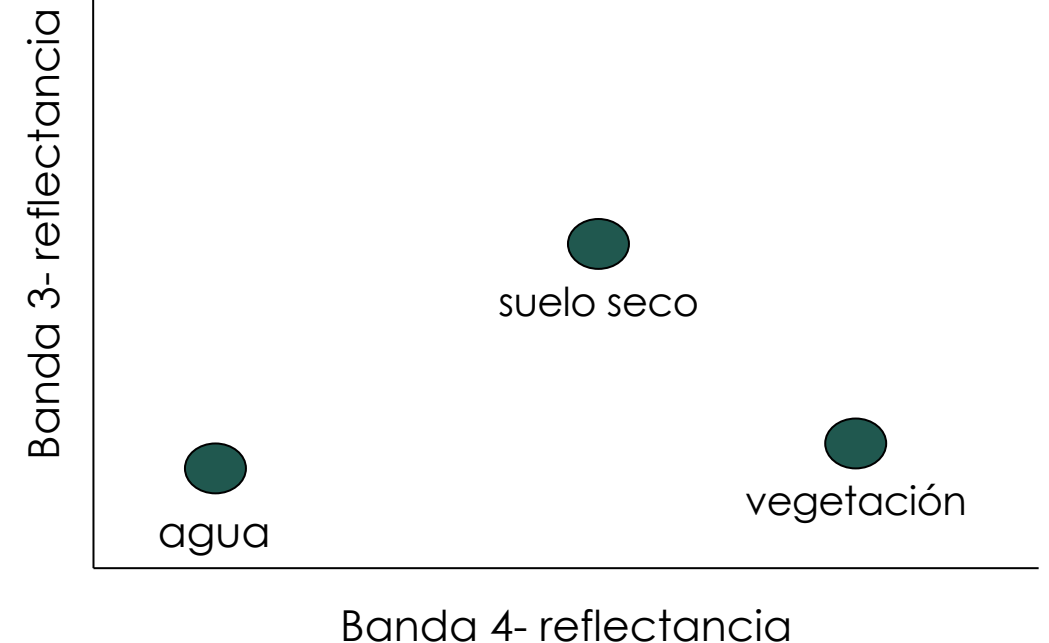
- Los objetos en el suelo reflejan la radiación electromagnética de manera diferente en diferentes longitudes de onda.
- Esto se llama la **firma espectral** del objeto.
- Ejemplo: La vegetación **verde** absorbe longitudes de ondas **rojas** pero refleja las del infrarrojo cercano



Conceptos Básicos del Mapeo de la Cobertura Terrestre

Diagramas (Plots) Espectrales

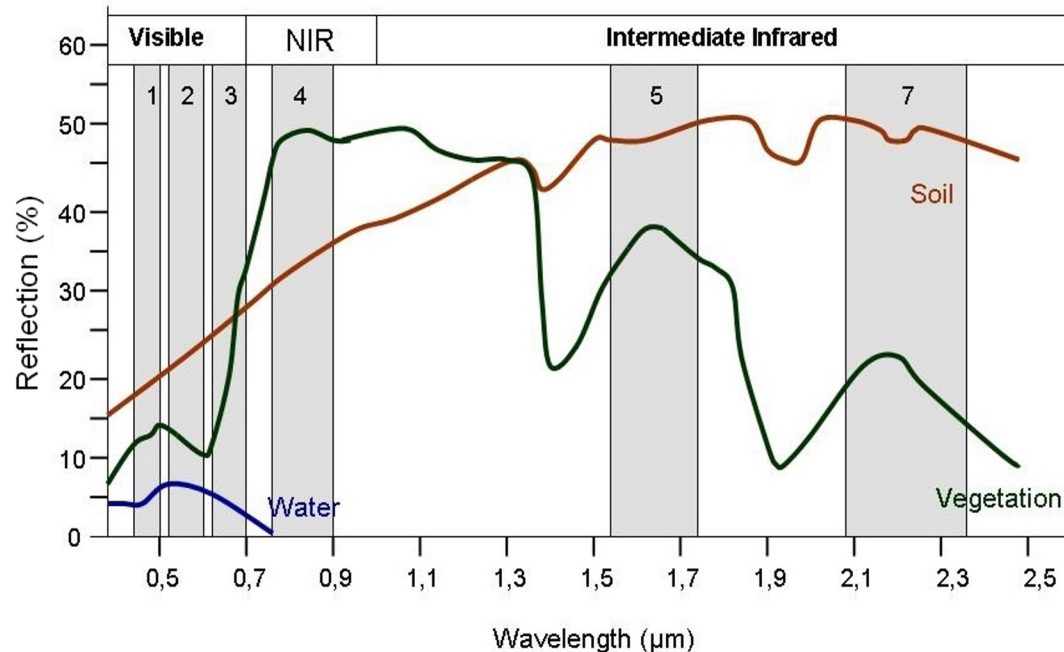
- Mire las firmas espectrales al diagramar los valores de reflectancia de la Banda 3 (Roja) vs. los de la Banda 4 (IR cercana).
- Los objetos (suelo, agua y vegetación) aparecen en diferentes lugares en el diagrama.
- Este software utiliza esta información para distinguir entre diferentes tipos de cobertura terrestre.



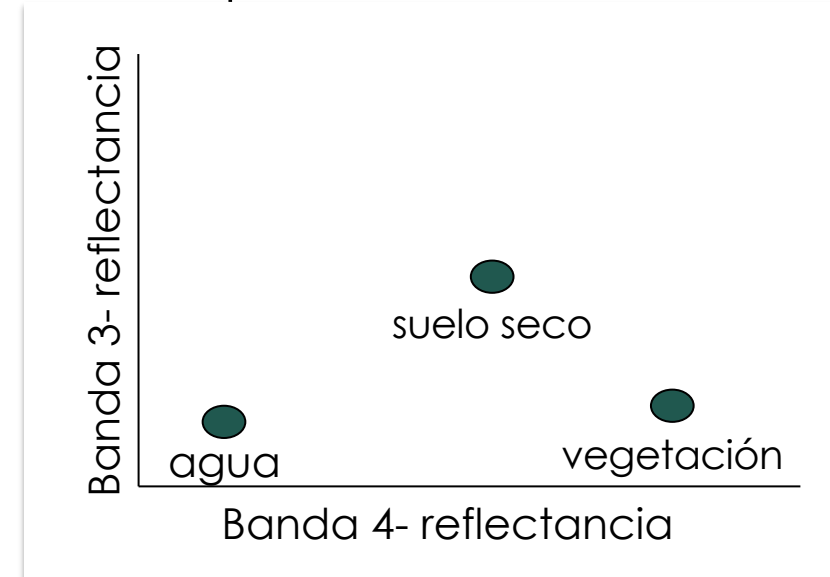
Conceptos Básicos del Mapeo de la Cobertura Terrestre

Diagramas Espectrales

- Ahora veremos las firmas espectrales de otra manera al diagramar los valores de reflectancia de la Banda 3 (Roja) vs. los de la Banda 4 (IR cercana).

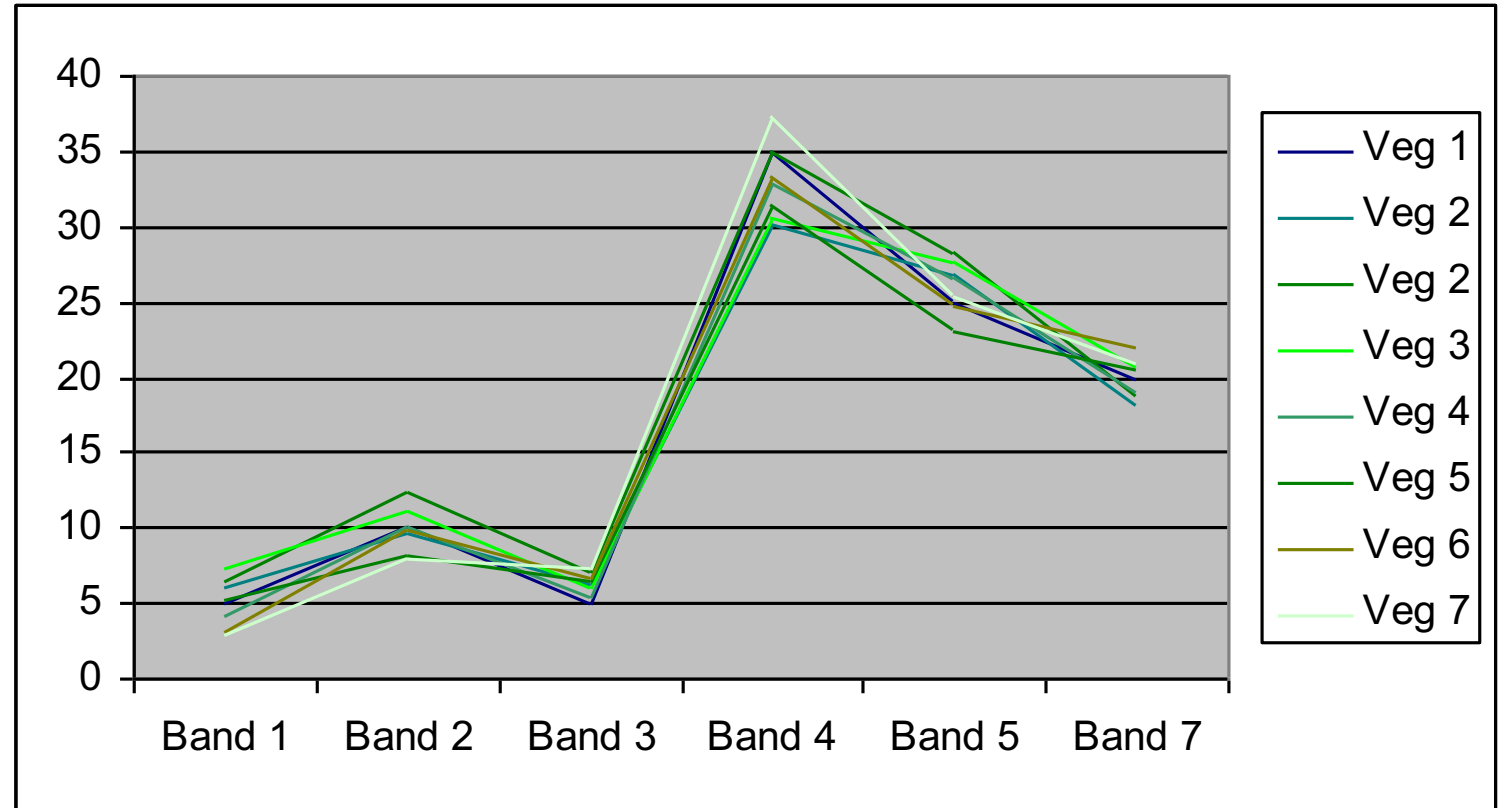


- Cuando uno hace esto, ve los objetos (suelo, agua y vegetación) aparecer en diferentes lugares en el diagrama.
- EL software (QGIS y otros) usa esta información para distinguir entre diferentes tipos de cobertura terrestre.



