



Datos Hiperespectrales para Sistemas Terrestres y Costeros

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

19 de enero de 2021

NASA Applied Remote Sensing Training Program (ARSET)

(Programa de Capacitación de Teledetección Aplicada de la NASA)

<http://arset.gsfc.nasa.gov/>

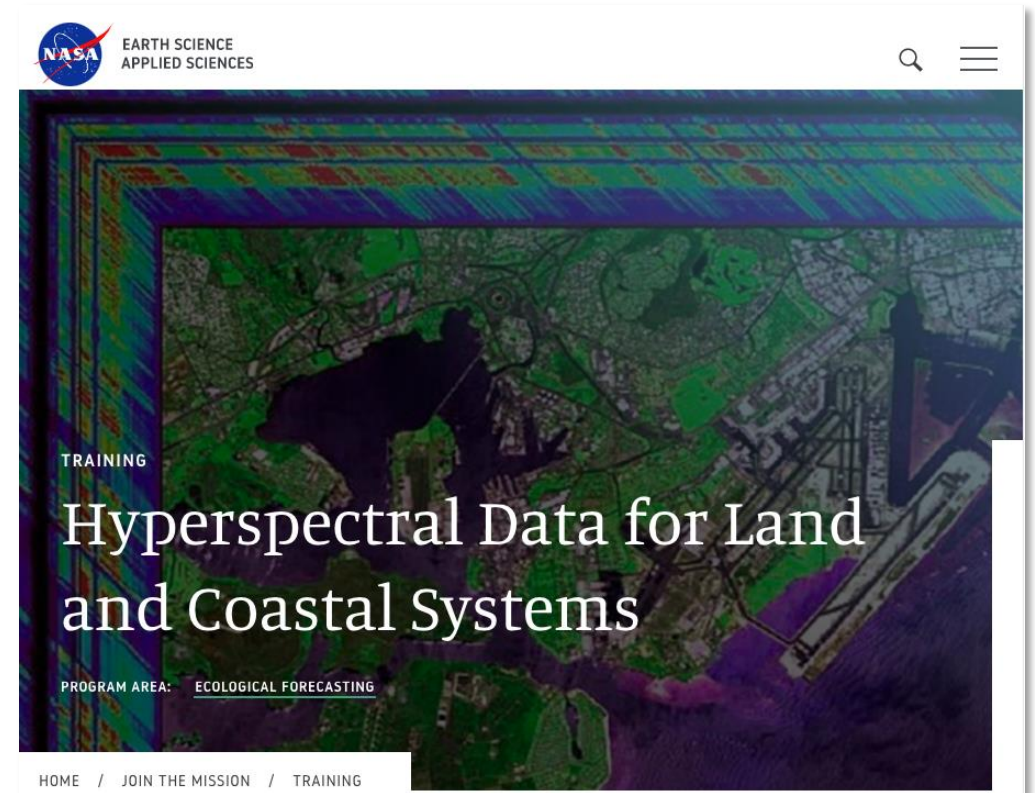
- Parte del Programa de Fomento de Capacidades Científicas Aplicadas de la NASA
- Empoderando a la comunidad global a través de la capacitación de teledetección
- ARSET anhela fomentar el uso de las ciencias terrestres en la toma de decisiones a través de capacitaciones para:

- Formuladores de políticas
- Gestores ambientales
- Otros profesionales en los sectores público y privado



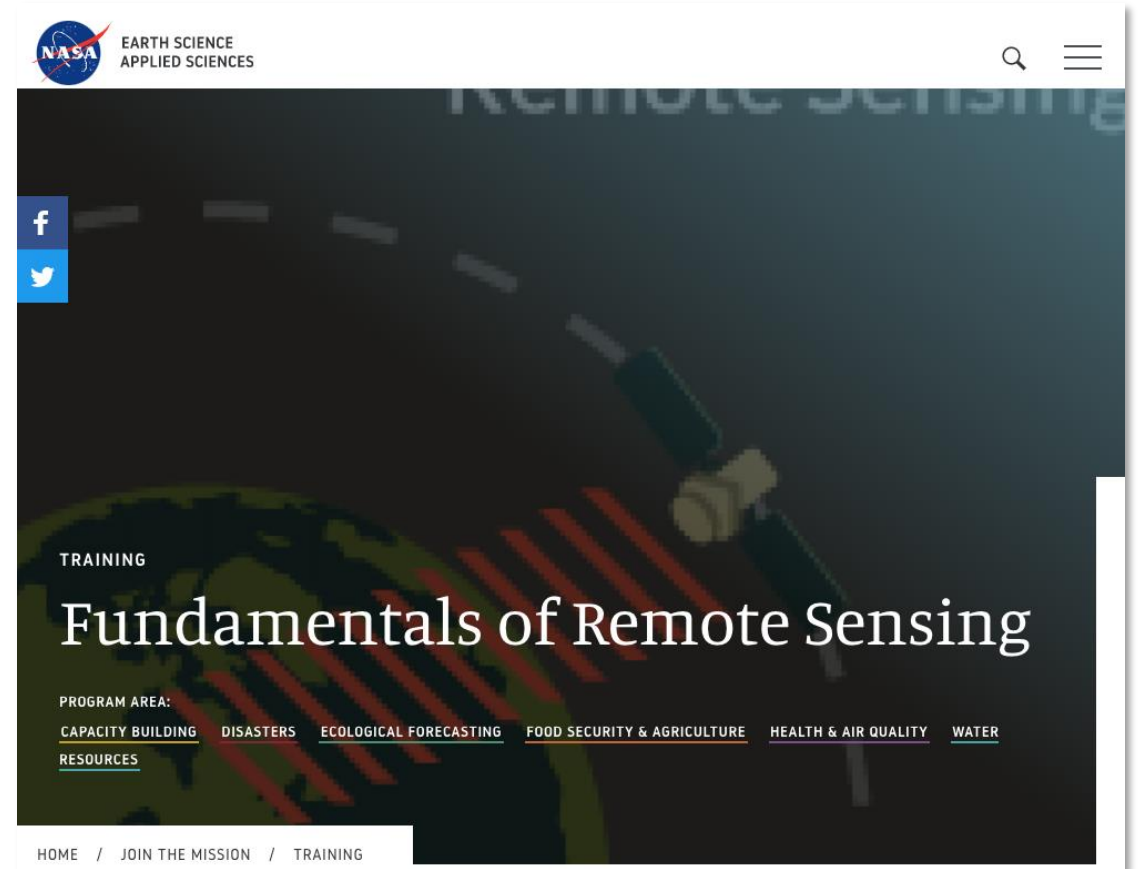
Estructura y Material del Curso

- Tres sesiones de una hora y media los días 19 y 26 de enero y el 2 de febrero
- Se presentará el mismo contenido en dos diferentes horarios cada día:
 - Sesión A: 11h-12h30 Hora Este de EE.UU. (UTC-5)
 - Sesión B: 16h-17h30 Hora Este de EE.UU. (UTC-5)
 - **Por favor inscribese y asista a solo una sesión por día.**
- Las grabaciones de las presentaciones, los archivos PowerPoint y la tarea asignada se podrán encontrar después de cada sesión en la siguiente página:
 - <https://appliedsciences.nasa.gov/join-mission/training/english/hyperspectral-data-land-and-coastal-systems>
- Preguntas y respuestas después de cada presentación y/o por correo electrónico:
 - juan.l.torresperez@nasa.gov
 - amberjean.mccullum@nasa.gov
 - bengtsson@baeri.org



Prerrequisitos

- Prerrequisitos:
 - Por favor complete [Fundamentos de la Percepción Remota \(Teledetección\)](#) o tenga experiencia equivalente.
- Material del Curso:
 - <https://appliedsciences.nasa.gov/join-mission/training/english/fundamentals-remote-sensing>



Tarea y Certificados

- **Tarea:**

- Se asignará una tarea
- Debe enviar sus respuestas vía Google Forms
- **Plazo para la tarea: Martes 16 de febrero**



- **Certificado de Finalización de Curso:**

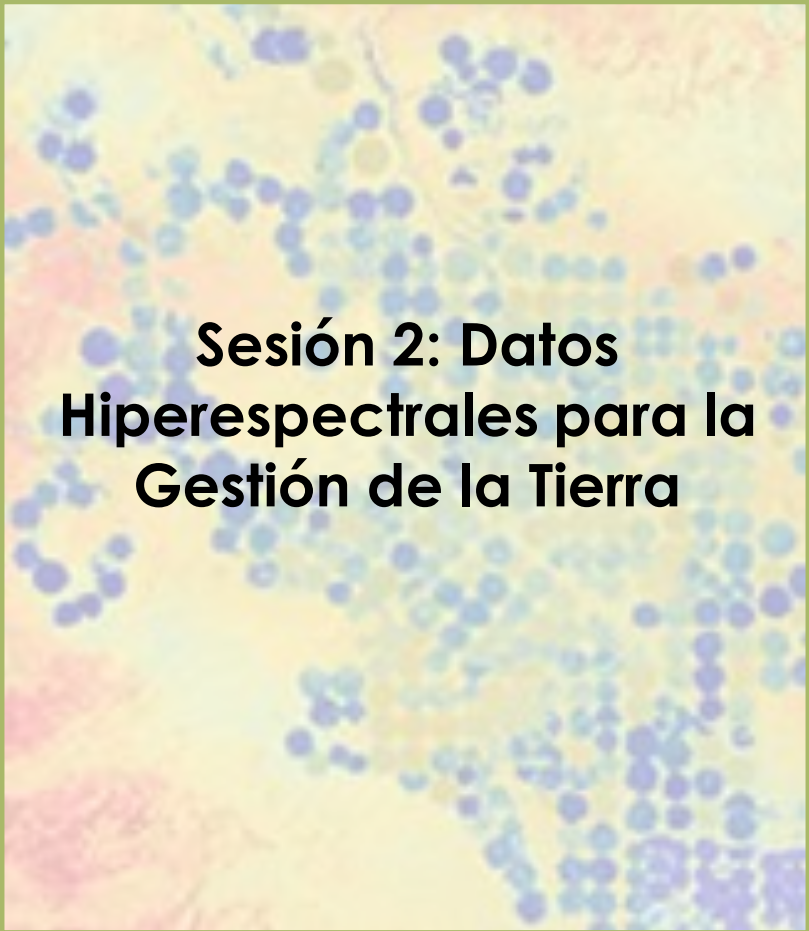
- Asista a todas las sesiones en vivo
- Complete la tarea asignada en el plazo estipulado (acceso desde la página web de ARSET)
- Recibirán sus certificados aproximadamente dos meses después de la conclusión del curso de: marines.martins@ssaihq.com