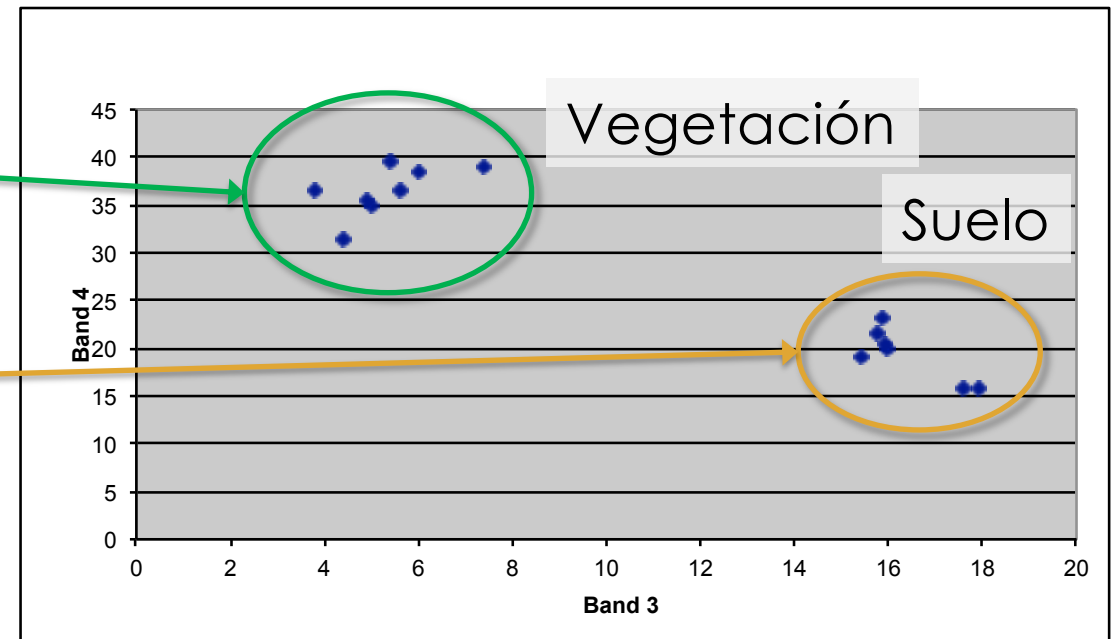
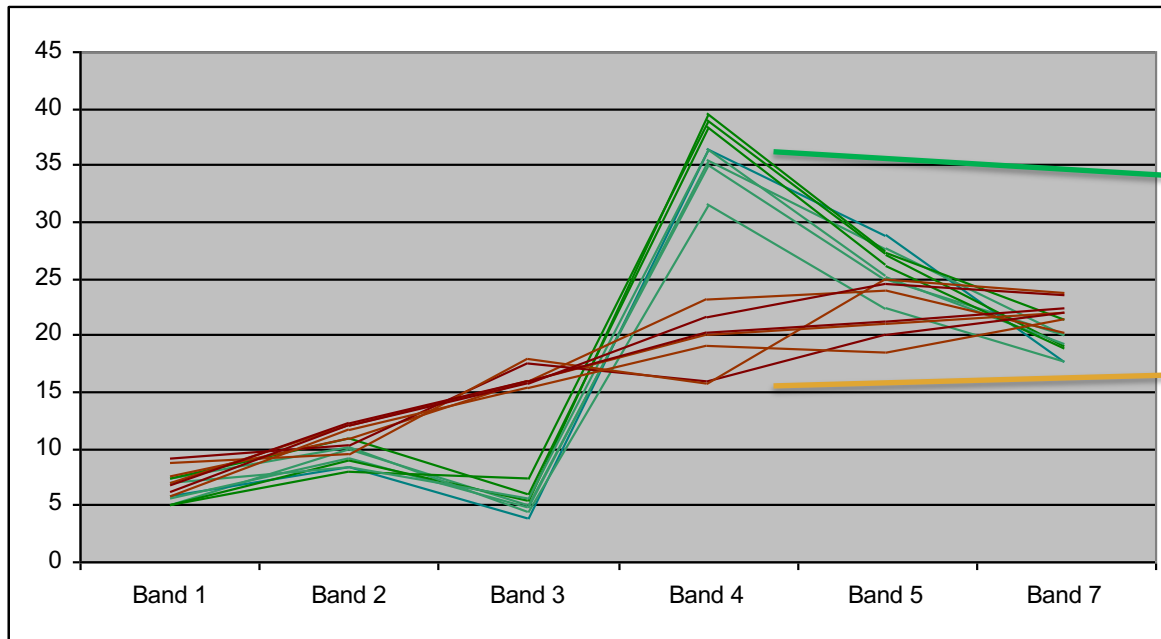
Firmas Espectrales

- Hay un poco de variación entre los valores de reflectancia a diferentes longitudes de onda.
- Dependiendo de las clases de cobertura terrestre que uno quiera, la clave es identificar esta variabilidad.



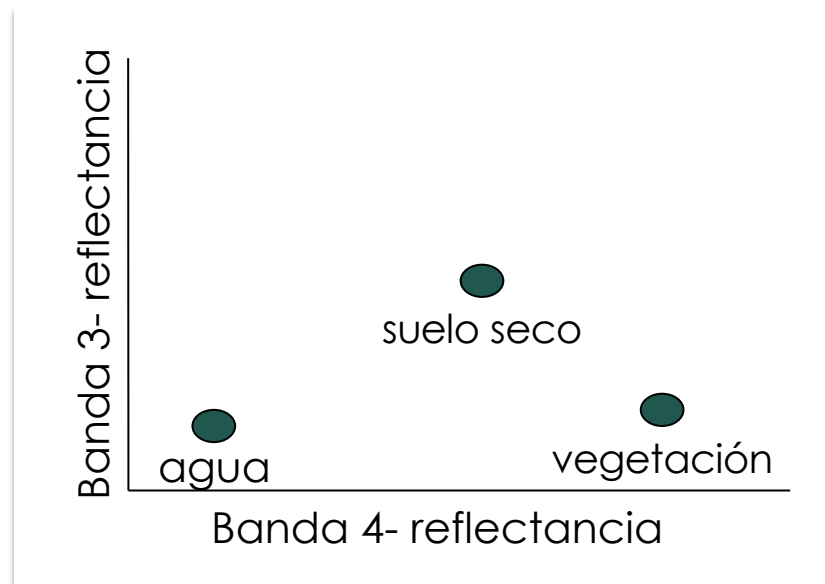
Variación Espectral

- Más fácil: distinguir entre clases amplias
 - p.ej., vegetación y suelo
 - Más difícil: distinguir *dentro de* clases amplias
 - p.ej. tipos de vegetación
- A continuación se ve la variación entre y dentro de diferentes tipos (clases amplias).

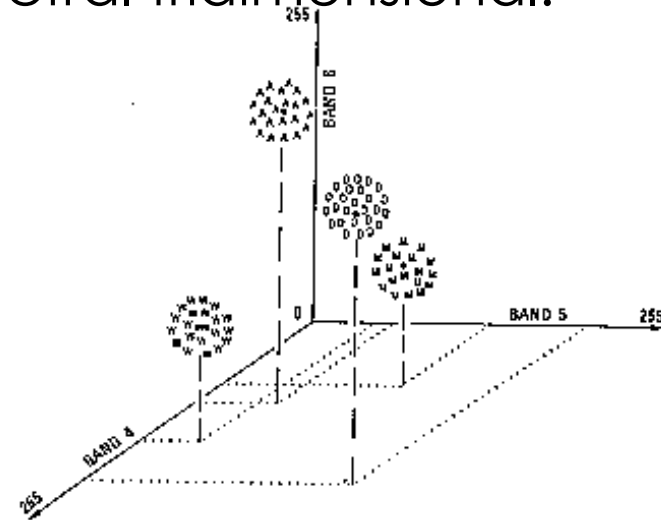


Diagramas Espectrales Multidimensionales

- Cuando miramos los diagramas espectrales, cada banda representa una dimensión diferente.
- Por ejemplo, este es un diagrama bidimensional:



- En un diagrama espectral, los píxeles se ubican en un espacio n-dimensional (donde n representa el número de bandas).
- Este es un ejemplo de un diagrama espectral tridimensional:

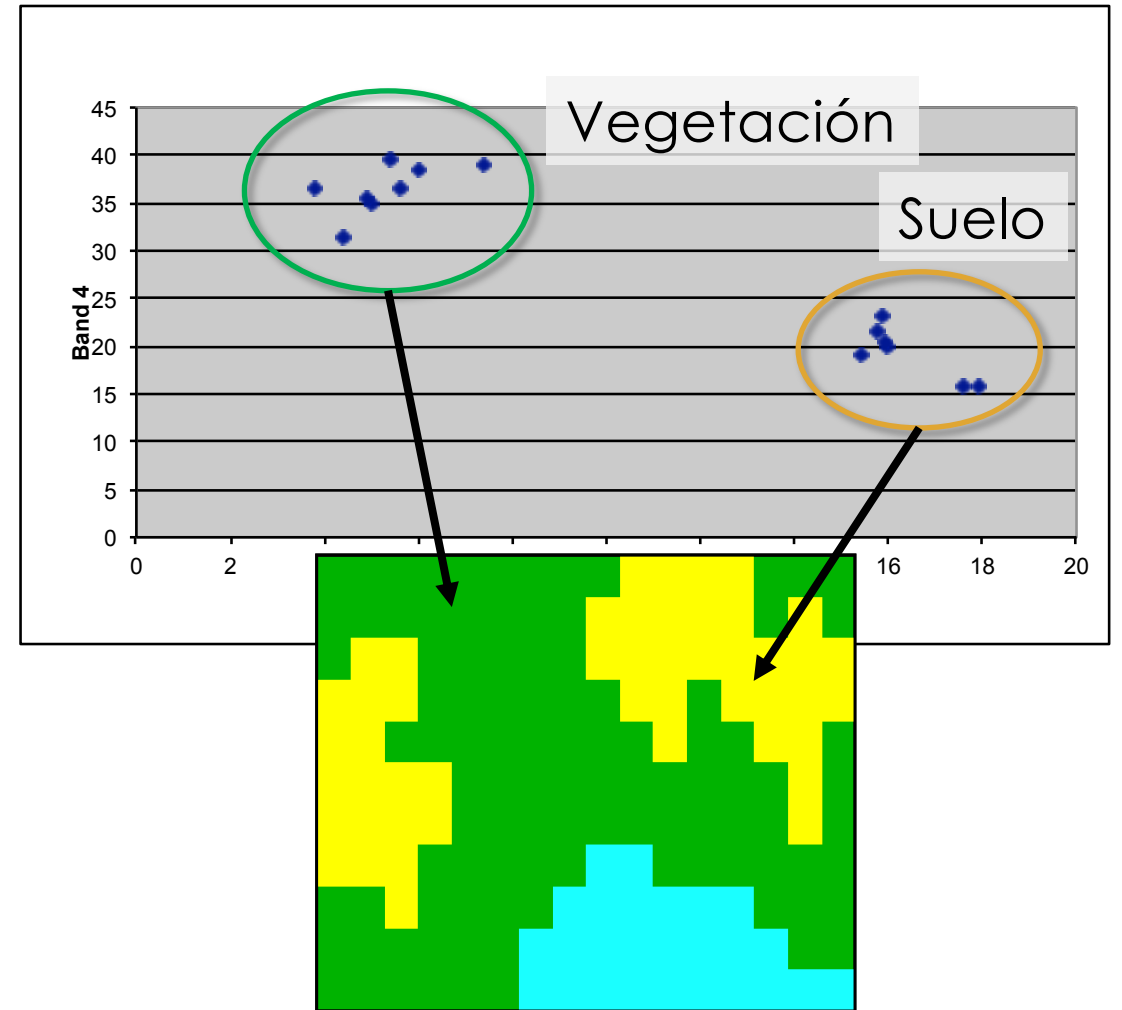


Sabins, F. F. (1987). *Remote Sensing: Principles and Interpretation* (2nd ed.). W.H. Freeman and Company.



Clasificación de Imágenes

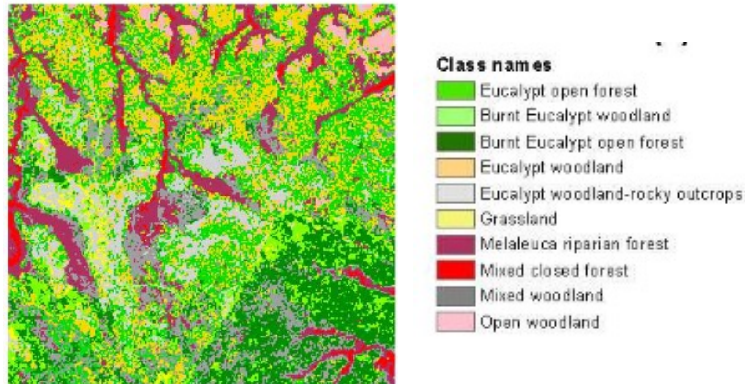
- Requiere delinear los límites de las clases en un espacio n-dimensional usando las estadísticas de las clases
- Cada grupo de píxeles se caracteriza por:
 - min.
 - max.
 - media
 - desviación del estándar
- Todos los píxeles en la imagen que caen dentro de esas estadísticas reciben esas etiquetas.



Clasificación de Imágenes (Metodologías)

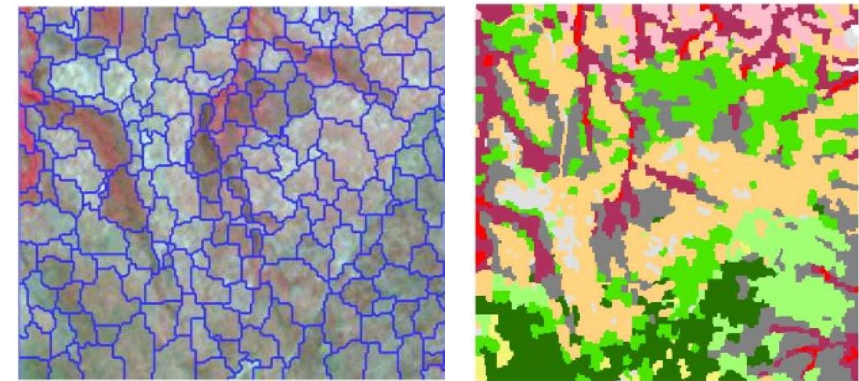
Basada en Píxeles

- Cada píxel se agrupa en una clase
- Es útil para múltiples cambios en el uso del suelo dentro de poco tiempo
- Mejor para una cobertura completa de datos y si hay una necesidad de asegurar la consistencia de las series temporales a nivel de píxel



Basada en un Objeto

- Los píxeles con características espectrales comunes se agrupan juntos (segmentación)
- Es útil para:
 - La reducción del ruido de speckle en las imágenes de radar
 - Imágenes de alta resolución



Whiteside, T., & Ahmad, W. (2005, September). A comparison of object-oriented and pixel-based classification methods for mapping land cover in northern Australia. *Proceedings of SSC2005 Spatial intelligence, innovation and praxis: The national biennial Conference of the Spatial Sciences Institute.*



Clasificación de Imágenes (Metodologías)

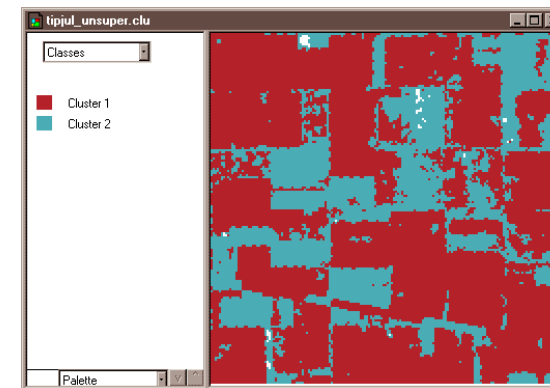
Supervisada

- Usa áreas de tipos de vegetación conocidos definidas por expertos (áreas de entrenamiento) para afinar los parámetros de los algoritmos de clasificación
- Entonces, el algoritmo automáticamente identifica y etiqueta áreas similares a los datos de entrenamiento



No supervisada

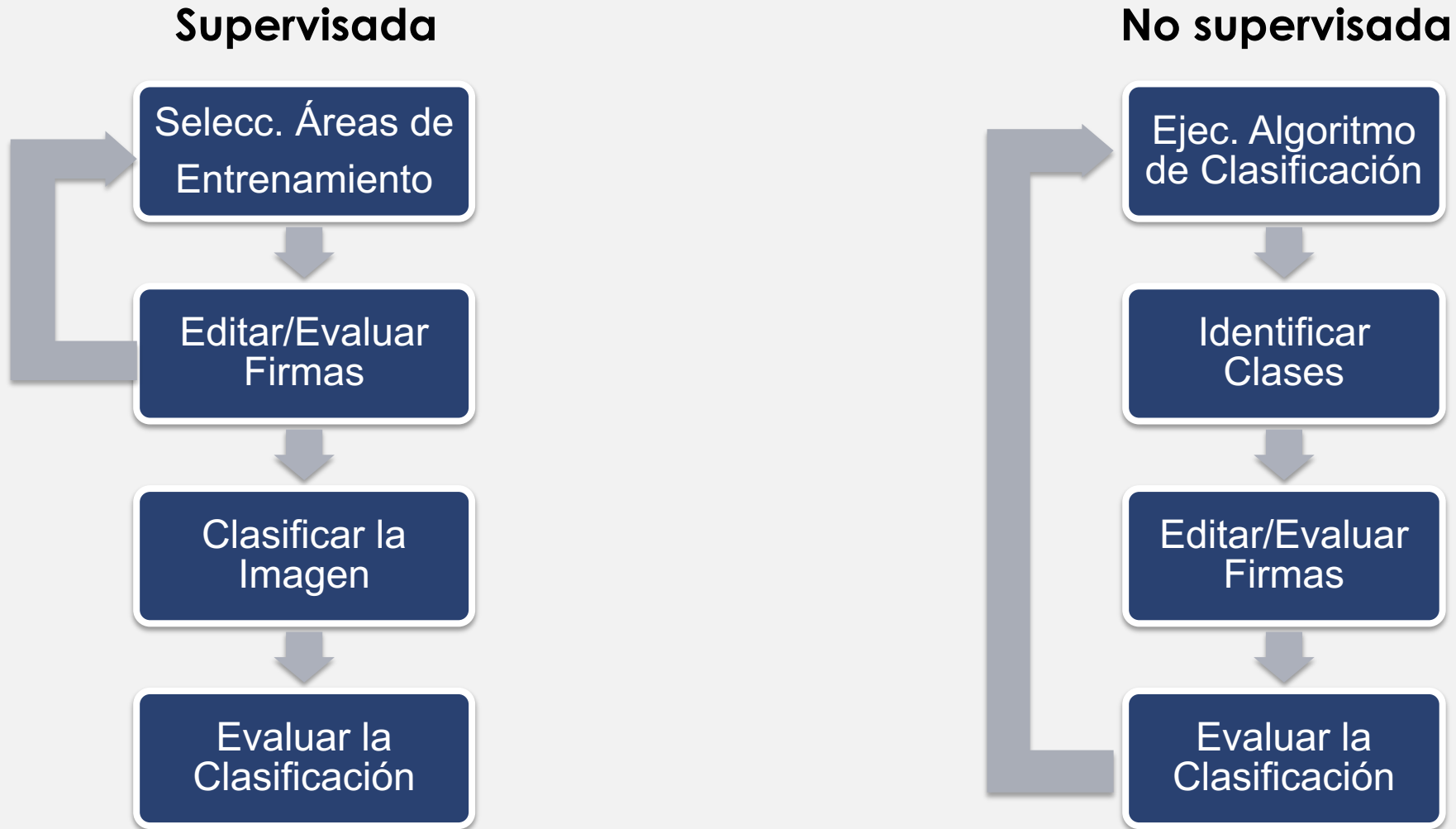
- Usa algoritmos de clasificación para asignar los píxeles a un número de agrupaciones de clases especificado por el usuario
- Los interpretes le asignan un valor correspondiente a una clase de cobertura terrestre a cada una de las agrupaciones de píxeles



Fuente: David DiBiase, Dpto. de Geografía de la Univ. Penn State

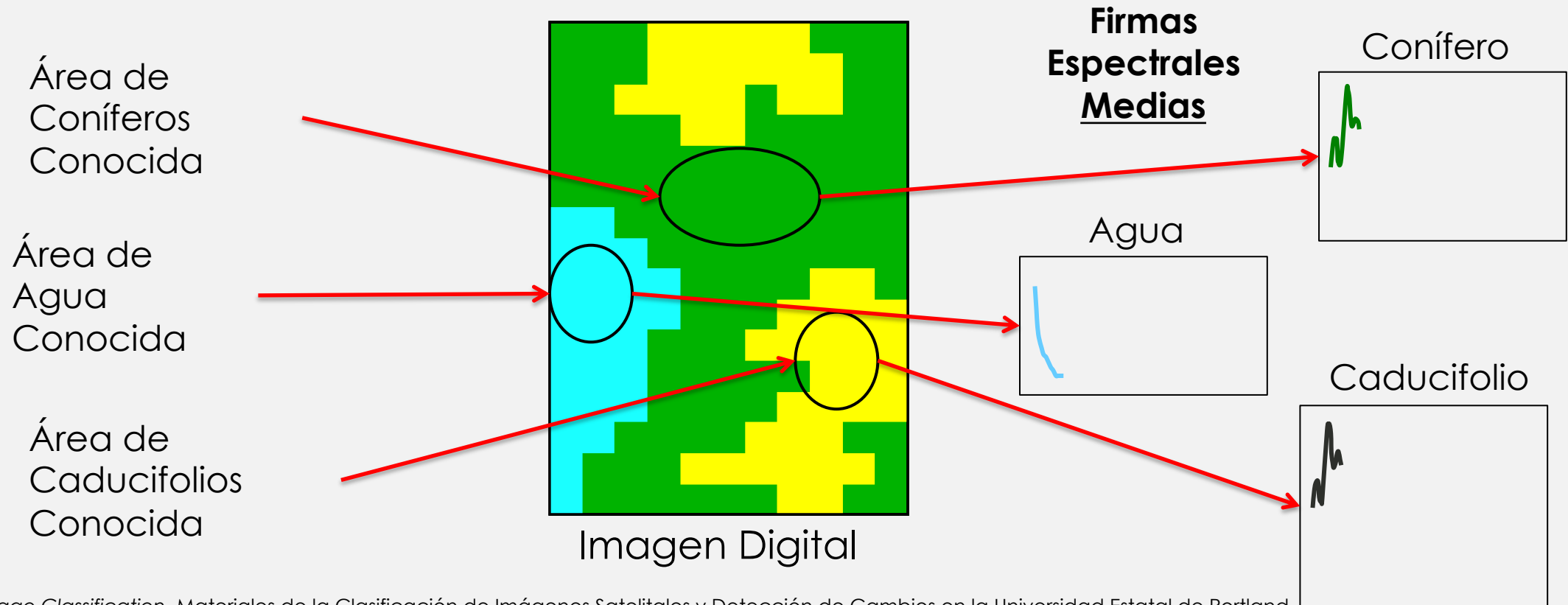


Clasificación Supervisada vs. No Supervisada



Clasificación de Imágenes (Método Supervisado)

La clasificación supervisada requiere que el/la analista seleccione áreas de entrenamiento donde sabe lo que hay en el suelo y después digitaliza un polígono dentro de esa área.



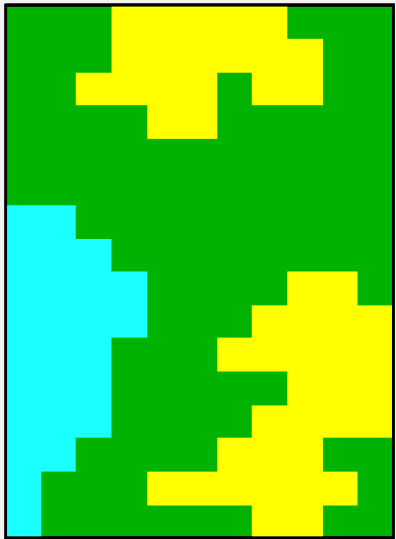
Sutton, L. *Image Classification*. Materiales de la Clasificación de Imágenes Satelitales y Detección de Cambios en la Universidad Estatal de Portland.



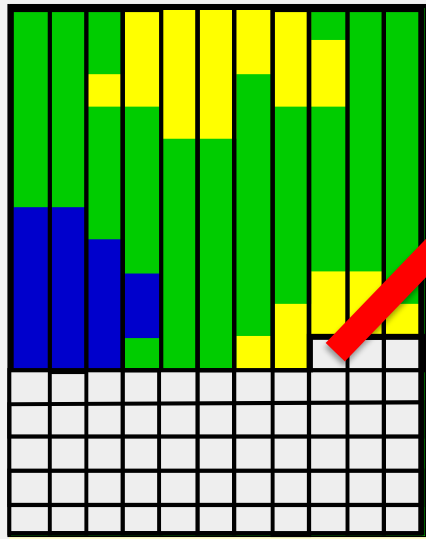
Clasificación de Imágenes (Método Supervisado)

La firma espectral de cada píxel se empareja con las firmas de entrenamiento y la imagen se clasifica de manera correspondiente.

Imagen Multiespectral



Información
(Imagen Clasificada)



Firma espectral
del siguiente píxel
a ser clasificado

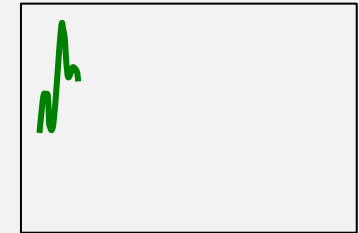


Desconocido



Firmas Espectrales Medias

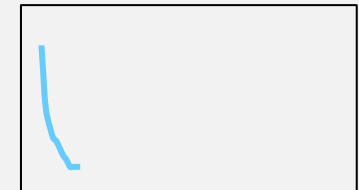
Conífero



Caducifolio



Agua



Sitios de Entrenamiento (o Regiones de Interés [ROI por sus siglas en inglés])

Características Clave

- **Regla general:** Si usa n bandas de datos, debe recolectar $>10n$ píxeles de datos de entrenamiento para cada clase.
- **Tamaño:** Deben ser lo suficientemente grandes para brindar estimaciones precisas de las propiedades de cada clase.
- **Ubicación:** Cada clase debería ser representada por varias áreas de entrenamiento distribuidas a lo largo y ancho de la imagen.
- **Número:** 5 a 10 por clase como mínimo. Querrá asegurar que las propiedades espectrales de cada clase estén representadas.
- **Uniformidad:** Cada área de entrenamiento debe exhibir una distribución de frecuencias unimodal para cada banda espectral.