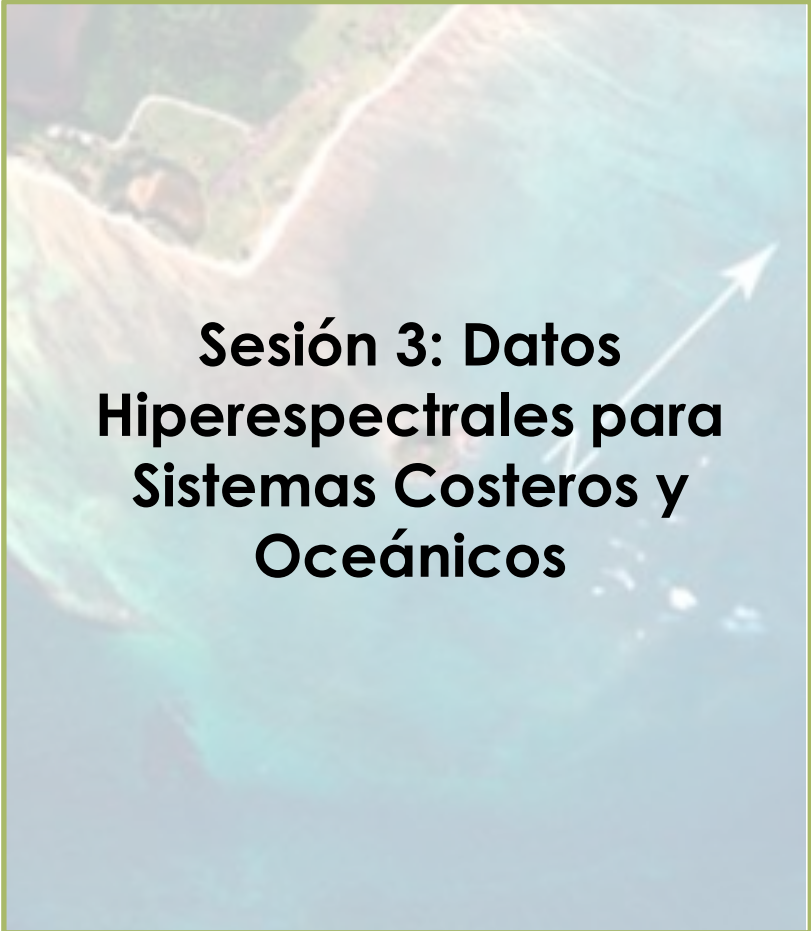
Esquema del Curso



Sesión 1: Introducción a los Datos Hiperespectrales



Sesión 2: Datos Hiperespectrales para la Gestión de la Tierra

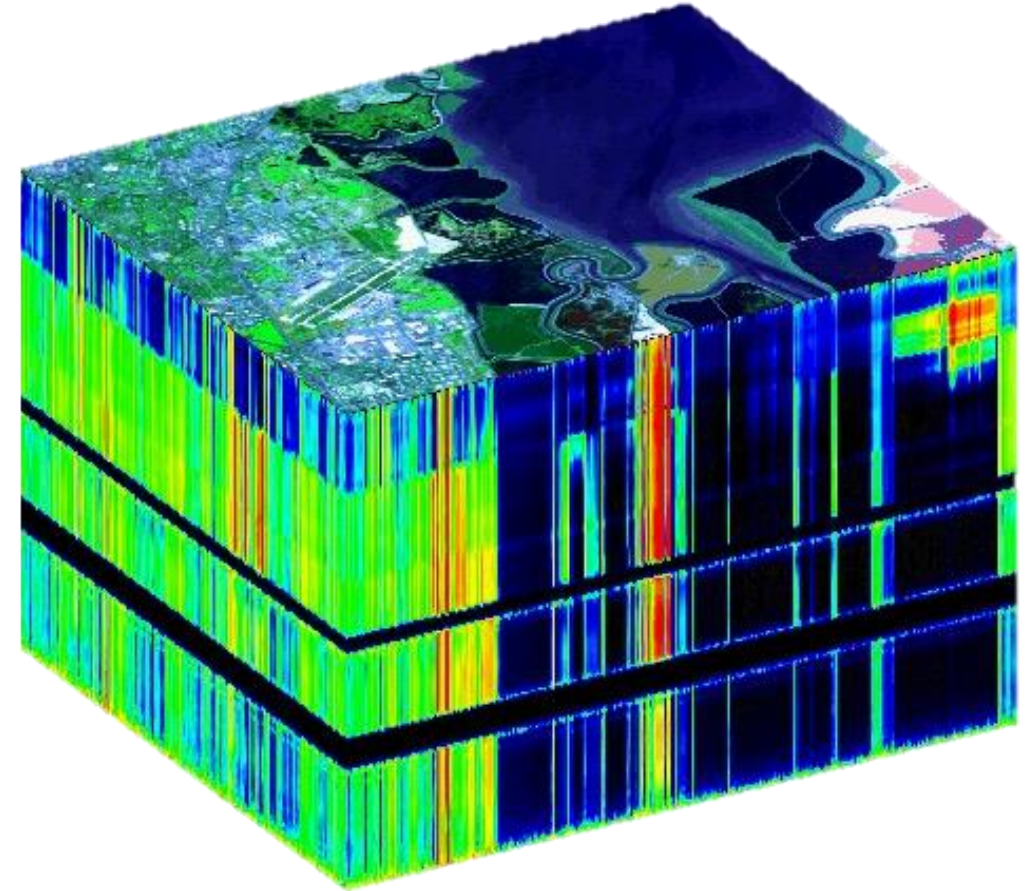


Sesión 3: Datos Hiperespectrales para Sistemas Costeros y Oceánicos



Objetivos de Aprendizaje

- Al final de esta sesión, usted podrá...
 - Reconocer datos hiperespectrales y cómo difieren de los datos multispectrales
 - Identificar sensores hiperespectrales actuales y misiones satelitales hiperespectrales futuras de su interés
 - Ubicar datos hiperespectrales disponibles e identificar plataformas de procesamiento

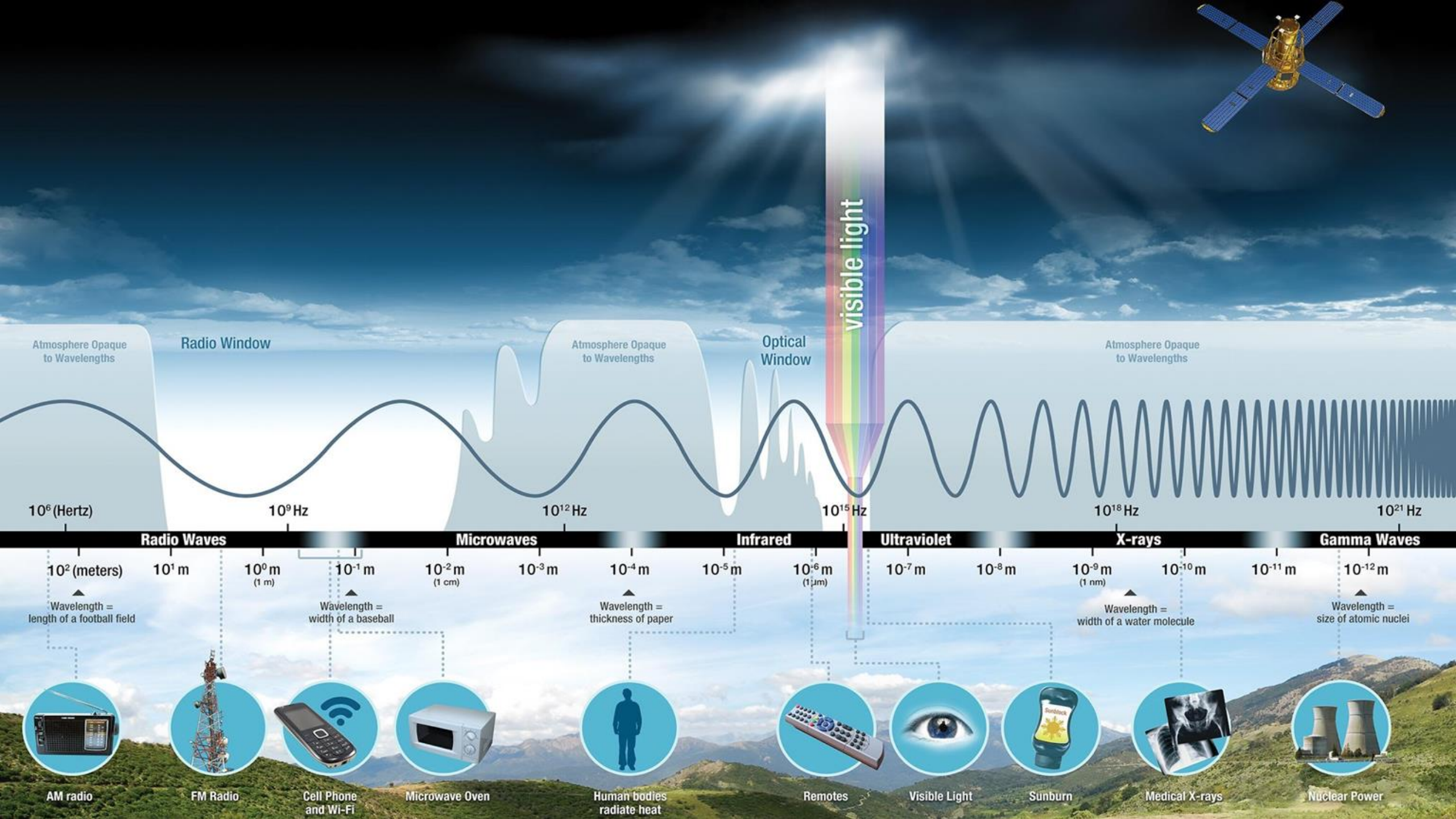


Fuente de la Imagen: [NASA JPL](#)





Introducción a los Datos Hiperespectrales



visible light

Atmosphere Opaque to Wavelengths

Radio Window

Atmosphere Opaque to Wavelengths

Optical Window

Atmosphere Opaque to Wavelengths

10^6 (Hertz)

10^9 Hz

10^{12} Hz

10^{15} Hz

10^{18} Hz

10^{21} Hz

Radio Waves

Microwaves

Infrared

Ultraviolet

X-rays

Gamma Waves

10^2 (meters)

10^1 m

10^0 m (1 m)

10^{-1} m

10^{-2} m (1 cm)

10^{-3} m

10^{-4} m

10^{-5} m

10^{-6} m (1 μ m)

10^{-7} m

10^{-8} m

10^{-9} m (1 nm)

10^{-10} m

10^{-11} m

10^{-12} m

Wavelength = length of a football field

Wavelength = width of a baseball

Wavelength = thickness of paper

Wavelength = width of a water molecule

Wavelength = size of atomic nuclei



AM radio

FM Radio

Cell Phone and Wi-Fi

Microwave Oven

Human bodies radiate heat

Remotes

Visible Light

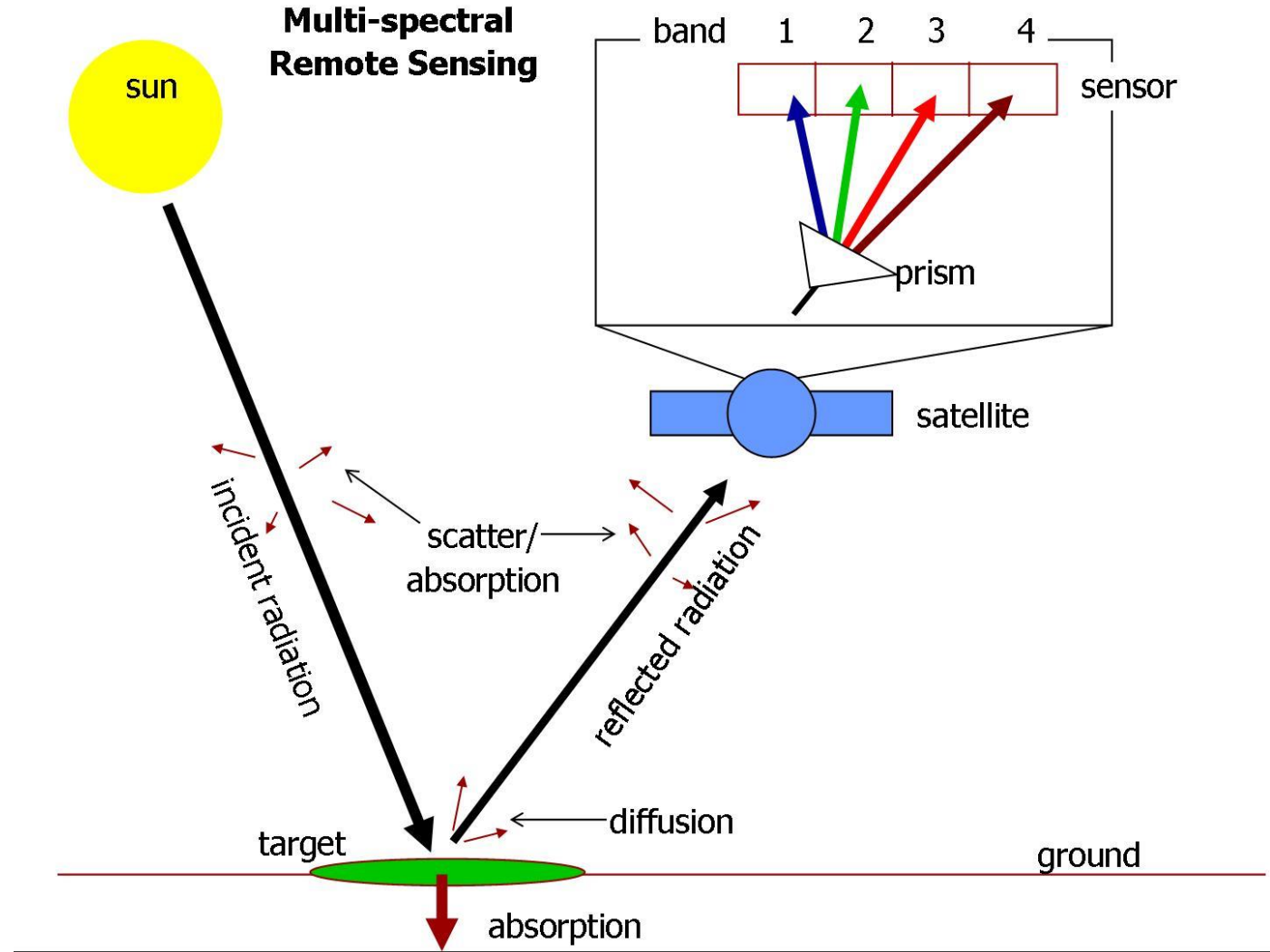
Sunburn

Medical X-rays

Nuclear Power

Resolución Espectral

- La capacidad de un sensor de definir intervalos de longitud de onda.
- Cada “banda” representa una parte diferente del espectro electromagnético.
- Mientras más fina la resolución espectral, más estrecha la gama de longitudes de onda para un canal o banda particular.