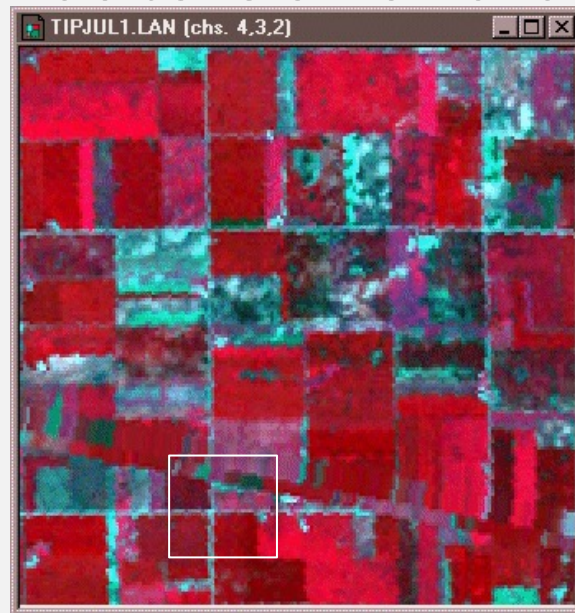


Selección de Sitios de Entrenamiento

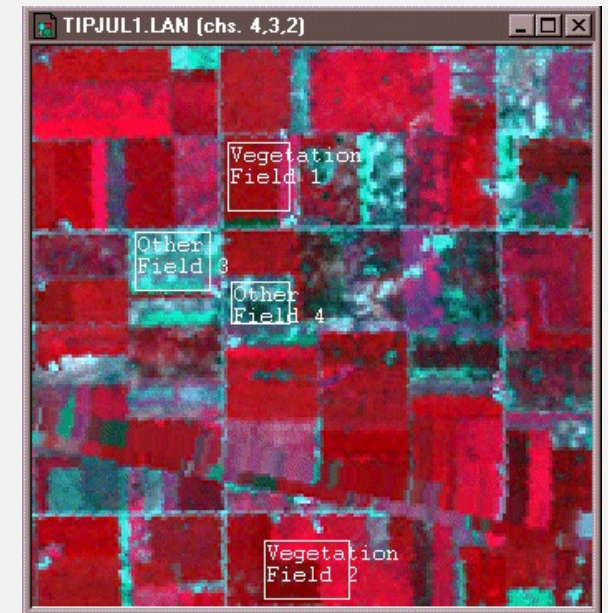
Minimización de la confusión

- La confusión de clases de cobertura terrestre es común en la clasificación de esta porque:
 - Los tipos de cobertura terrestre son espectralmente similares (p.ej., diferentes tipos de vegetación o cultivos)
 - Hay sombras o nubes
 - Los sitios de entrenamiento están delineados demasiado ampliamente O no están capturando suficiente variabilidad.

Este sitio de entrenamiento incluye demasiados tipos de cobertura terrestre y por lo tanto demasiada variabilidad espectral.



Estos sitios de entrenamiento representan mejor la variabilidad espectral en los campos agrícolas.

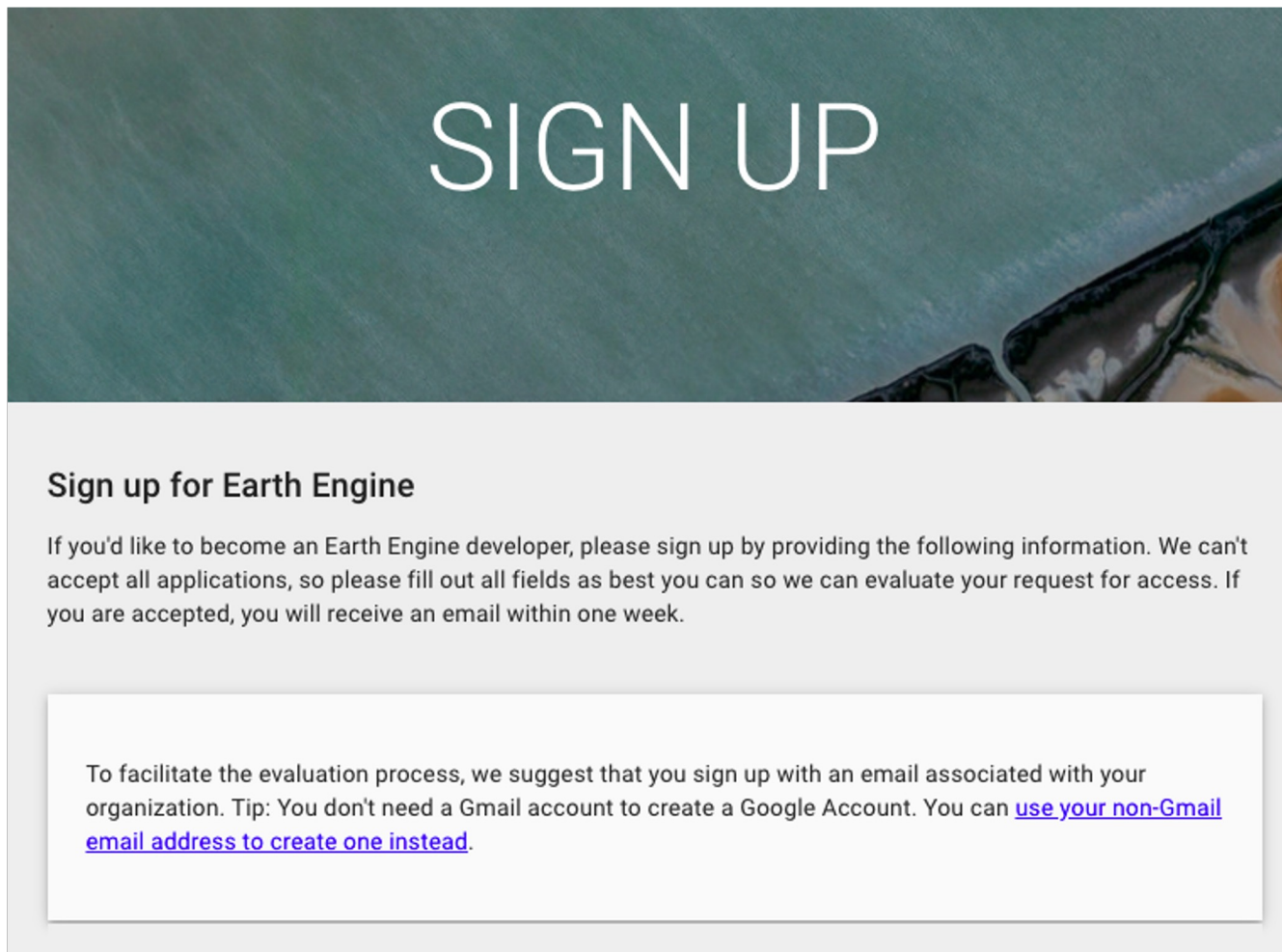




Introducción a las Funcionalidades de Google Earth Engine y Tipos de Datos Disponibles

Recordatorio sobre Google Earth Engine

- Asegúrese de inscribirse para una cuenta de Google Earth Engine lo más pronto posible, si aún no lo ha hecho, usando el siguiente enlace:
 - <https://signup.earthengine.google.com/#!/>
 - No es necesario tener un correo de Gmail. Se le recomienda utilizar su correo de su trabajo/institución.



SIGN UP

Sign up for Earth Engine

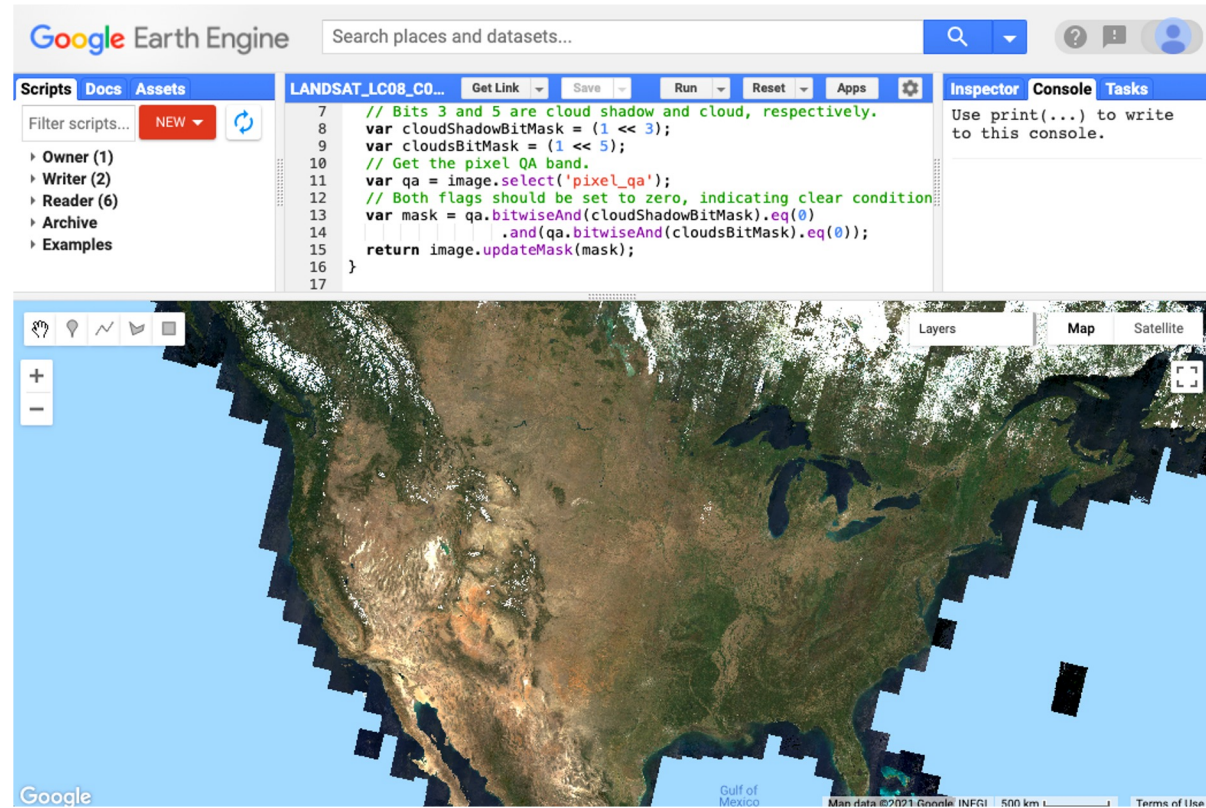
If you'd like to become an Earth Engine developer, please sign up by providing the following information. We can't accept all applications, so please fill out all fields as best you can so we can evaluate your request for access. If you are accepted, you will receive an email within one week.

To facilitate the evaluation process, we suggest that you sign up with an email associated with your organization. Tip: You don't need a Gmail account to create a Google Account. You can [use your non-Gmail email address to create one instead](#).



Computación en la Nube de Rásteres para el Análisis de Teledetección

- La computación en la nube de rásteres remueve barreras y limitaciones relacionadas con...
 - El alojamiento o almacenamiento de datos
 - El acceso a y disponibilidad de imágenes
 - Capacidades de computación personal
- GEE también es gratis para científicos, investigadores y desarrolladores.



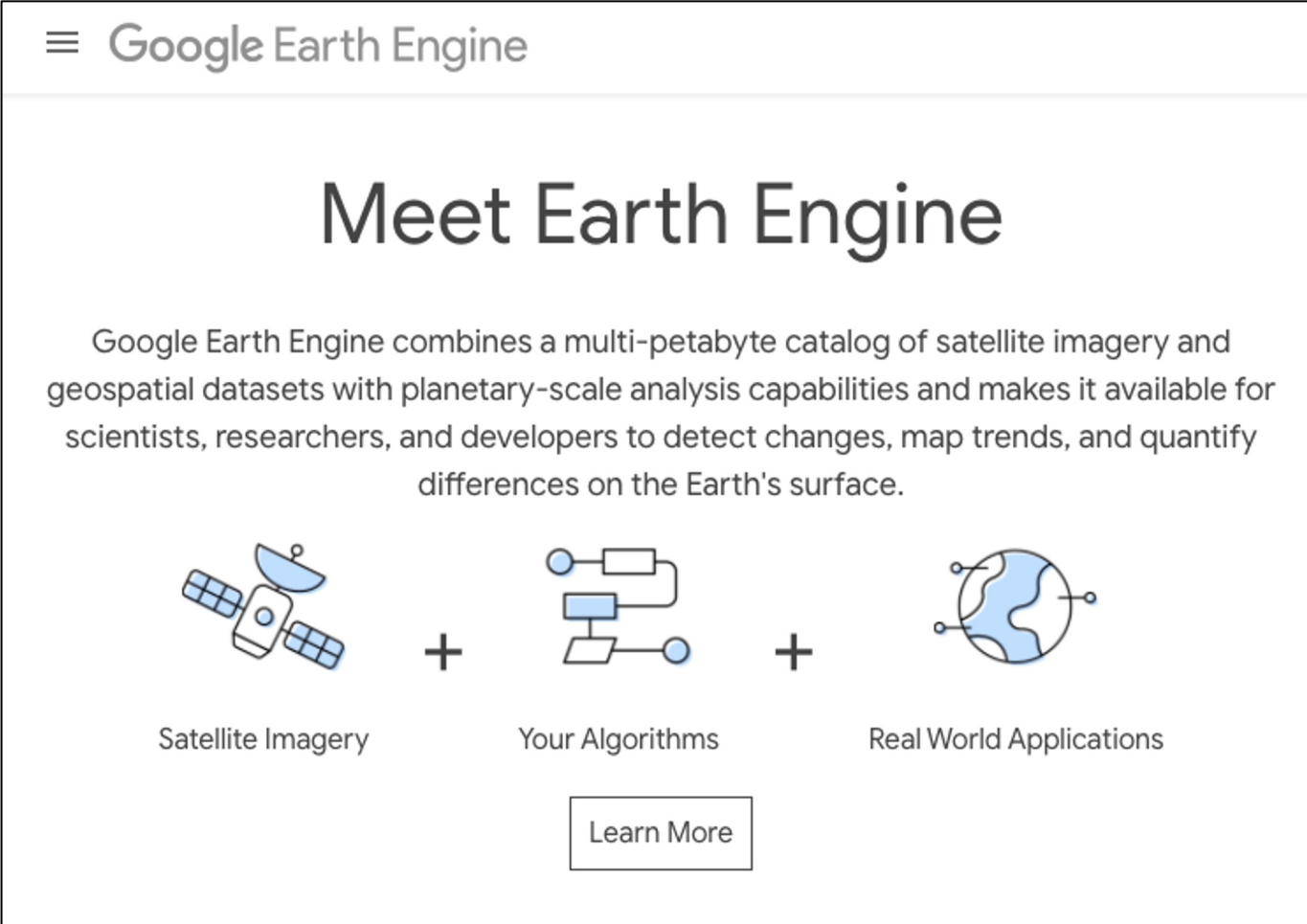
Interfaz del editor de código de Google Earth Engine usando la API de JavaScript, visualizando imágenes de color real de la reflectancia superficial de Landsat 8 para EE.UU..