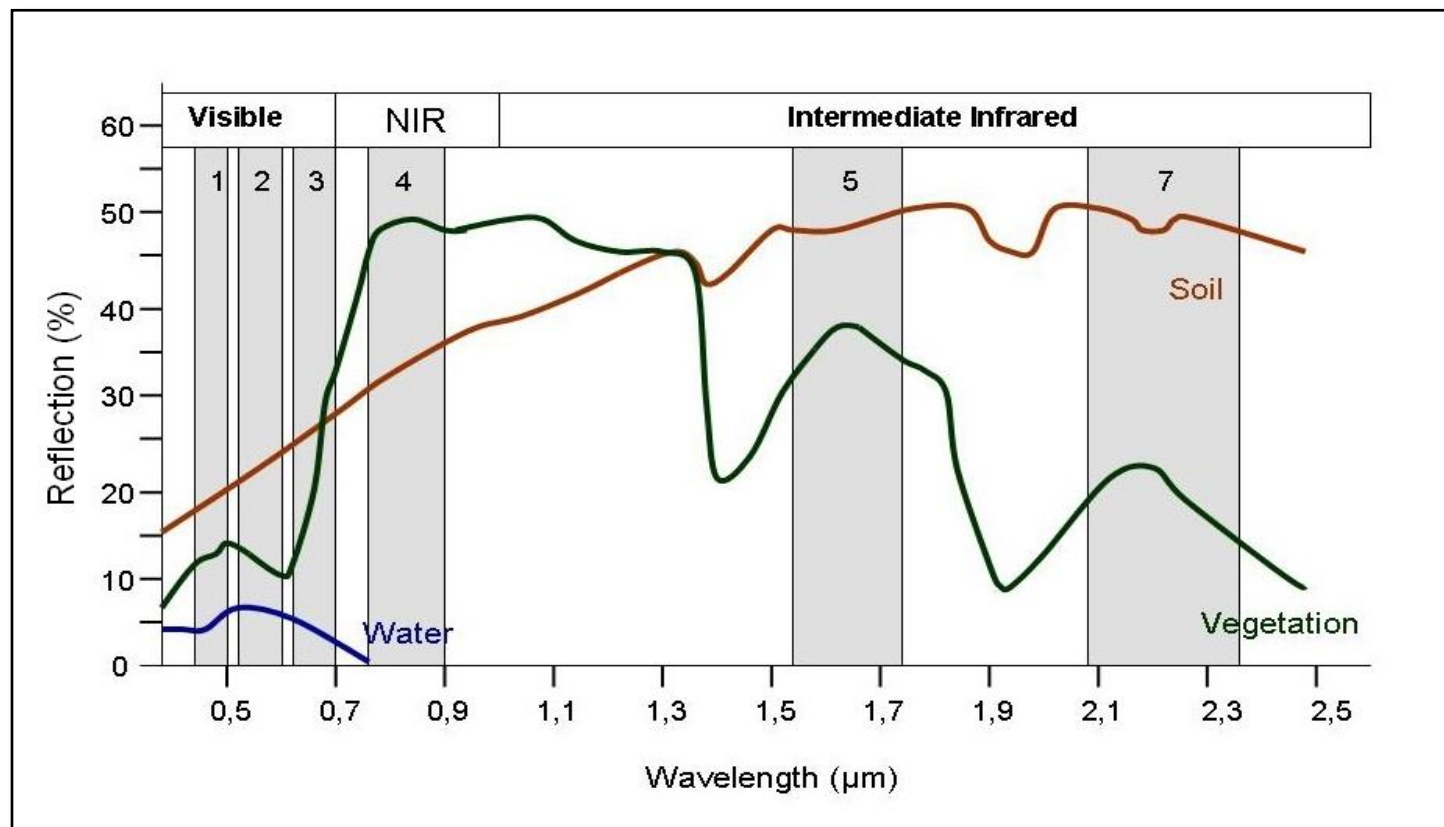
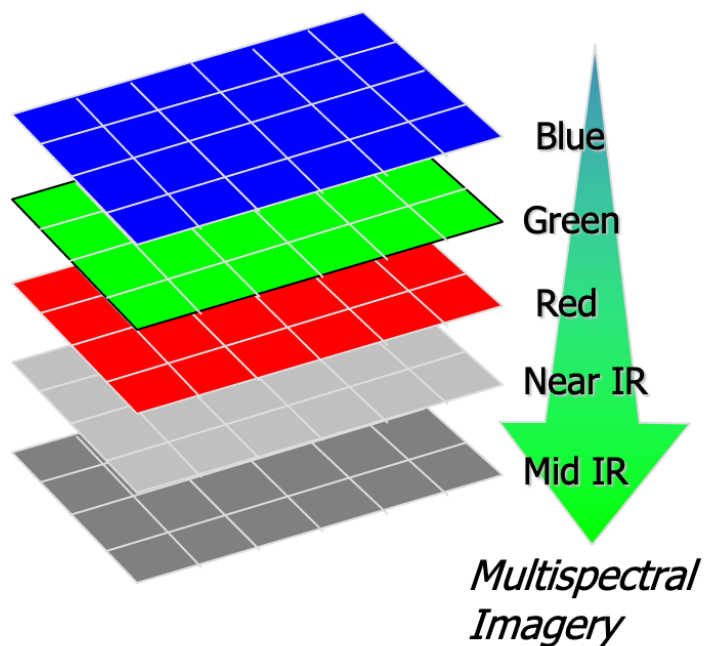


Fuente de la Imagen: Cristina Milesi



Resolución Espectral

- Cada banda es una capa diferente en una imagen.

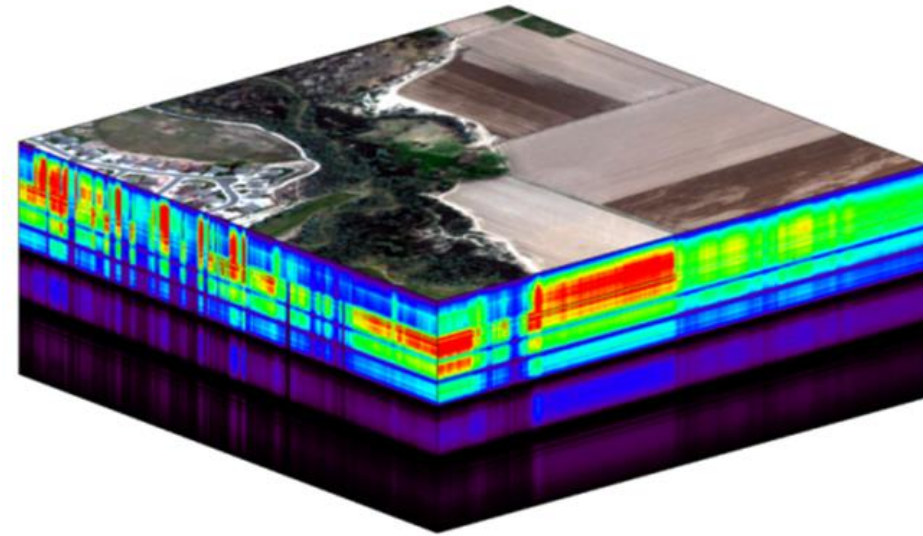


Fuente de la Imagen: [USGS](#)



¿Qué es la Teledetección Hiperespectral?

- La adquisición de imágenes en **centenas de bandas espectrales contiguas** con el fin de derivar un espectro radiante para cada píxel.
 - Mide reflectancia a intervalos cortos en el espectro electromagnético
 - Las bandas normalmente están separadas por 10 nm o menos entre sí

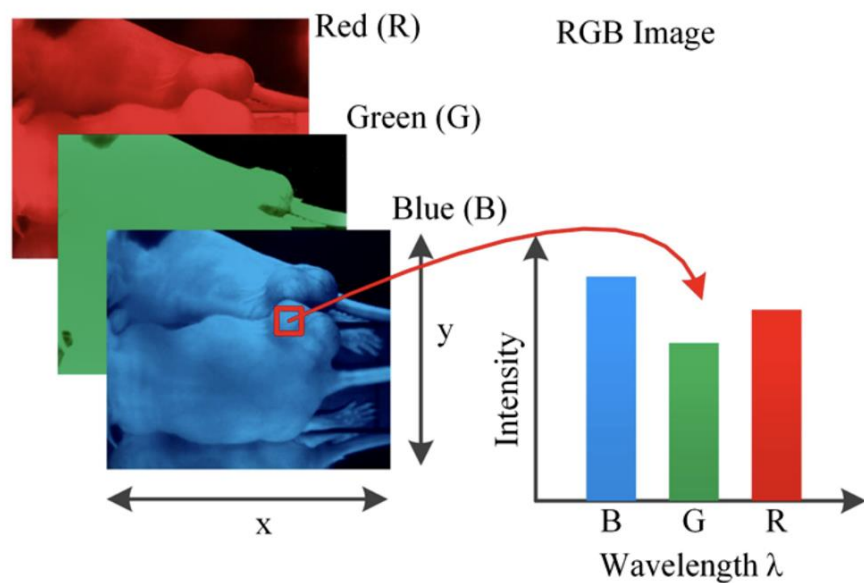


Fuente de la Imagen: [NSF NEON](#)

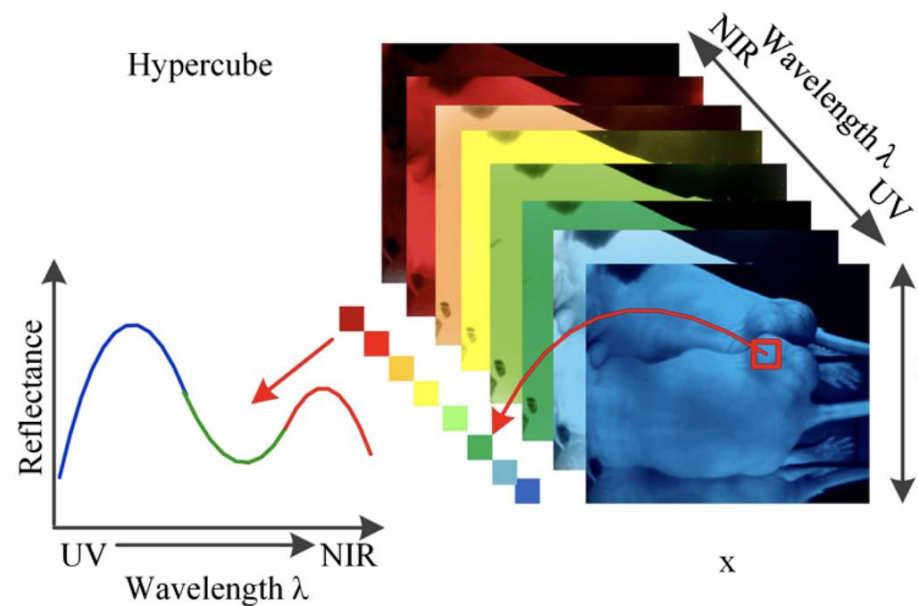


Datos Multiespectrales vs. Hiperespectrales

Multiespectrales



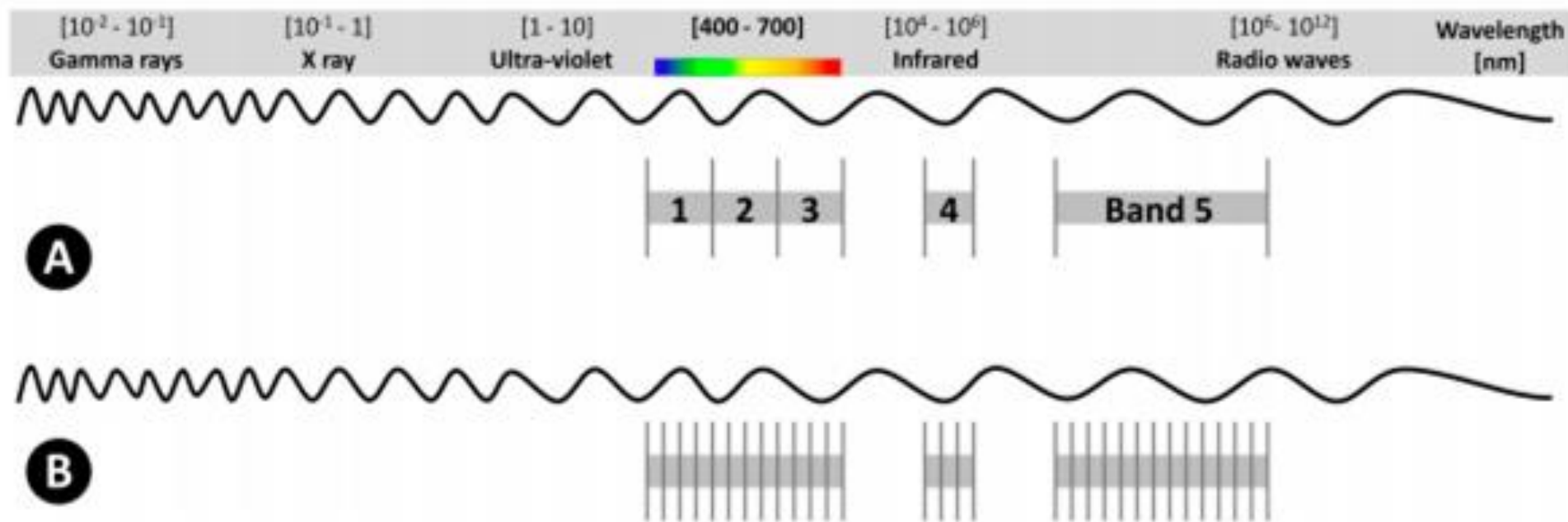
Hiperespectrales



Fuente de la Imagen: CIRES, Universidad de Colorado



Datos Multiespectrales vs. Hiperespectrales



Representación del espectro incluyendo: (A) Ejemplo multiespectral, con 5 bandas anchas; y (B) ejemplo hiperespectral comprendiendo varias bandas estrechas. Algunos sensores hiperespectrales tienen centenares de bandas. Fuente de la Imagen: Adao, et al., 2017



Datos Multiespectrales vs. Hiperespectrales

Multiespectrales:

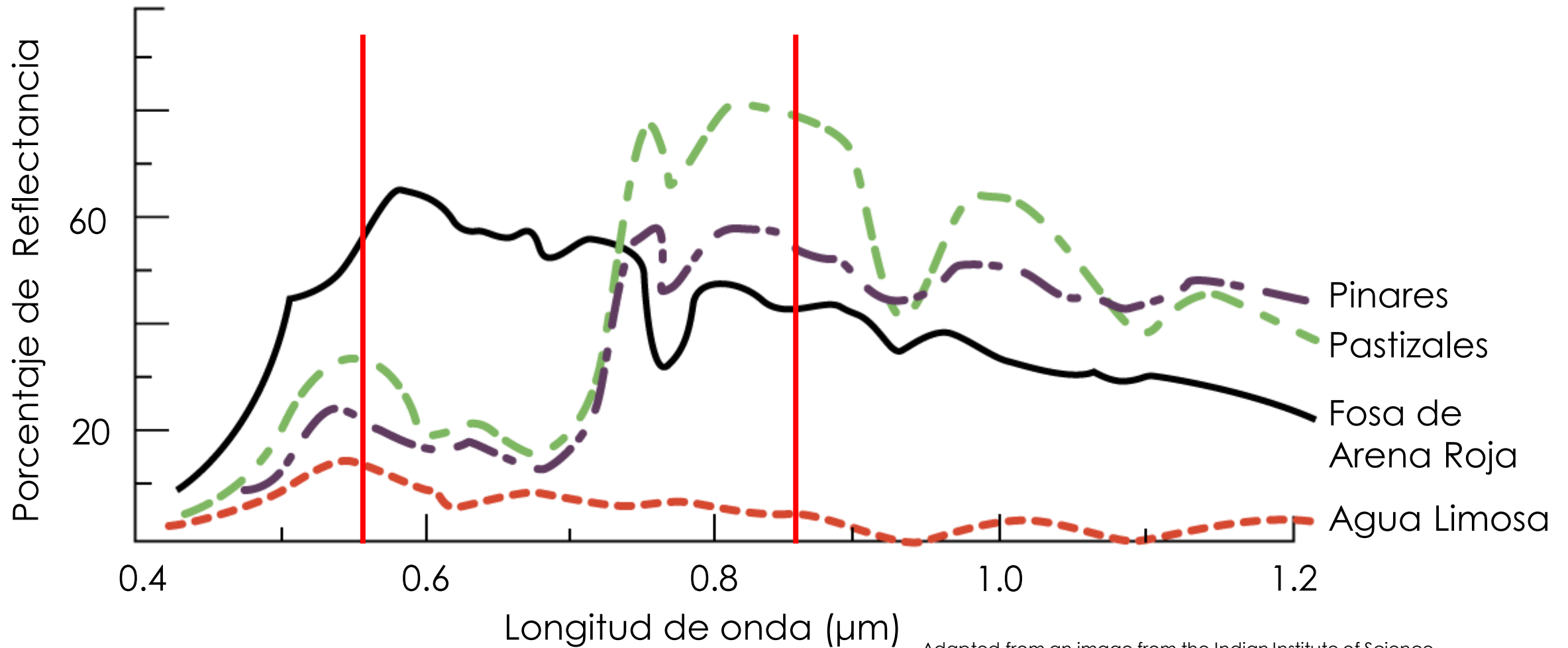
- Sensores populares como Landsat y MODIS
- Un número limitado de bandas espectrales
- Resolución temporal relativamente alta
- Extensión espacial global

Hiperespectrales:

- Son limitados en cuanto al número de sensores satelitales
- Hay algunos sensores para misiones específicas a bordo de la Estación Espacial Internacional
- Sensores aéreos en campañas de vuelo
- Bandas estrechas que miden más características de la reflectancia superficial
- Resolución temporal baja
- Menor cobertura espacial



¿Por Qué es Importante la Resolución Espectral?



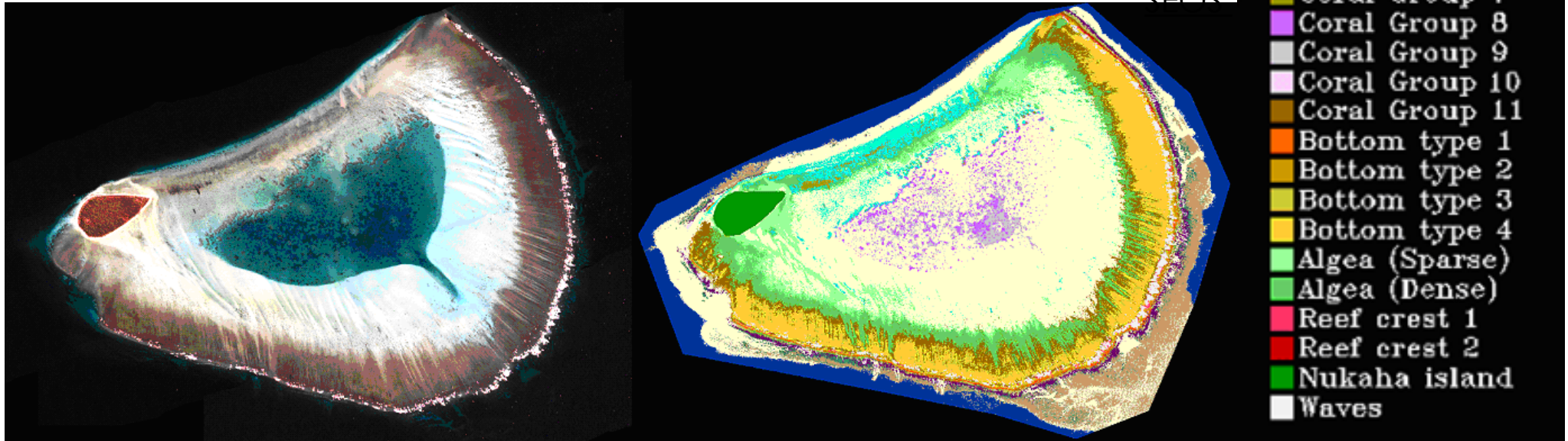
Adapted from an image from the Indian Institute of Science.



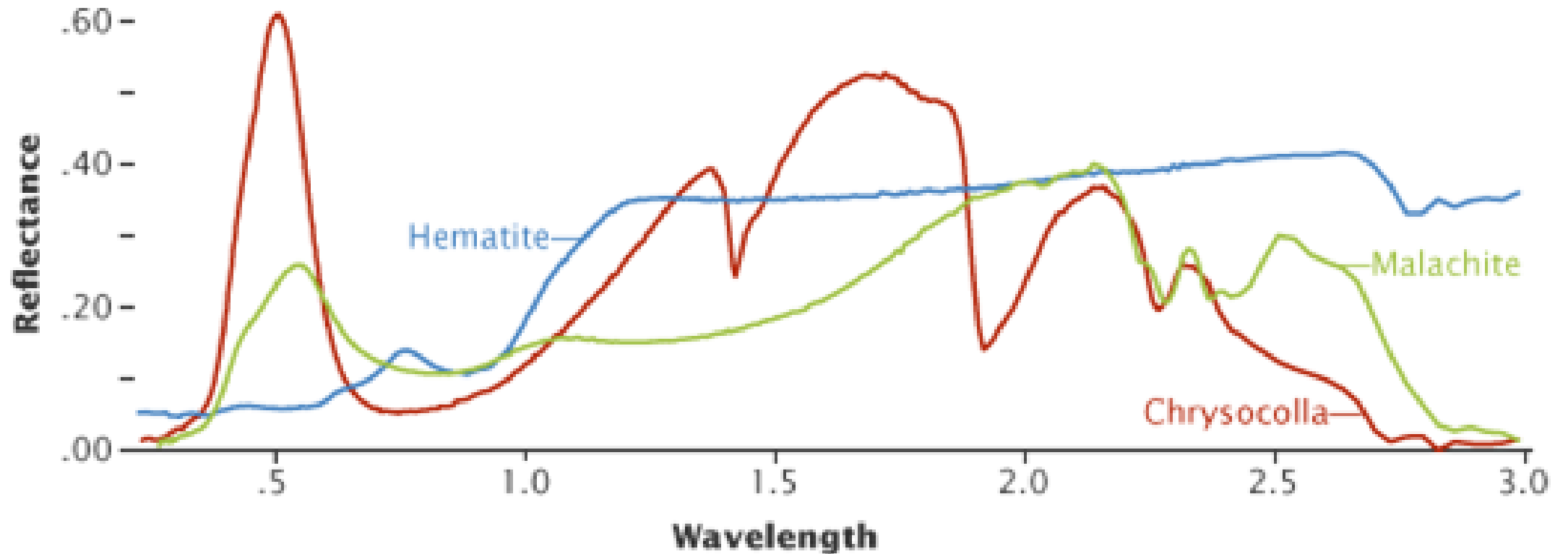
Aplicaciones de Imágenes Hiperespectrales

- Geología
- Especies Invasoras
- Monitoreo Costero/Oceánico
- Monitoreo de carbono
- Vida microbiana en el ártico
- Actividad Volcánica

Izq.: La isla de Fordate en Tanimbar (Indonesia) de datos hiperespectrales CASI (resolución 2,5 m). **Der.:** El mapa de tipo de fondo hecho a partir de los datos hiperespectrales. Fuente de la Imagen: SEOS



Aplicaciones de Imágenes Hiperespectrales



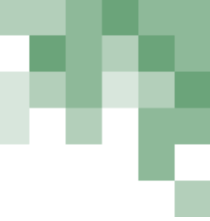
Este gráfico compara la reflectancia de la hematita (un mineral de hierro) con la malaquita y la crisocola (minerales ricos en cobre) de 200 a 3,000 nanómetros. Fuente de la Imagen: NASA/USGS por Robert Simmon.





Imágenes Hiperespectrales Satelitales y Aéreas

Captadores de Imágenes Hiperespectrales de la NASA



Satelitales/Espaciales

- EO-1 Hyperion
- Misiones de prueba a bordo de la Estación Espacial Internacional (ISS):
 - Hyperspectral Imager for the Coastal Ocean (HICO)
 - Ecosystem Spaceborne Thermal Radiometer Experiment on Space Station (ECOSTRESS)
 - Prototipo de imágenes térmicas para misiones hiperespectrales en el futuro

Aéreos

- Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS)
 - Campañas aéreas alrededor del mundo
 - Prueba conceptual para sensores hiperespectrales satelitales en el futuro
- Portable Remote Imaging Spectrometer (PRISM)
 - Coral Reef Airborne Laboratory (CORAL)
 - Misión realizada entre 2016 y 2019 para analizar ecosistemas costeros y condiciones en arrecifes de coral



EO-1 Hyperion

- Fechas: 2000 a 2017
- 220 bandas espectrales
- 357 a 2567 nm
- Ancho de banda-10 nm
- Resolución espacial-30 m
- Franja de 7.75 km
- 12-bit

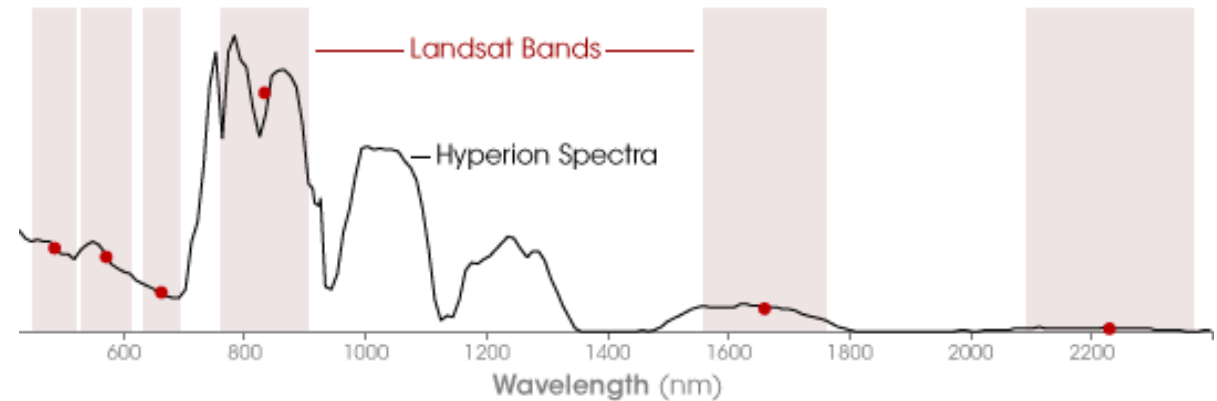


Imagen Hyperion del monte Fuji, 2000 (izq.), el sensor Hyperion (sup.) y una comparación de las bandas de Landsat y los espectros de Hyperion. Fuente de la Imagen: [USGS](#)



EO-1 Hyperion



Imágenes Hyperion de afloramientos cerca de una de las operaciones mineras más grandes de Jordania (Khirbat en-Nahas)



Con una imagen de color natural (sup.) los minerales se ven uniformemente oscuros, pero se puede identificar diferentes tipos de roca con la varias bandas espectrales en Hyperion (inf.).