Fuente: [Google Earth Engine Developers](#)



La Plataforma Google Earth Engine

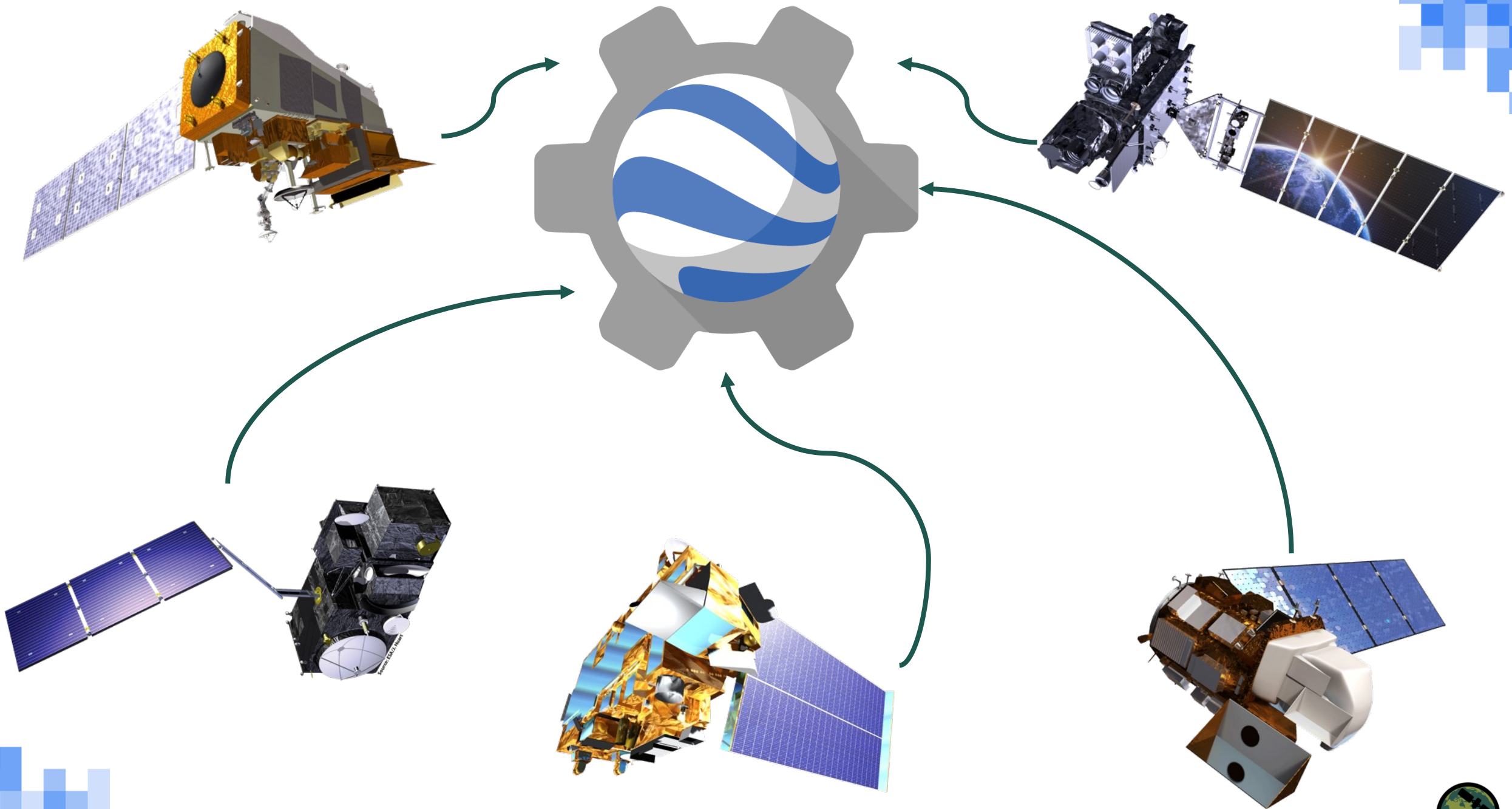
- Google Earth Engine (GEE) aprovecha las capacidades de la computación en la nube para darle a los usuarios un solo lugar para **acceder datos satelitales, aplicar metodologías de teledetección y visualizar resultados de análisis.**
- La interfaz de programación de aplicación (application programming interface o API) de GEE permite la aplicación fácil de algoritmos y clasificaciones de monitoreo de la cobertura terrestre con comandos codificados.



The screenshot shows the Google Earth Engine website interface. At the top left, there is a hamburger menu icon followed by the text 'Google Earth Engine'. The main heading is 'Meet Earth Engine'. Below the heading, a paragraph states: 'Google Earth Engine combines a multi-petabyte catalog of satellite imagery and geospatial datasets with planetary-scale analysis capabilities and makes it available for scientists, researchers, and developers to detect changes, map trends, and quantify differences on the Earth's surface.' Below this text, there is a diagram consisting of three icons: a satellite, a flowchart representing algorithms, and a globe representing real-world applications. Each icon is accompanied by a plus sign, suggesting a combination of these elements. Below the icons, the text reads 'Satellite Imagery + Your Algorithms + Real World Applications'. At the bottom of the diagram, there is a 'Learn More' button.

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



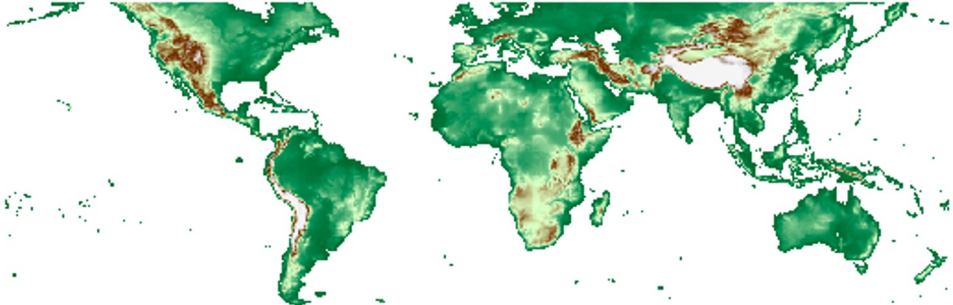


Application Programming Interface* (API)

- La API de JavaScript en Earth Engine actualmente es el método más utilizado de trabajar con GEE.
- También hay una API de Python disponible a través de Google Colaboratory (Colab) para las personas interesadas en utilizar Python.
 - Esto es un poco más complicado que trabajar directamente en el editor de código de GEE con JavaScript.

```
# Import the Image function from the IPython.display module.
from IPython.display import Image

# Display a thumbnail of global elevation.
Image(url = dem.updateMask(dem.gt(0))
      .getThumbURL({'min': 0, 'max': 4000, 'dimensions': 512,
                    'palette': ['006633', 'E5FFCC', '662A00', 'D8D8D8', 'F5F5F5']}))
```

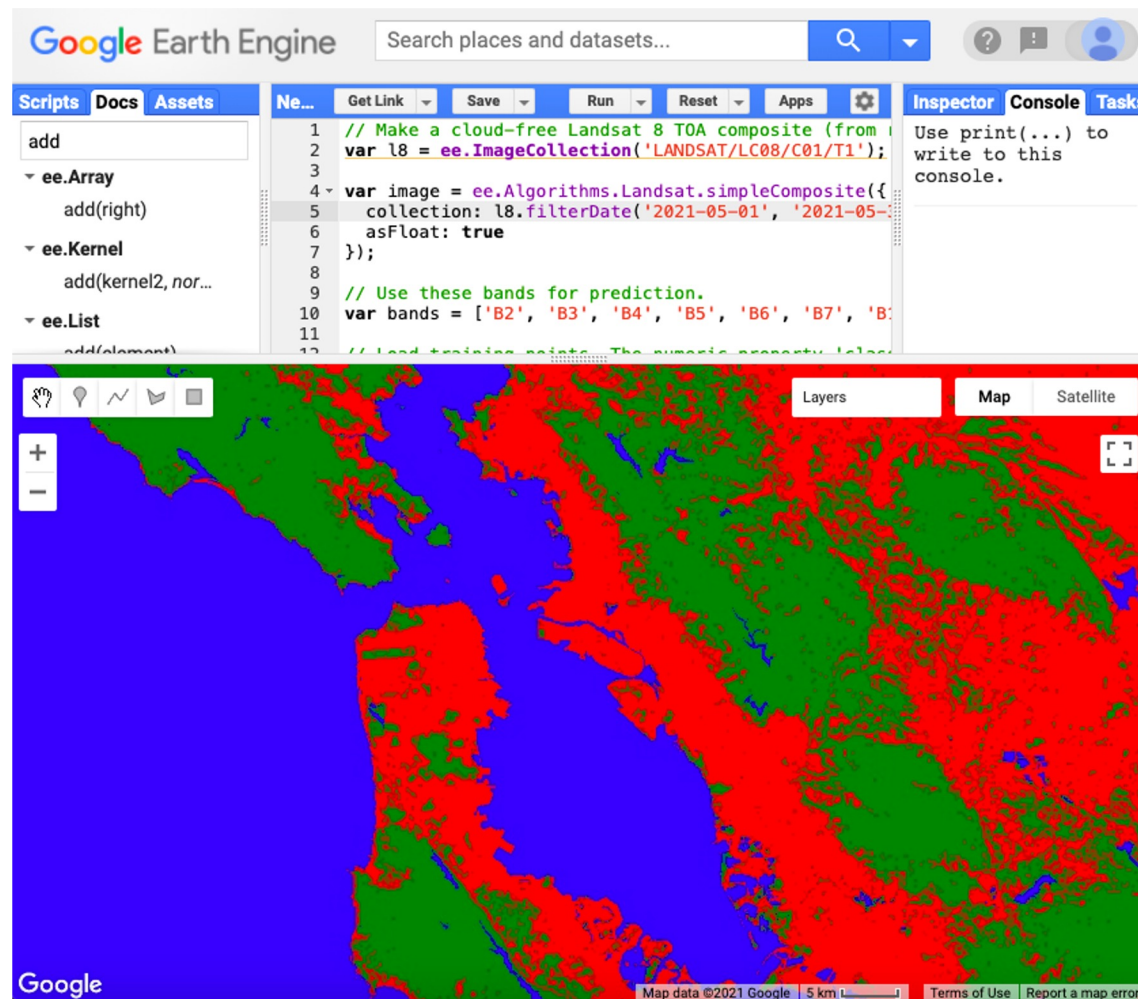


Cuaderno de Google Colab usando una sección codificada para visualizar la elevación en una celda de salud. Fuente: [Google Colab](#)



Funcionalidad de Google Earth Engine

- Los usos de GEE para el análisis de imágenes de satélites incluyen:
 - Automatización del procesamiento y la visualización de datos
 - Monitoreo en tiempo casi real (limitado por la disponibilidad de datos en el catálogo)
 - Aplicación de algoritmos de aprendizaje automático
 - Implementación de la Graphical User Interface (interfaz gráfica de usuario)



Clasificador simple Classification and Regression Trees (CART) implementado en la API de GEE para identificar tres clases: urbana, bosque y agua en la zona de la Bahía de San Francisco para mayo de 2021 usando imágenes de Landsat 8. Fuente: [Google Earth Engine Developers](#)