Fuente de la Imagen: [Robert Simmon y la NASA](#)



Hyperspectral Imager for Coastal Ocean (HICO)

- El primer espectrómetro espacial para la captura de imágenes diseñado para el muestreo del océano costero
 - A bordo de la Estación Espacial Internacional (ISS)
- Rango de Fechas: 2009-2014
- Resolución Espacial: 90 m
- Resolución Espectral: 128 bandas (400-900nm cada 5.7nm)
- Resolución Temporal: ~3 días

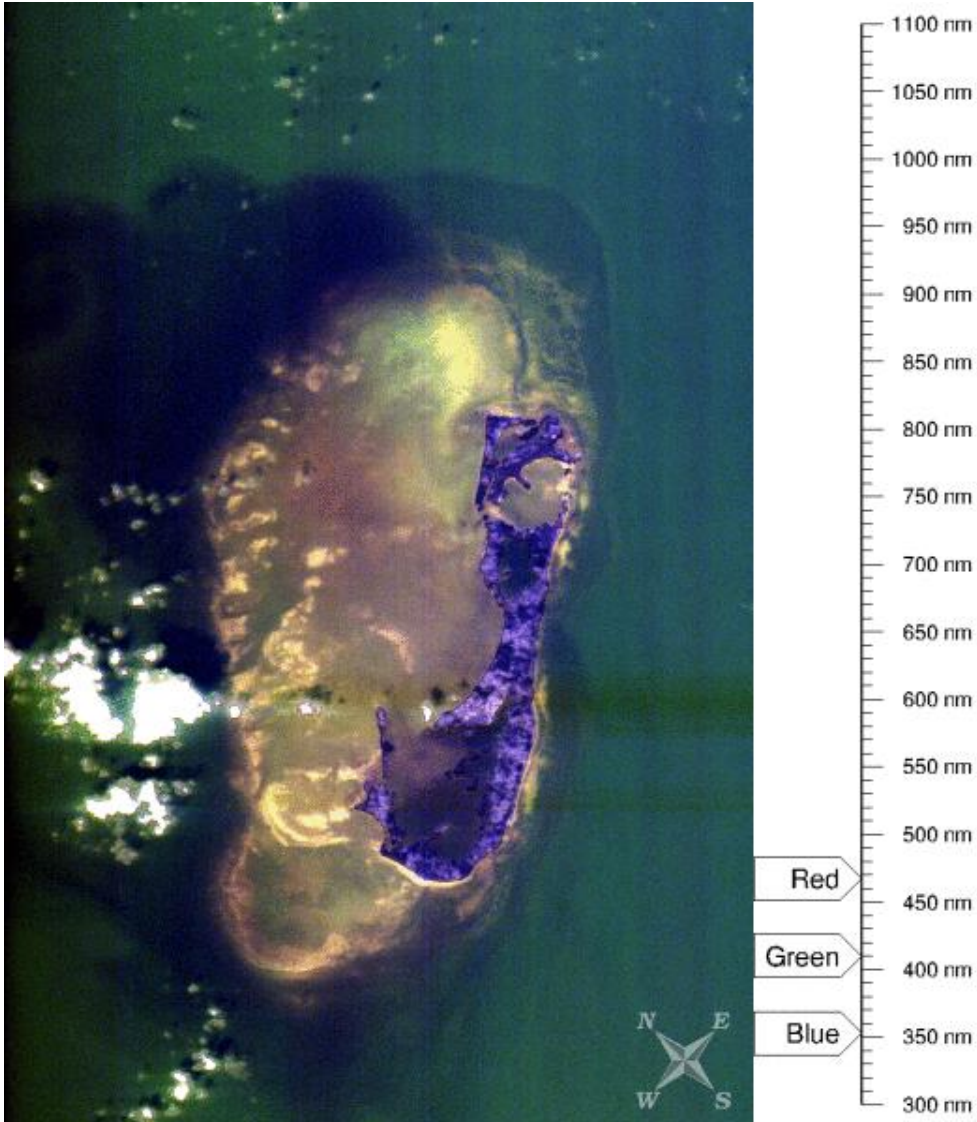


Imagen HICO de una floración masiva de *Microcystis* en el oeste del lago Erie, 3 de septiembre de 2011. Fuente de la Imagen: [NASA](#)



HICO

Fuente de la Imagen: [NASA](#)



- Las Bermudas, agosto de 2013
- Esta animación muestra las 128 bandas de HICO, 3 a la vez, para producir colores.
- Las características de las islas, los componentes de las aguas poco profundas y firmas de corales se pueden examinar.

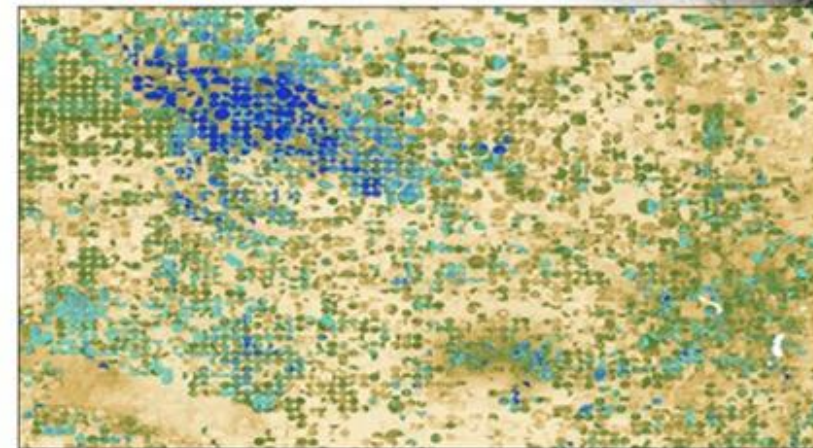


ECOSTRESS

- A bordo de la ISS
- Rango de Fechas: ago. 2018-hoy
- Resolución Espacial: 70 m
- Resolución Espectral: 6 bandas (160-1200 nm)
- Rango: 53.6° N latitud a 53.6° S latitud
- Datos disponibles en: [Data Pool](#), [NASA Earthdata Search](#), [AppEEARS](#) y [USGS EarthExplorer](#)



ECOSTRESS L3 (ET PT-JPL) 2018-07-29 18:19 CDT



0.02 g H₂O s⁻¹ m⁻² 0.16 g H₂O s⁻¹ m⁻²

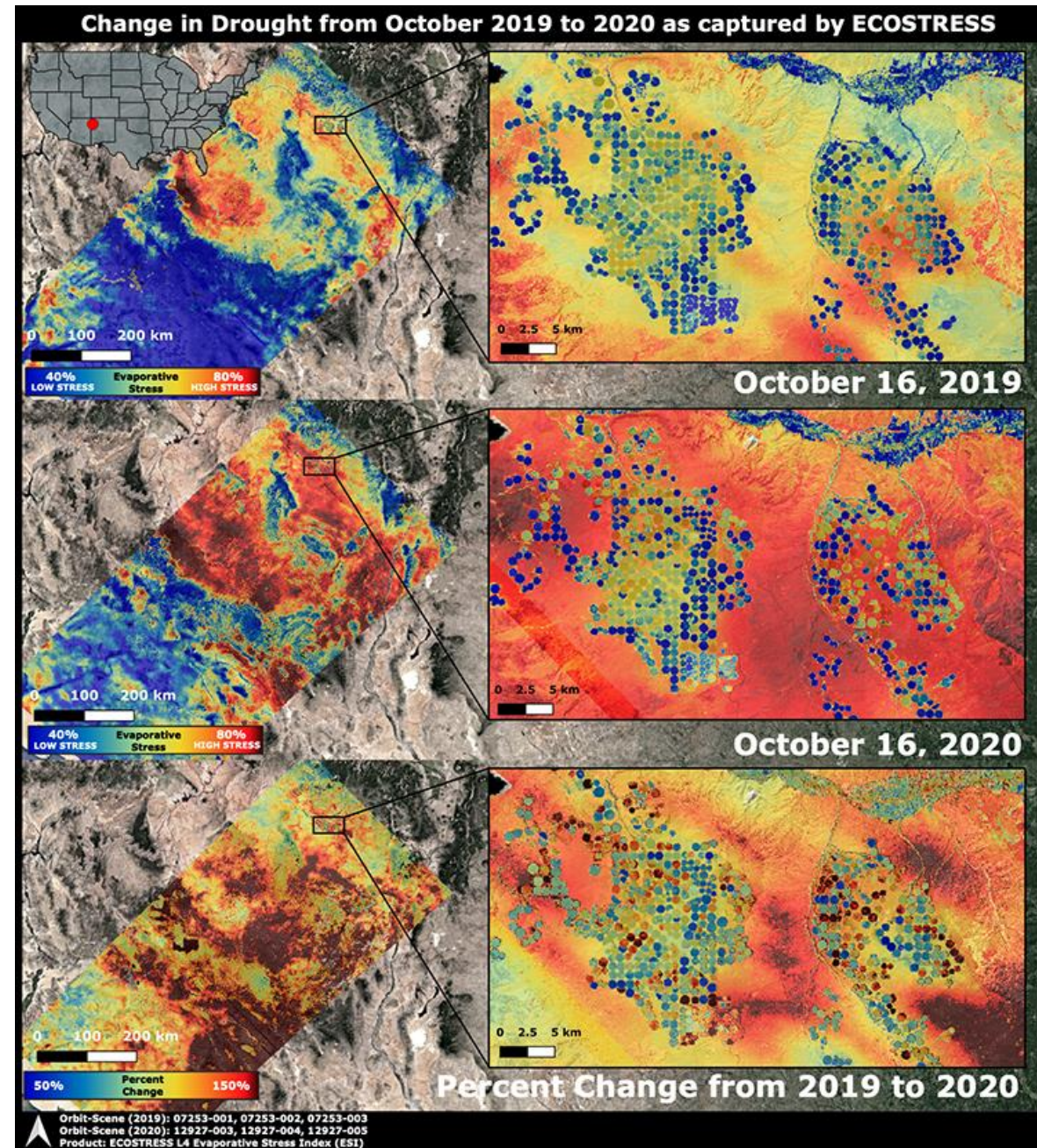
Fuente de la Imagen: [NASA](#)



ECOSTRESS

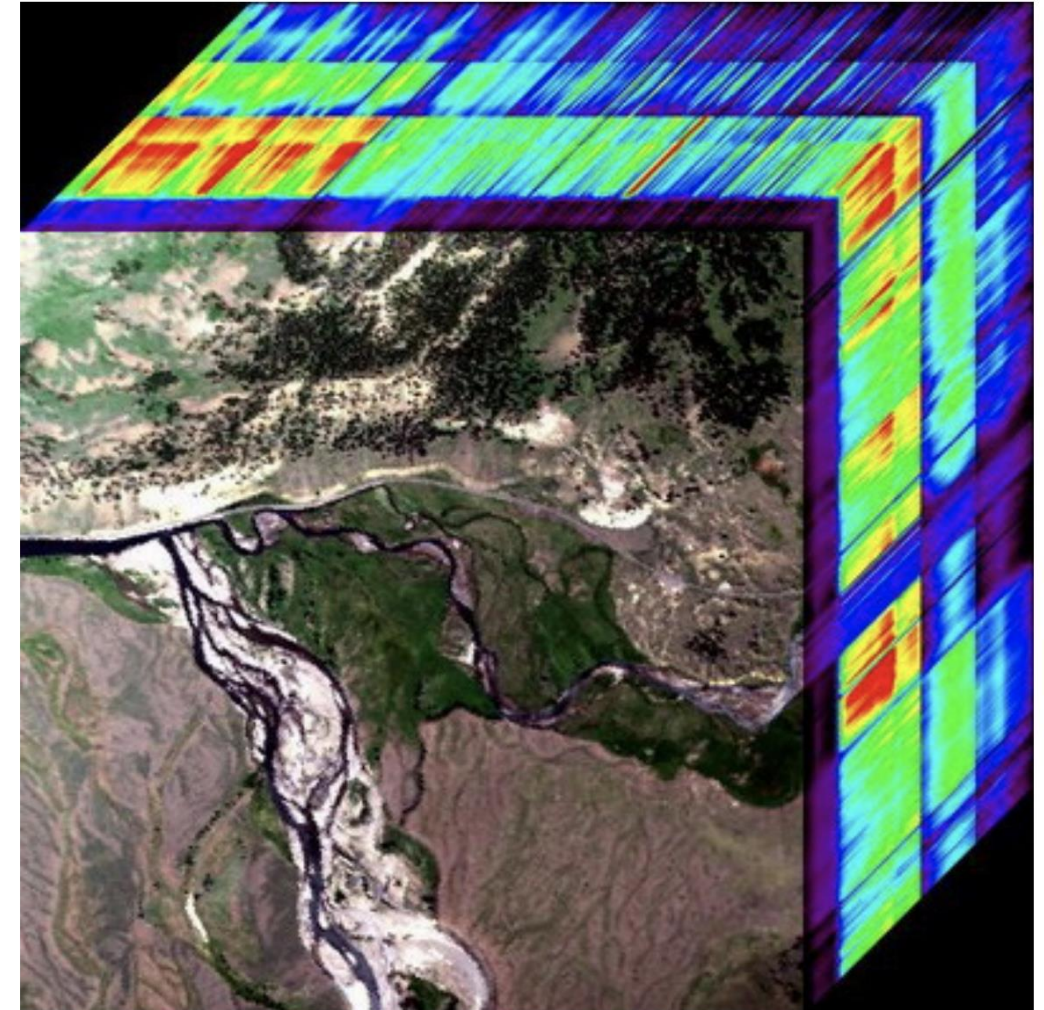
Datos de ECOSTRESS mostrando estrés evaporativo en 2019 (sup.), 2020 (medio) y el cambio porcentual en el estrés evaporativo de 2019 a 2020 (inf.) cerca de Farmington, Nuevo México en la región de cultivos NAPI.

Los tonos de azul representan zonas de estrés bajo mientras que los tonos de rojo representan áreas de estrés alto y poco consumo de agua.



Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS)

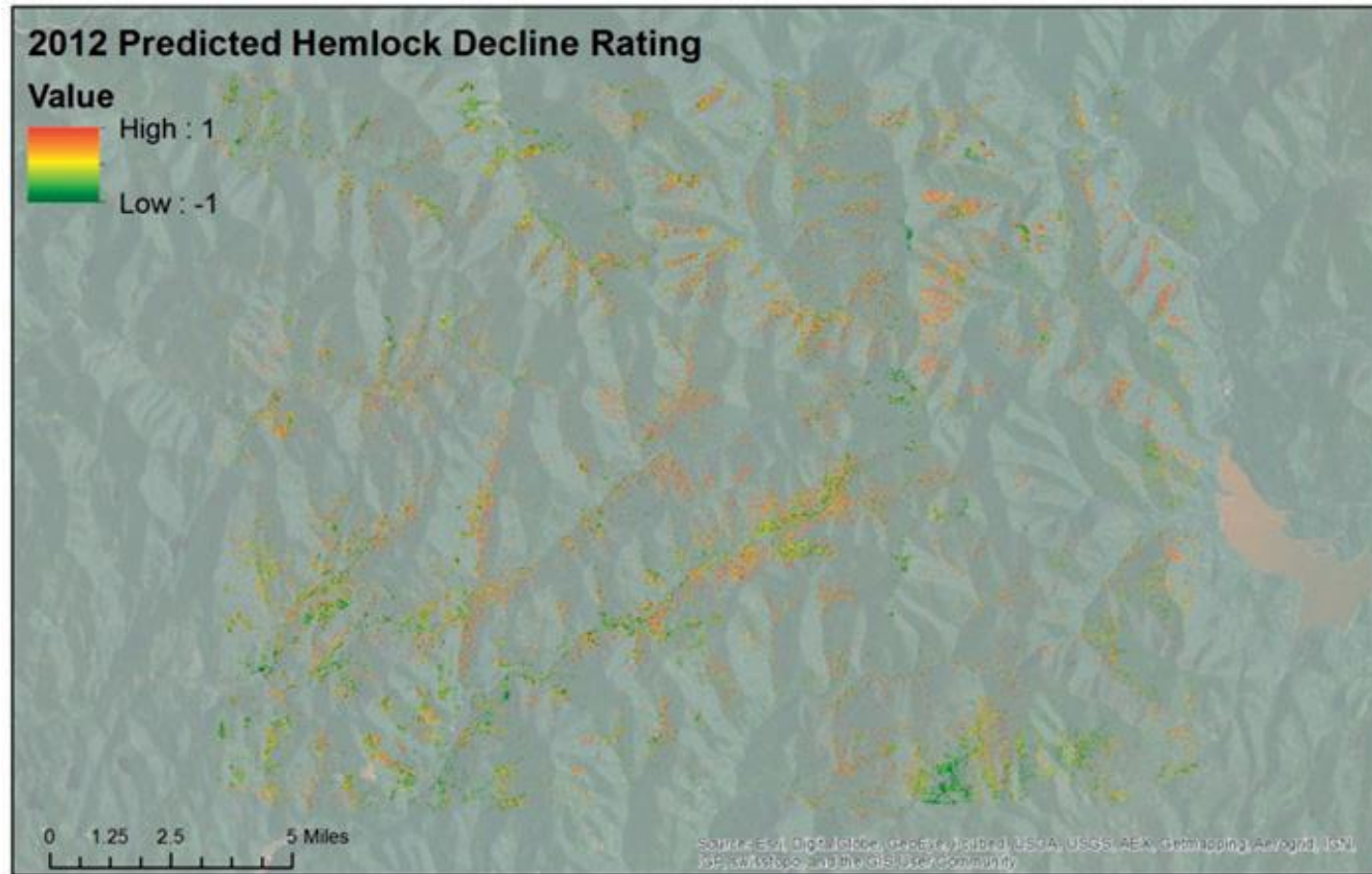
- Llevado a bordo de cuatro plataformas aéreas: El Jet NASA ER-2, Twin Otter International Turboprop, Scaled Composites Proteus y NASA WB-57
- Misiones en Norteamérica, Europa, porciones de Sudamérica y Argentina
- 224 bandas espectrales continuas
- 400 a 2500 nm
- Ancho de banda: < 10 nm
- Objetivo: Identificar, medir y monitorear componentes de la superficie de la Tierra y la atmósfera en base a las firmas de absorción molecular y dispersión de partículas



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



Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS)



Monitoreo de cicutas en el Parque Estatal Catskill utilizando imágenes de AVIRIS de julio de 2001

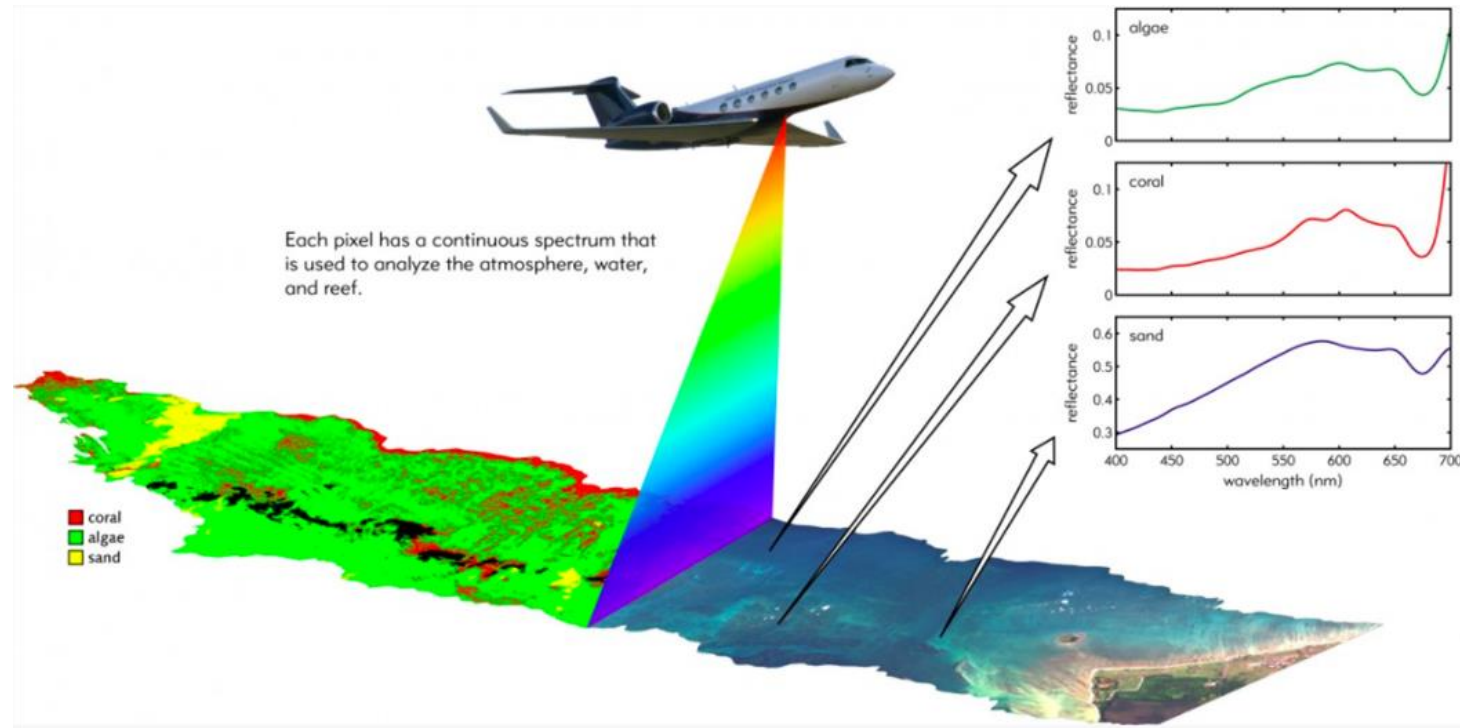
Las cicutas en esta región están susceptibles a “escamas elongadas”, *Fiorinia externa* Ferris, lo que puede causar la muerte de ramas e incluso árboles.

Fuente de la Imagen: [Hanavan et al, 2015](#)



Coral Reef Airborne Laboratory (CORAL)

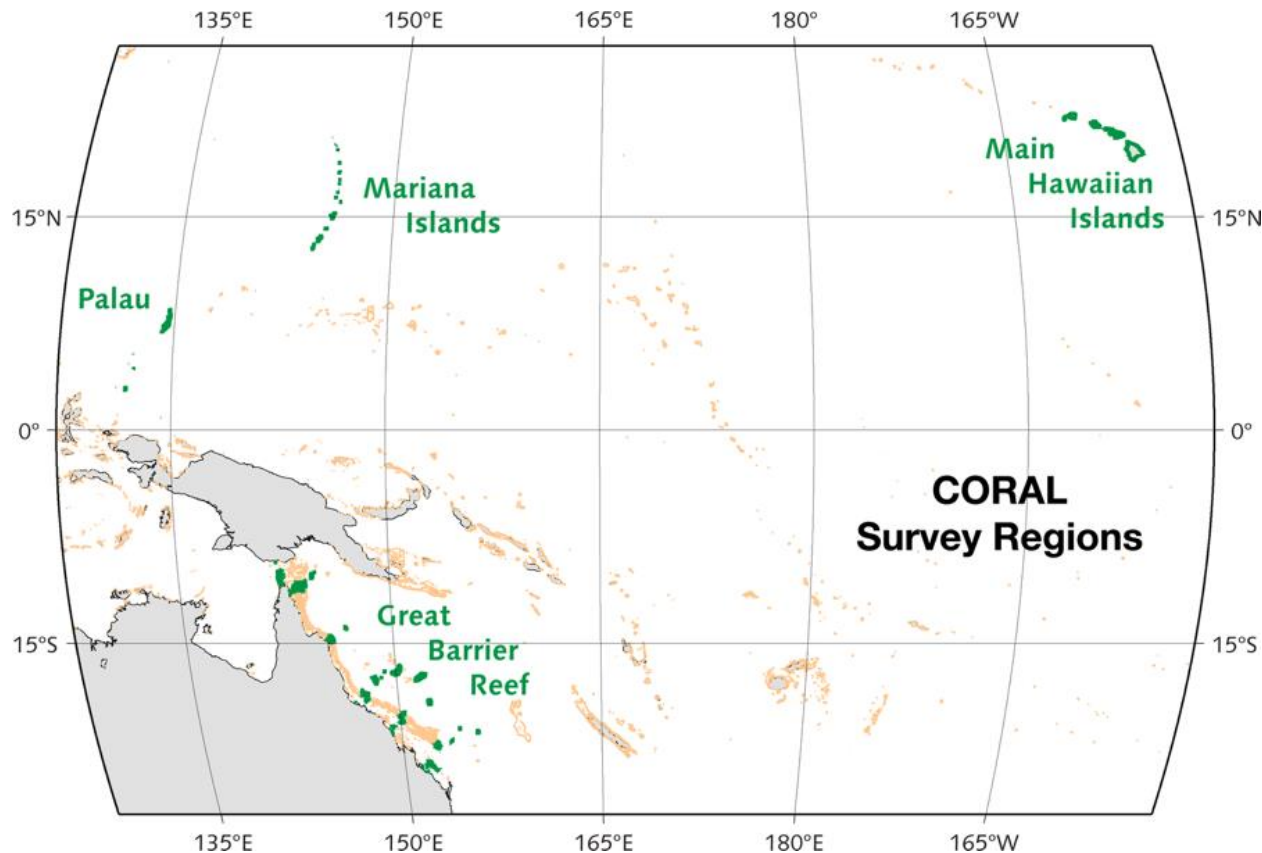
- Misión aérea usando el “Portable Remote Imaging Spectrometer” (PRISM) para evaluar la salud y condiciones en los ecosistemas de arrecifes de coral
- Intervalo de Fechas: 2016-2019
- Resolución Espectral: 349.9-1053.5 nm (Muestreo a 3.5 nm)



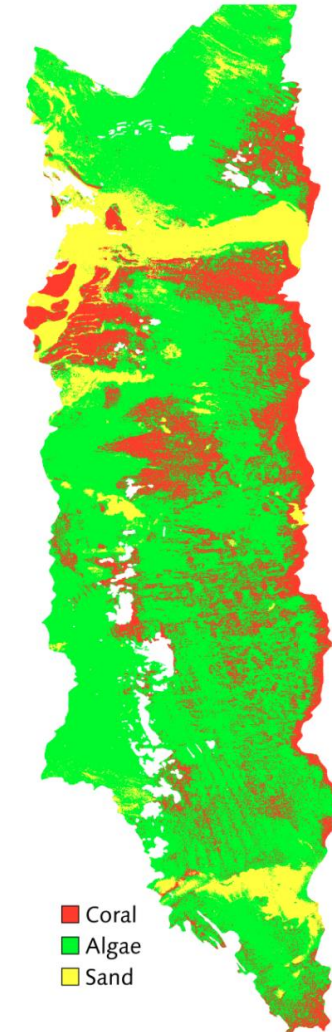
Fuente de la Imagen:
NASA



CORAL Reef Airborne Laboratory (CORAL)



Seis sub-campañas cerca de las Islas Marianas, Palau, porciones de la Gran Barrera de Coral y las islas hawaianas (sup.). Imagen CORAL y clasificación (der.) del atolón French Frigate Shoals en el noroeste de Hawái. Fuente de la Imagen: [NASA](#)