Aplicaciones de GEE para Tierras

- Monitoreo a largo plazo de cambios en el paisaje y en el tipo de cobertura terrestre
- Computación de índices relevantes a la gestión de tierras como índices de diferencia normalizada para la vegetación, agua, nieve, suelo y áreas urbanas
- Análisis de series de tiempo y detección de cambios
- Estadísticas resumidas
- Métodos de validación y evaluación de la precisión
- Visualización y presentación de resultados



Serie temporal del MODIS NDVI visualizada usando Google Earth Engine. Fuente de la Imagen: [Google Earth Engine Developers](#)



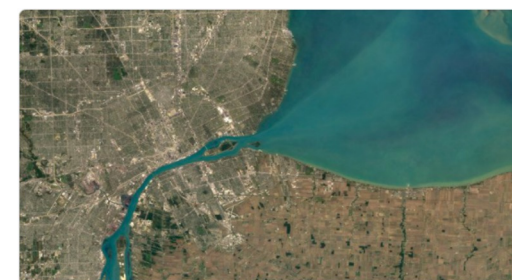
Datos Satelitales Disponibles en GEE: Series de Landsat

- Los datos de las series completas de Landsat están disponibles para su uso en GEE, incluso:
 - **Landsat 1-5**
 - Radiancia de Sensor Multiespectral
 - **Landsat 4-8**
 - Imágenes Brutas
 - Cima de la Atmósfera
 - Reflectancia Superficial
- El archivo completo incluye datos de 1972 hasta hoy, con datos a partir de 1982 en resolución de 30m (Landsat 4-9).
- Catálogo de Datos de GEE:
 - <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/landsat>



Landsat 8

2013 - Present



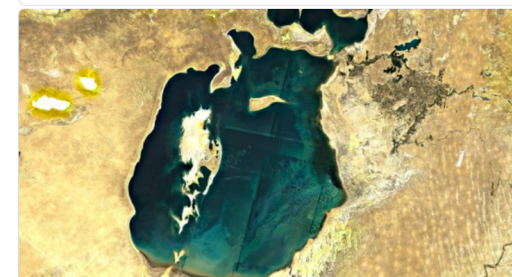
Landsat 7

1999 - Present



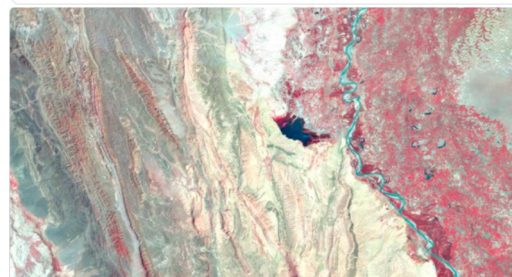
Landsat 5

1984 - 2012



Landsat 4

1982 - 1993



Landsat 1-5 MSS

1972 - 1999

Colecciones de series de Landsat disponibles en el catálogo de datos. Fuente de la Imagen: [Earth Engine Data Catalog](https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/landsat)



Datos Satelitales Disponibles en GEE: Sentinel-2

- Datos de Sentinel-2 incluyen:
 - Cima de la Atmósfera
 - Reflectancia Superficial
- Las aplicaciones de Sentinel-2 para el suelo son muy similares a las de Landsat, pero con algunas diferencias:
 - Resolución espacial de 10 a 20m
 - Tiempo de revisita de 5 días
 - Menor cobertura temporal
- Catálogo de Datos de GEE:
 - <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/sentinel-2>



Surface Reflectance

Level-2A orthorectified atmospherically corrected surface reflectance.

Dataset availability: 2017-03-28 – Present



Top-of-Atmosphere Reflectance

Level-1C orthorectified top-of-atmosphere reflectance.

Dataset availability: 2015-06-23 – Present

Productos de datos de Sentinel-2 disponibles en GEE. Note que la cobertura temporal comienza en 2015 y 2017. Fuente de la Imagen: [Earth Engine Data Catalog](https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/sentinel-2)



Datos Satelitales Disponibles en GEE: MODIS

- Los productos de datos de reflectancia de MODIS incluyen:
 - Reflectancia en el Nadir BRDF-Ajustada de 500m Diaria
 - Reflectancia Superficial de 250m Global, Diaria
 - Reflectancia Superficial de 250m Global cada 8 días
- Productos preprocesados incluyen:
 - Cobertura de Nieve de 50m Global Diaria
 - Índices de Vegetación de 250m Globales cada 16 días
 - Tipo de Cobertura Terrestre de 500m Global Anual

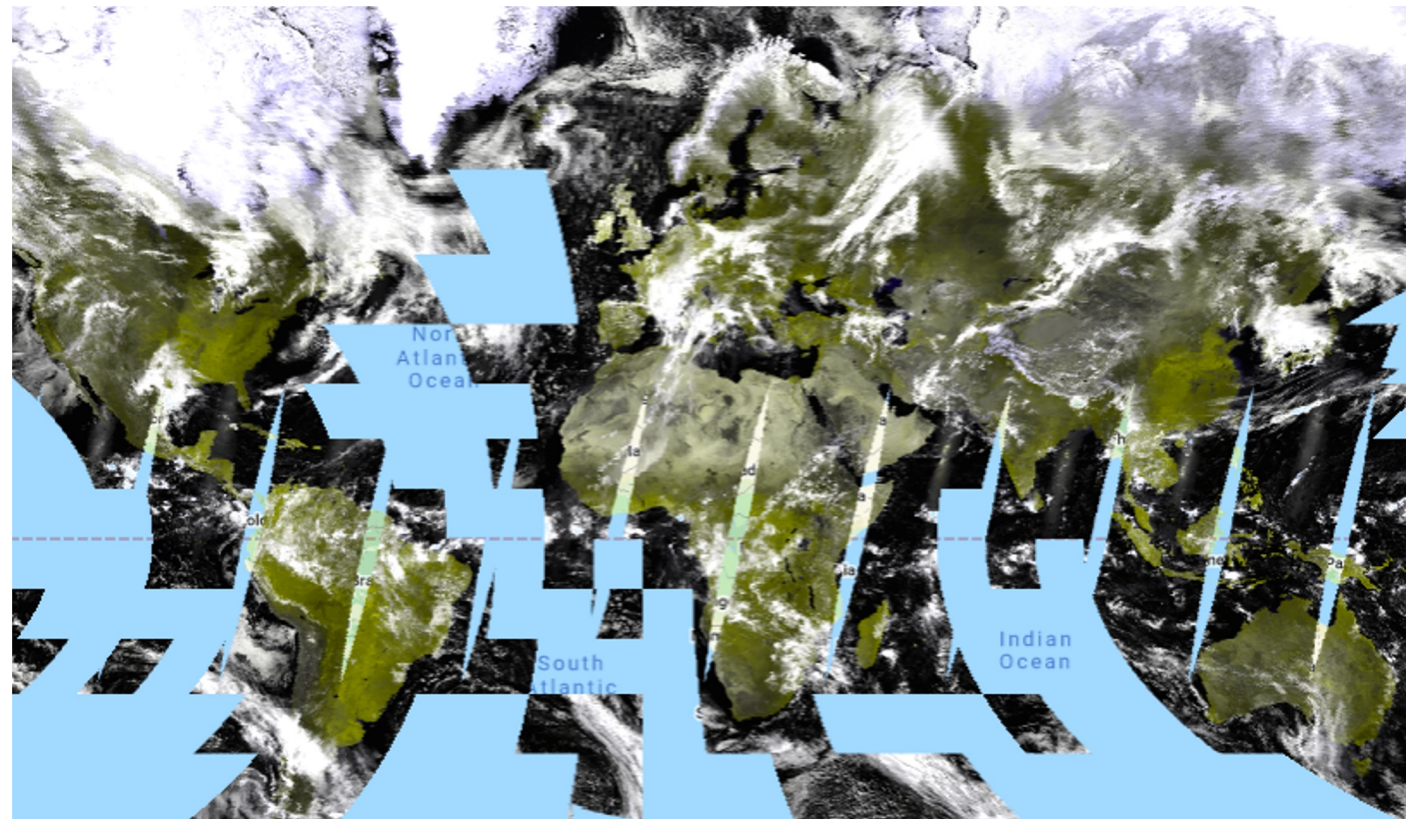


Imagen de color falso de la Reflectancia Superficial Global Diaria de 250m de Terra proyectada en la API de JavaScript de GEE. Fuente: [Google Earth Engine Developers](#)

Catálogo MODIS GEE:

<https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/modis>



Datos Satelitales Disponibles en GEE: Sentinel-1 SAR

- Hay datos SAR preprocesados de Sentinel-1 disponibles para trabajar en GEE.
- Capacitación de ARSET anterior:
 - [Mapeo y Monitoreo de los Bosques con Datos SAR](#)
- Catálogo de Datos de GEE:
 - https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S1_GRD

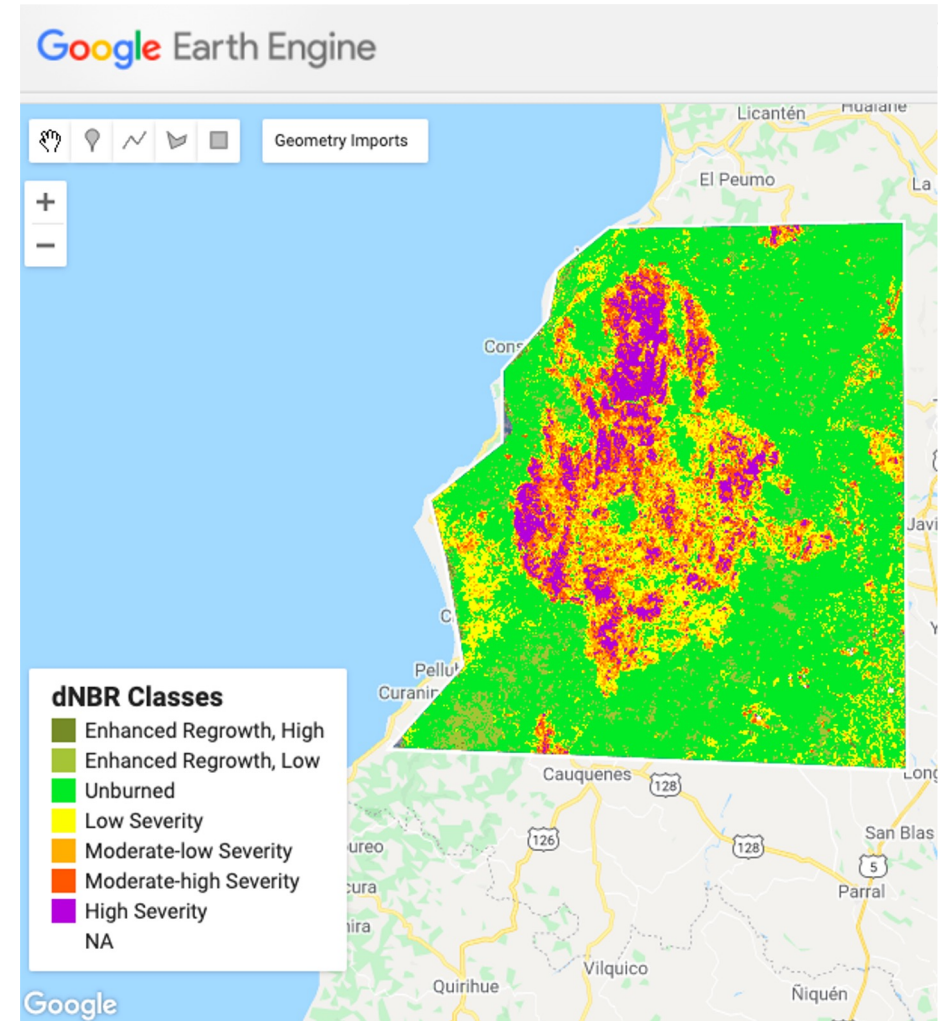


Una capacitación de ARSET anterior profundiza el uso de datos SAR para la gestión de tierras, en particular en ecosistemas con vegetación. Enlace: [ARSET](#)



Aplicaciones de GEE para la Gestión de Tierras: Severidad de Quema

- El mapeo de la severidad de quema completado en GEE manipula datos precargados de Sentinel-2 o Landsat 8 y usa la plataforma de GEE para realizar un control de calidad y filtrar datos.
- Se calculan la Relación de Quema Normalizada (Normalized Burn Ratio o NBR) y la NBR diferenciada (dNBR).
- La umbralización califica la severidad de quema de incendios forestales para realizar una evaluación completa de la severidad de quema.
- Refiérase a las instrucciones paso a paso en [UN-SPIDER burn severity in GEE training](#)

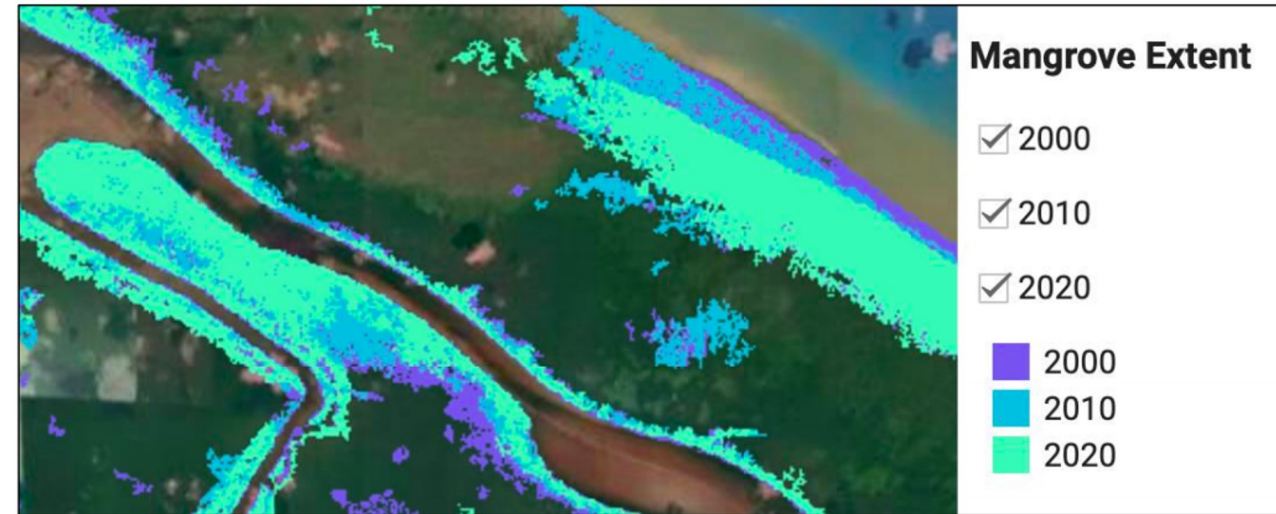


Ejemplo de mapeo de la severidad de quema con datos de Sentinel-2 en Empedrado, Chile, en febrero de 2017. Este mapa se produjo con el script UN-SPIDER Burn Severity with GEE. Fuente: [UN-SPIDER](#)



Aplicaciones de GEE para la Gestión de Tierras: Mapeo de Manglares

- Capacitación de ARSET usando GEE para mapear manglares:
 - [Remote Sensing for Mangroves in Support of the UN Sustainable Development Goals](#)
- Clasificación Random Forest para crear una serie temporal de cambios en la extensión de los manglares
- Creación de aplicaciones como herramientas de gestión y comunicación
- La [capacitación de ARSET de SAR](#) mencionada también muestra métodos de utilizar datos SAR en GEE para mapear manglares.

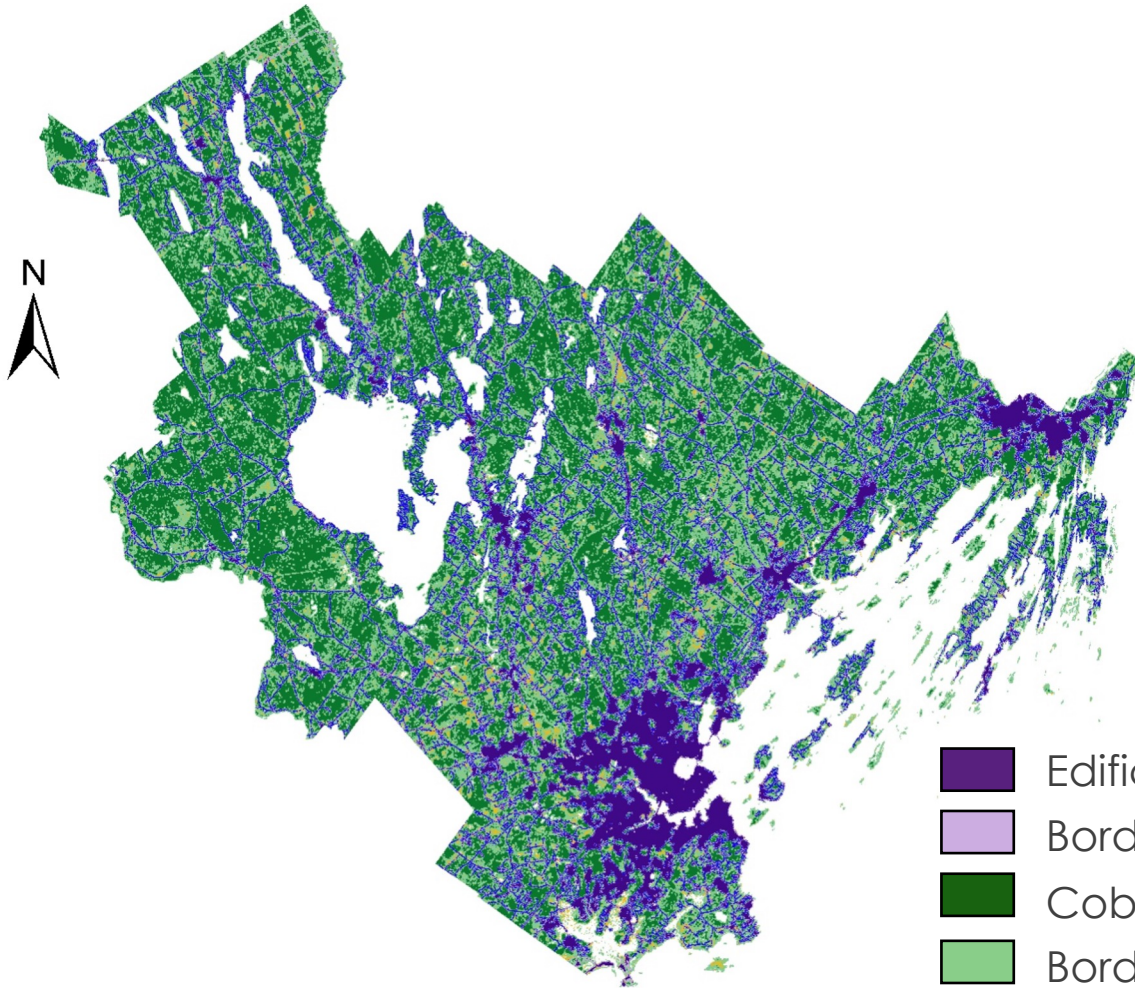


Ejemplo del mapeo de la extensión de manglares en una serie de tiempo para rastrear cómo ha cambiado la presencia de manglares durante un período de 20 años (de los ejercicios completados durante la serie sobre el Mapeo de Manglares de ARSET). Fuente de la Imagen: NASA ARSET

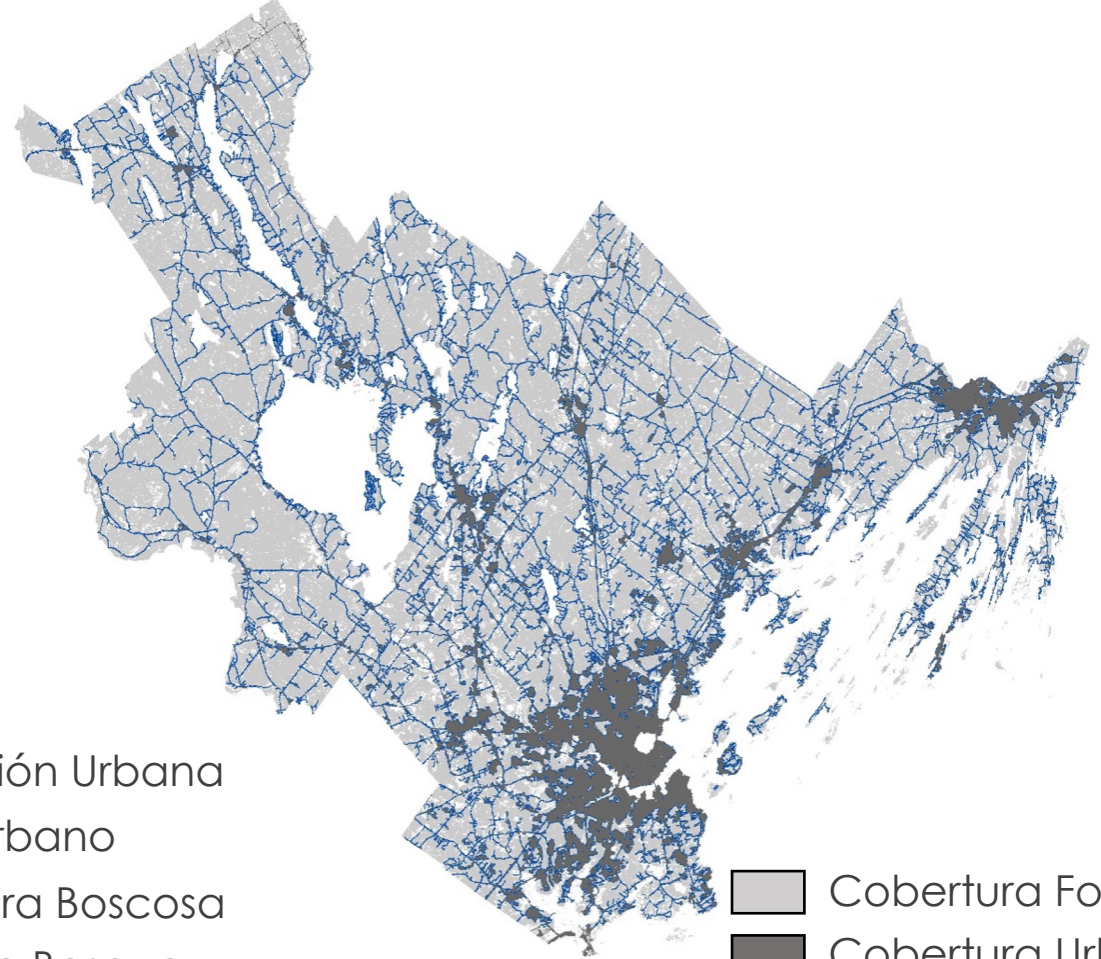
Visite las aplicaciones [Data Explorer](#) y [Comparison](#) para más información sobre el mapeo de manglares y aplicaciones en GEE.



Aplicaciones de GEE para la Gestión de Tierras : Cobertura Terrestre



- Edificación Urbana
- Borde Urbano
- Cobertura Boscosa
- Borde de Bosque
- Cultivos
- Borde Bosque—Urbano