Otras Misiones Hiperespectrales

Instrumento	TianGong-1	PRISMA	HISUI	EnMAP	SHALOM	HypXIM
Organización	Academia China de la Ciencia y la Física	Agencia Espacial Italiana (ASI)	Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón	Agencia Alemania GFZ-DLR	Agencias Espaciales Italia-Israel (ASI-ISA)	Agencia Espacial Francesa (CNES)
Fechas	2011-2013	2020-Actualidad	2021	2021	2022	2021/2022
Gama Espectral	400-2500 nm	400-2500 nm	400-2500 nm	420-2450 nm	400-2500 nm	400-2500 nm
Bandas Espectrales	128	249	185	244	275	210
Resolución Espacial	10-20 m	30 m	30 m	30 m	10 m	10 m
Objetivo	Imágenes del Suelo en China	Recursos naturales y atmósfera	Monitoreo de la vegetación, energía	Observación de la Tierra	Observación del suelo y el océano	Aplicaciones para el suelo, urbanas y costeras



Futuras Iniciativas Hiperespectrales Satelitales de la NASA

- **Plankton, Aerosol, Cloud, and Ocean Ecosystem (PACE)**
 - Observaciones oceánicas, atmosféricas y de ecosistemas terrestres a nivel mundial
 - De la región ultravioleta a través de la parte visible hasta la región infrarroja onda corta del espectro electromagnético, específicamente de 340 a 890 nm muestreado cada 2.5 nm con resolución de 5 nm
- **Surface Biology and Geology (SBG)**
 - Aplicaciones para una variedad de áreas de enfoque
 - Precursor al SBG: Hyperspectral Infrared Imager (HyspIRI), actividad conceptual para la misión (2007-2018)
 - Espectrómetro captador de imágenes desde la parte visible hasta la infrarroja onda corta (VSWIR: 380 nm - 2500 nm) en bandas contiguas de 10 nm
- **Geosynchronous Littoral Imaging and Monitoring Radiometer (GLIMR)**
 - Observaciones de la biología, química y ecología oceánicas en el Golfo de México, porciones de la costa sudeste de EE.UU. y la pluma del río Amazonas
 - Radiómetro de color oceánico hiperespectral

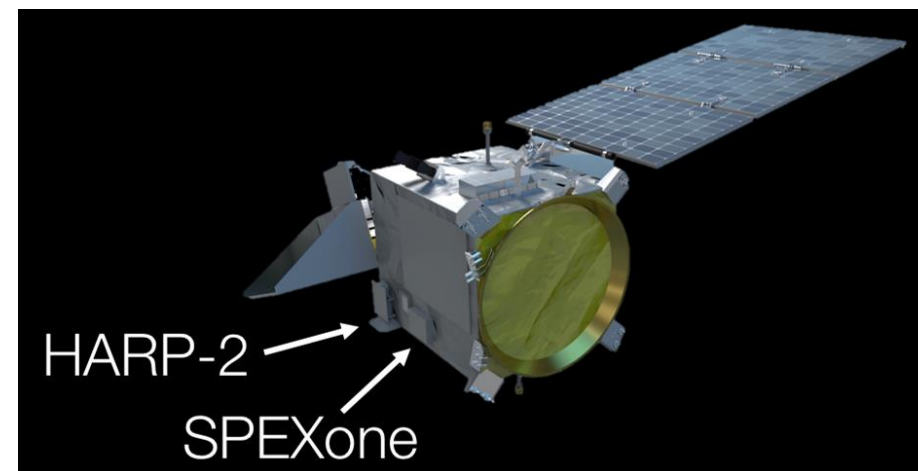


Plankton, Aerosol, Cloud, and Ocean Ecosystem (PACE)



<https://pace.gsfc.nasa.gov/>

- PACE es la próxima gran inversión de la NASA en imágenes de la Tierra hiperespectrales y polarimetría multi-ángulo.
 - Fecha de lanzamiento: 2023
 - Diseñado para durar 3 años; propulsor para 10 años
- Captador de Imágenes Hiperespectrales: **Ocean Color Instrument (OCI)**
 - Resolución Espectral: UV a IR onda corta (340-890 nm cada 2.5 nm, con 940, 1038, 1250, 1378, 1615, 2130 y 2250 nm)
 - Resolución Temporal: 2 días
 - Resolución Espacial: 1-km² en el nadir
- Dos Polarímetros Multi-Ángulo
 - **HARP-2**: Franja ancha, hiperangular, 4 bandas entre las partes visible e infrarroja cercana
 - **SPEXone**: Franja angosta, hiperespectral (UV-IR cercana), 5 ángulos de visualización



Programa de Aplicaciones de PACE



Calidad del Aire



Recursos Hídricos



Desastres



Pronósticos Ecológicos



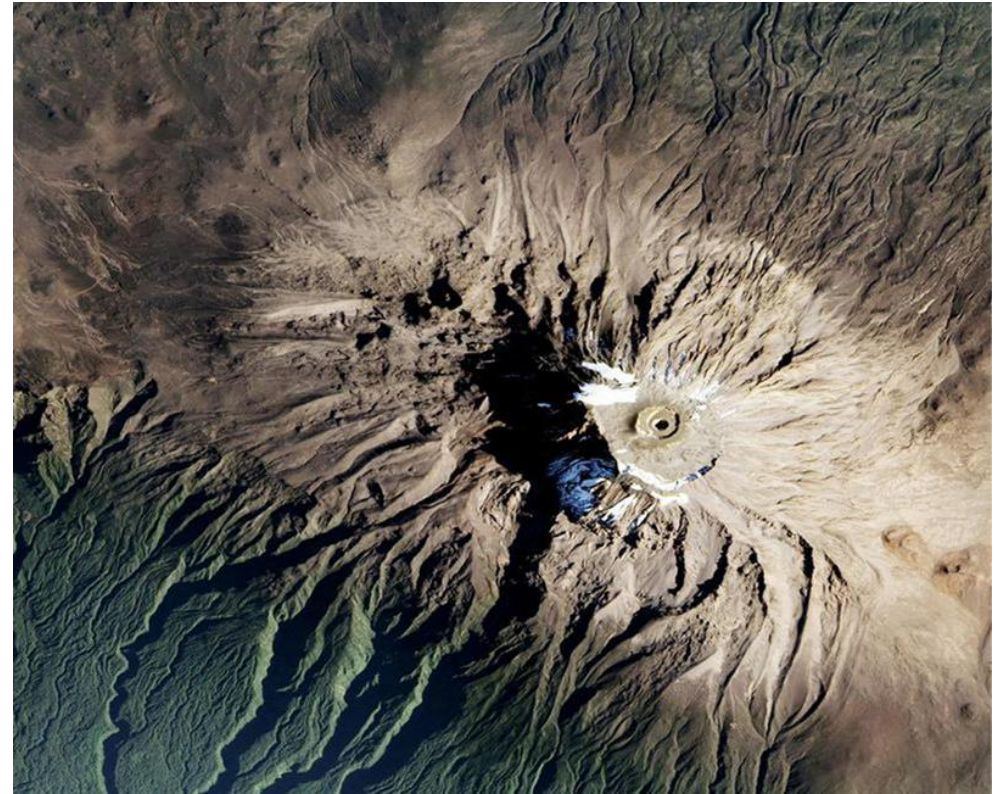
Clima



La Misión “Surface Biology and Geology” (SBG)

<https://sbg.jpl.nasa.gov/>

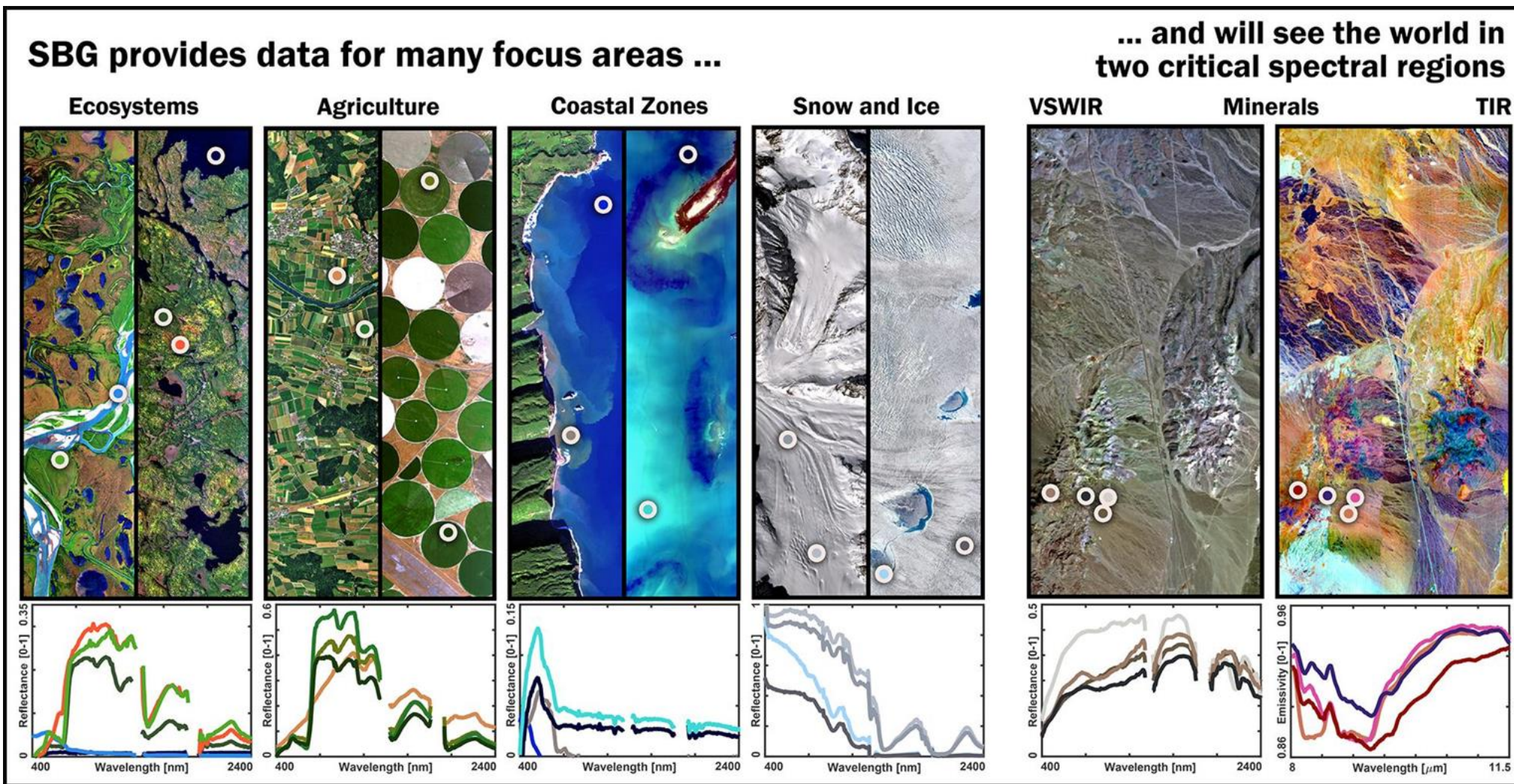
- En desarrollo con orientación de la encuesta decadal de 2018
- Posibles Parámetros:
 - Bandas Visible a Infrarroja Onda Corta:
 - Gama Espectral: 0.35 o 0.4 a 2.5 micrómetros
 - Resolución Espectral: 10 nm o mejor
 - Mundial con tiempo de revisita de 2 a 16 días
 - Bandas Térmicas:
 - Gama Espectral: 8 a 12 o 3 a 5 micrómetros
 - Resolución Espectral: Más de 5 bandas
 - Mundial con tiempo de revisita de 1 a 70 días



Kilimanjaro, Fuente de la Imagen: [JPLSBG](https://sbg.jpl.nasa.gov/)



La Misión SBG



Posibles Aplicaciones de SBG; Fuente de la Imagen: [JPL SBG](#)

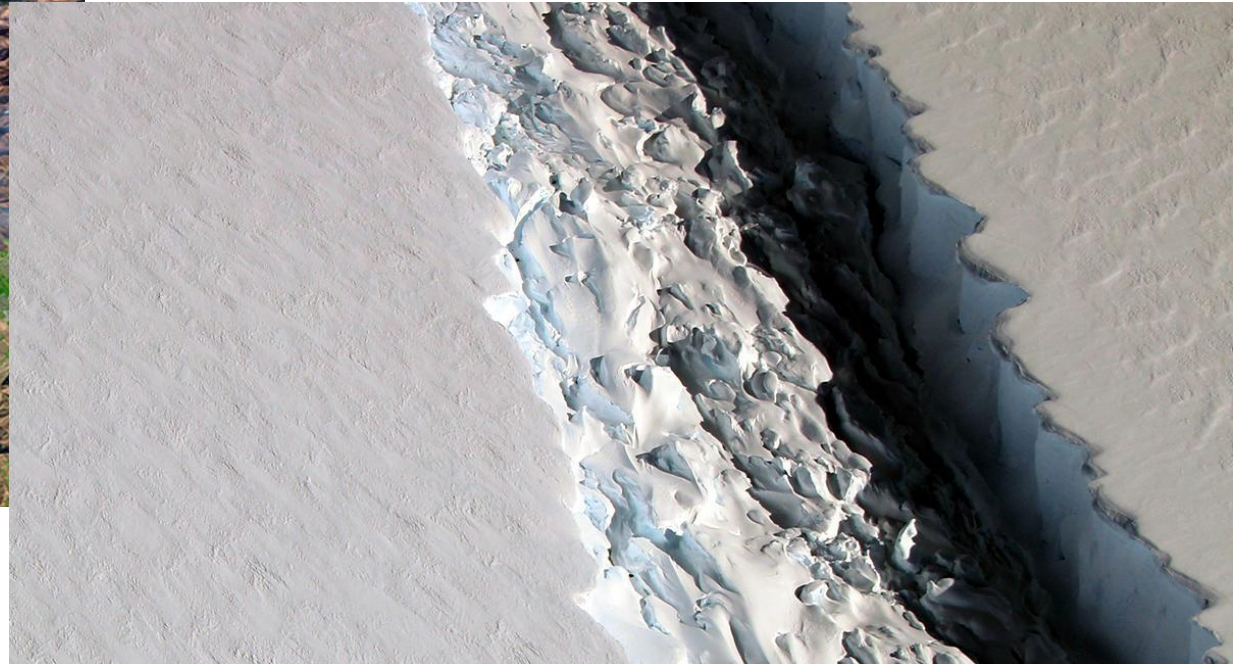


La Misión SBG

- ¡Involúcrese con SBG! <https://sbg.jpl.nasa.gov/news-events>



El incendio Thomas; Fuente de la Imagen: [JPL SBG](https://sbg.jpl.nasa.gov)