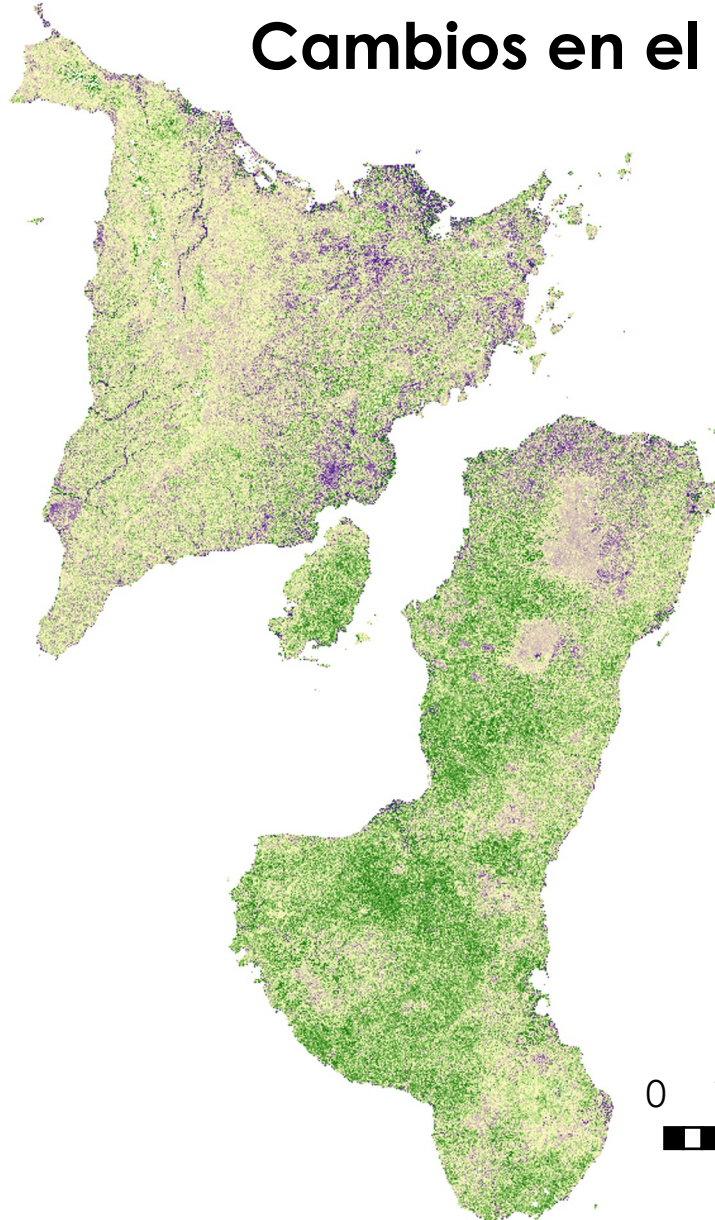


- Cobertura Forestal
- Cobertura Urbana
- Borde Bosque—Urbano

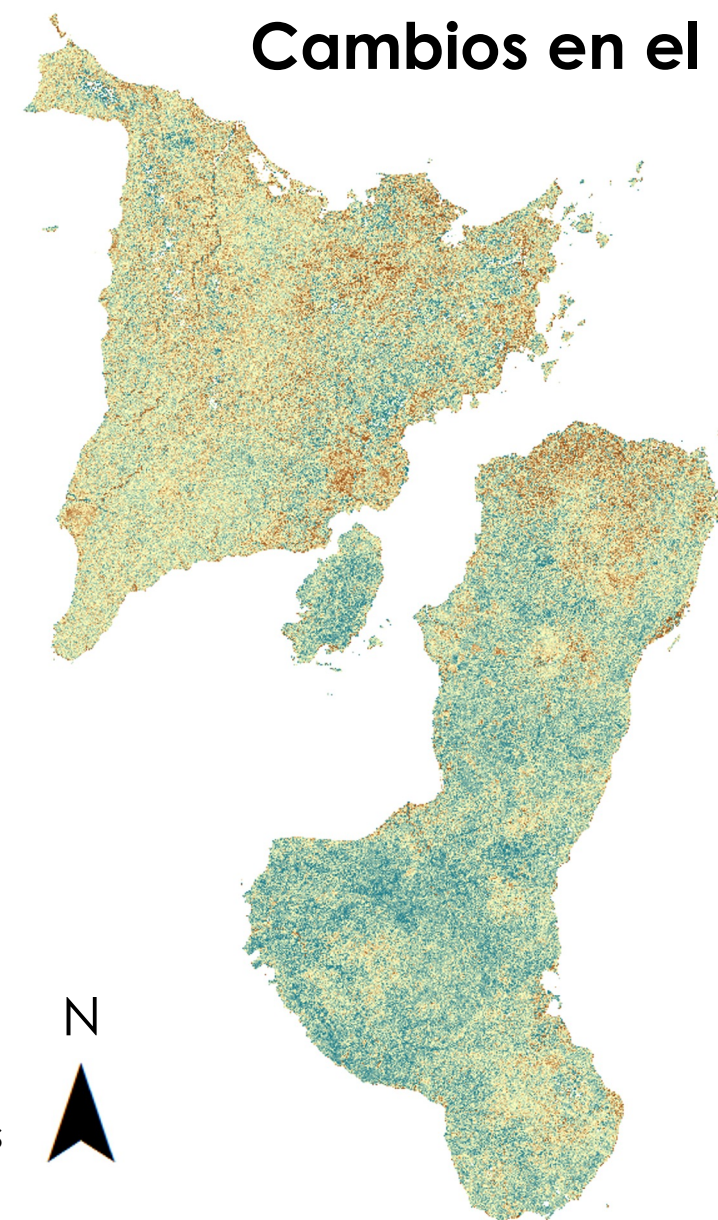


Aplicaciones de GEE para la Gestión de Tierras: Índices de Vegetación

Cambios en el NDVI



Cambios en el EVI

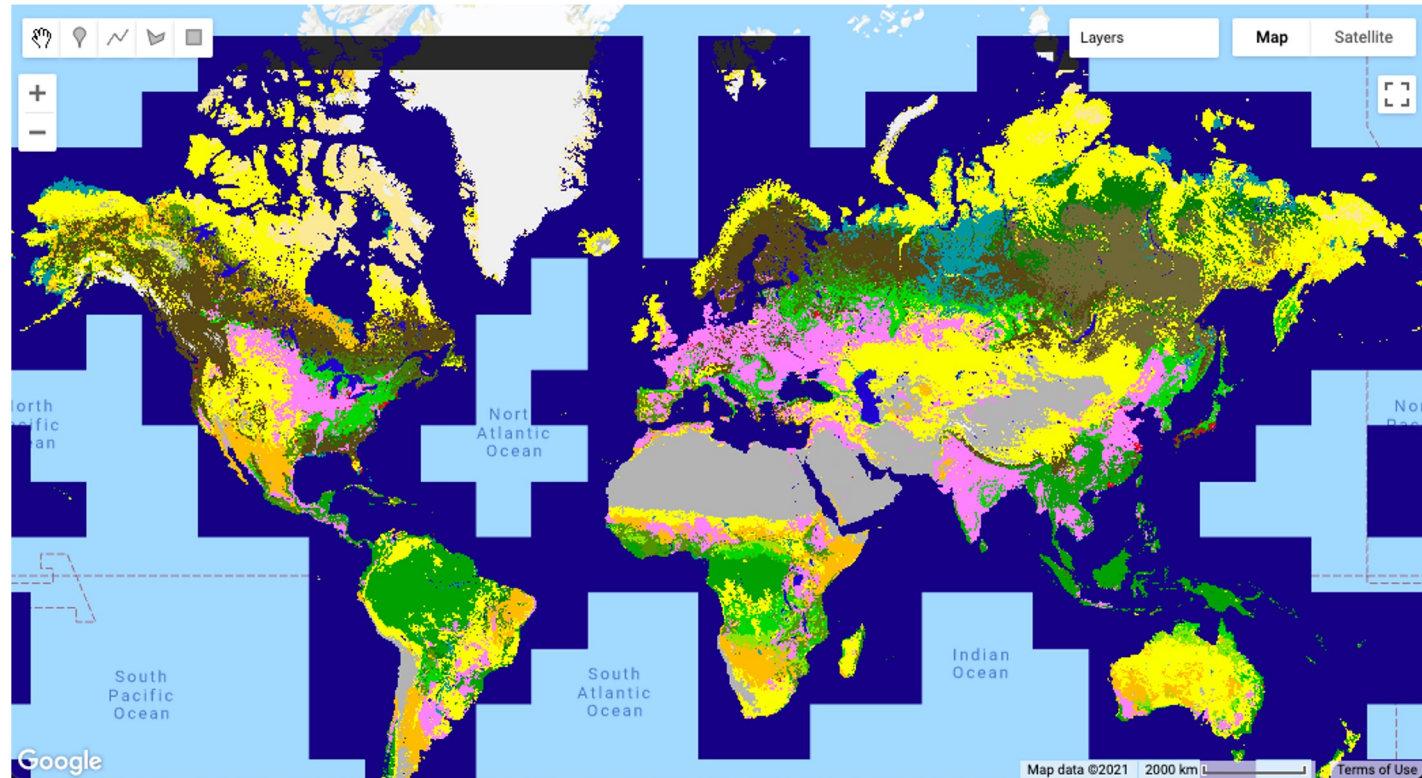


0 10 20 30 40
Kilómetros



Datos de Sensores Satelitales Disponibles en GEE: Productos de la Cobertura Terrestre

- Hay una variedad de productos de datos de la cobertura terrestre disponibles en GEE, incluso:
 - ESA WorldCover 10m v200
 - MODIS Land Cover Type Annual Global 500m
 - Global PALSAR-2/PALSAR Forest/Non-Forest Map
 - USGS National Land Cover Database
- Catálogo de Datos de GEE:
 - <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/tags/landcover>



Capas de Cobertura Terrestre Global de Copernicus: CGLS-LC100 colección 3 visualizada globalmente en GEE. Fuente: [Earth Engine Data Catalog](https://earthengine.google.com/datasets/tags/landcover)





Demostración – Adquisición de la Cobertura Terrestre

ESA WorldCover 10m v100

- Código para la demostración: <https://code.earthengine.google.com/c0cee80a1637bbbc7b1723519be571d4>
- Conjunto de datos (GEE): https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/ESA_WorldCover_v100
- Disponibilidad del Conjunto de Datos
 - 2020-01-01 a 2021-01-01
- Proveedor del Conjunto de Datos
 - [ESA/VITO/Brockmann Consult/CS/GAMMA Remote Sensing/IIASA/WUR](#)
- Descripción
 - El producto WorldCover 10 m 2020 de la Agencia Espacial Europea (ESA) proporciona un mapa global de la cobertura terrestre para 2020 con una resolución de 10 m basado en datos de Sentinel-1 y Sentinel-2. El producto WorldCover viene con 11 clases de cobertura terrestre y ha sido generado en el marco del proyecto ESA WorldCover, parte del 5º Programa de Observación de la Tierra (EOEP-5) de la Agencia Espacial Europea.



Resumen

- La plataforma GEE proporciona a los usuarios recursos informáticos en la nube que pueden reducir barreras como el espacio de almacenamiento de datos y la potencia informática personal.
- Las capacidades de GEE son similares a las de muchas plataformas GIS utilizadas para manipular datos satelitales para procesos clave de la teledetección relacionados con la Tierra, incluyendo la aplicación de algoritmos y la clasificación de la cobertura terrestre.
- GEE alberga muchos conjuntos de datos relevantes para el monitoreo de la Tierra.
 - Series de Landsat, MODIS, Sentinel-2 y Sentinel-1 SAR
- La API de JavaScript permite la codificación y la automatización de funciones básicas de teledetección, como el filtrado de imágenes y el cálculo de índices de vegetación.
- Los usuarios interesados en la API de Python pueden explorar Google Colab.
- Sesión 2: Clasificación de la Cobertura Terrestre y Evaluación de la Precisión



Recursos que le Pueden Ayudar

Using Google Earth Engine for Land Monitoring Applications:

- <https://appliedsciences.nasa.gov/join-mission/training/english/arset-using-google-earth-engine-land-monitoring-applications>

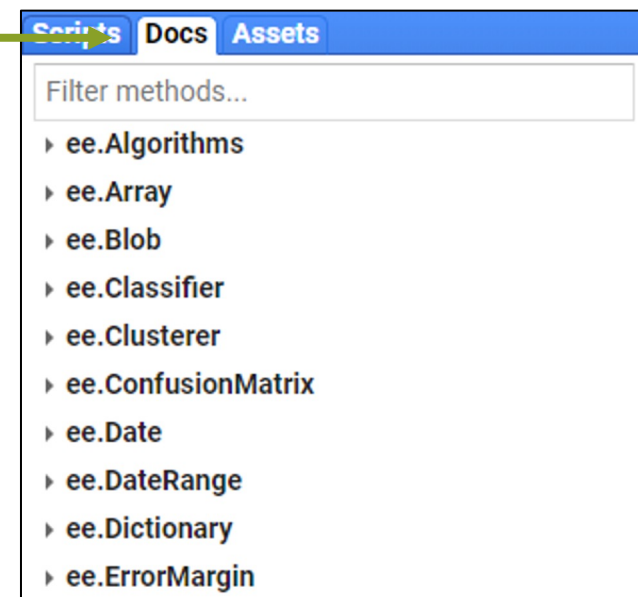
Forest Mapping and Monitoring with SAR Data

- <https://appliedsciences.nasa.gov/join-mission/training/english/arset-forest-mapping-and-monitoring-sar-data>

- La Pestaña Docs

- [Developer's Guide](#)

- [Google Earth Engine Developers Group](#)





Demostración – Adquisición de Aguas Superficiales

JRC Global Surface Water Mapping Layers, v1.4

- Código para la demostración: <https://code.earthengine.google.com/00e7a7f5521c592d7523cd281b2552c7>
- Conjunto de datos (GEE): https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/JRC_GSWT_4_GlobalSurfaceWater
- Disponibilidad del Conjunto de Datos:
 - 1984-03-16 a 2022-01-01
- Proveedor del Conjunto de Datos:
 - [EC JRC / Google](#)
- Descripción:
 - Este conjunto de datos contiene mapas de la ubicación y distribución temporal de aguas superficiales desde 1984 hasta 2021 y proporciona estadísticas sobre la extensión y el cambio de esas superficies de agua. Para obtener más información, consulte el artículo de revista asociado: High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes (Nature, 2016) y la Guía de usuarios de datos en línea. Estos datos se generaron utilizando 4.716.475 escenas de Landsat 5, 7 y 8 adquiridas entre el 16 de marzo de 1984 y el 31 de diciembre de 2021.



Recursos que le Pueden Ayudar

Using Google Earth Engine for Water Resources Applications:

- <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/tags/surface>

Using Earth Observations to monitor Water Budgets for River Basin Management:

- <https://appliedsciences.nasa.gov/join-mission/training/english/arset-using-earth-observations-monitor-water-budgets-river-basin-0>

Mapping and Monitoring Lakes and Reservoirs with Satellite Observations:

- <https://appliedsciences.nasa.gov/join-mission/training/english/arset-mapping-and-monitoring-lakes-and-reservoirs-satellite>





¡Gracias!