Plataforma de hielo Larsen-C; Fuente de la Imagen: [JPL SBG](https://sbg.jpl.nasa.gov)

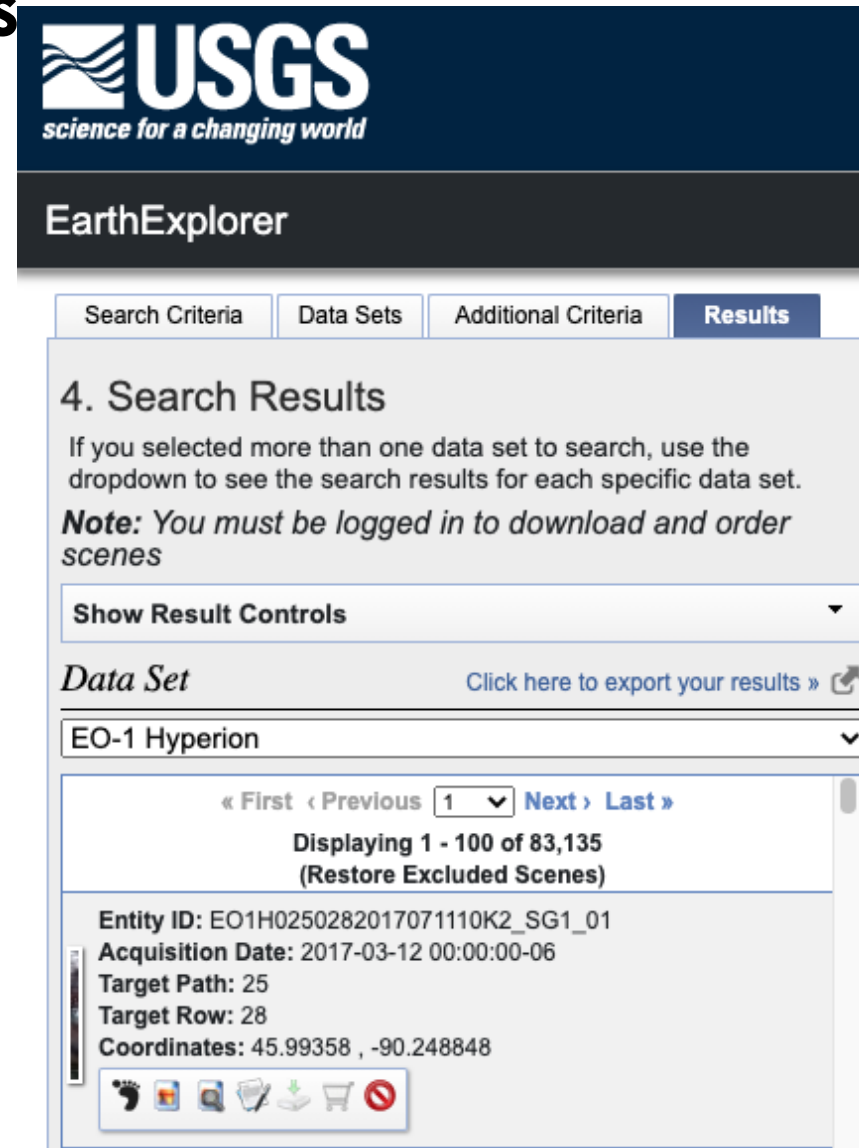




Evaluación y Procesamiento de Datos Hiperespectrales

Acceso a Datos Hiperespectrales

- Puede que ya conozca algunas páginas donde hay datos hiperespectrales disponibles.
 - [USGS EarthExplorer](#)
 - [USGS GloVis](#)
 - [NASA EarthData](#)
 - [Google Earth Engine](#)



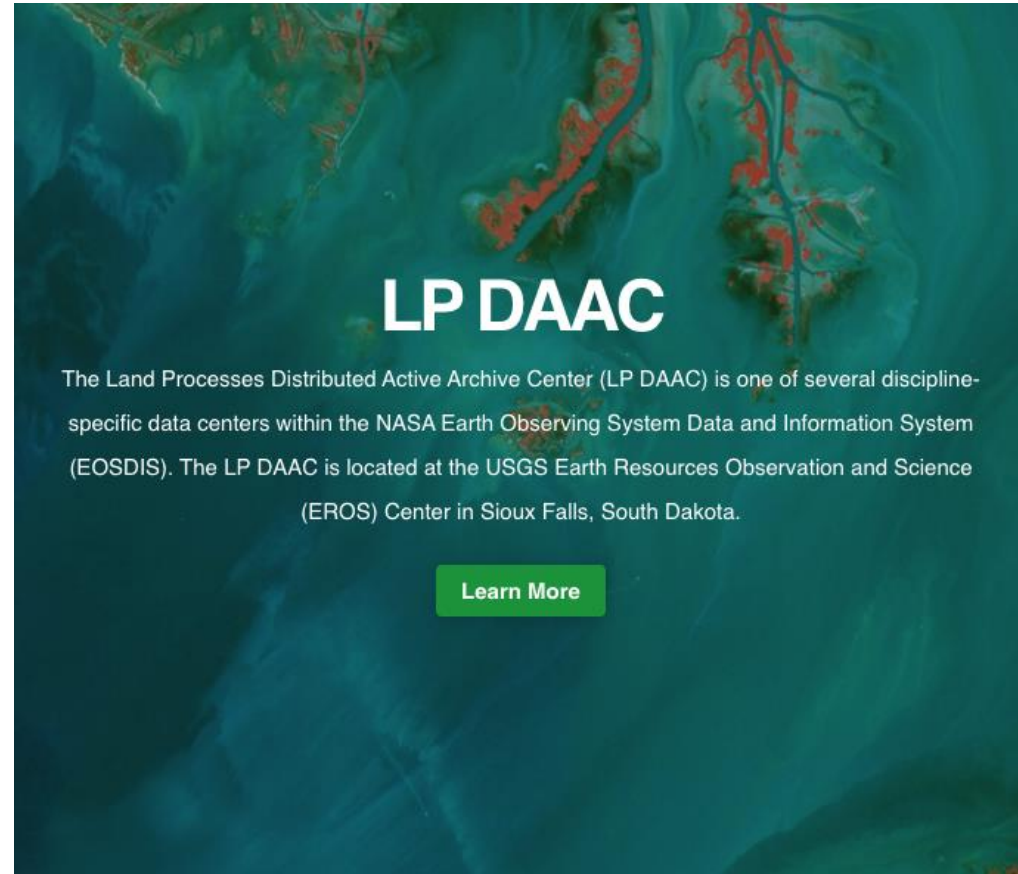
The screenshot shows the USGS EarthExplorer search results page. At the top is the USGS logo with the tagline "science for a changing world". Below the logo is the "EarthExplorer" header. The interface has four tabs: "Search Criteria", "Data Sets", "Additional Criteria", and "Results", with "Results" being the active tab. The main content area is titled "4. Search Results" and includes a note: "If you selected more than one data set to search, use the dropdown to see the search results for each specific data set. Note: You must be logged in to download and order scenes". There is a "Show Result Controls" dropdown menu. Below that is a "Data Set" section with a dropdown menu set to "EO-1 Hyperion" and a link to "Click here to export your results". A pagination bar shows "« First < Previous 1 > Next > Last »" and "Displaying 1 - 100 of 83,135 (Restore Excluded Scenes)". A detailed view of the selected data set is shown, including: "Entity ID: EO1H0250282017071110K2_SG1_01", "Acquisition Date: 2017-03-12 00:00:00-06", "Target Path: 25", "Target Row: 28", and "Coordinates: 45.99358 , -90.248848". At the bottom of this view are icons for various actions like download, print, and share.

Interfaz del Usuario en EarthExplorer; Fuente de la Imagen: [USGS](#)



Acceso a Datos Hiperespectrales

- También hay datos disponibles a través de los NASA Distributed Active Archive Centers (DAACs).
 - Los datos están separados según el área de aplicación como [Procesos Terrestres](#) y [Biología Oceánica](#).
 - Puede encontrar conjuntos hiperespectrales de AVIRIS, HICO, CORAL y otros mediante los recursos en línea de los DAACs.



Fuente de la Imagen: [USGS](#)



Consideraciones sobre la Disponibilidad de Datos



Datos de Prueba de Misiones Satelitales

- El acceso a datos podría estar restringido a una región geográfica específica.
- Los datos crudos podrían necesitar ser procesados por algún científico de la NASA.
- Puede que sea necesario comunicarse con los científicos de la misión o del programa para tener acceso a datos adecuadamente preprocesados para la región de interés de uno.

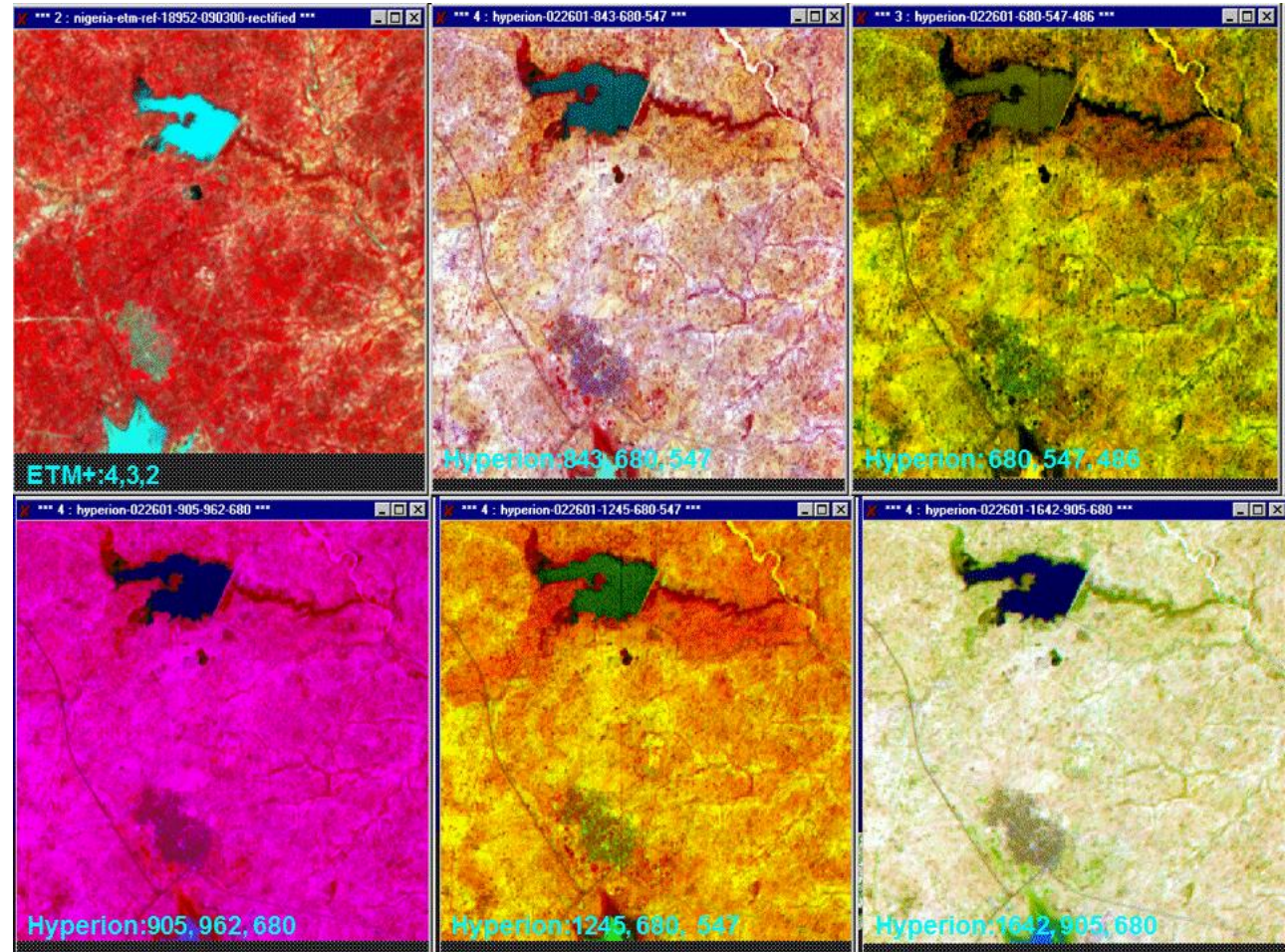
Datos Aéreos

- Están limitados a las rutas de vuelo dictadas por los objetivos de la misión.
- La resolución temporal a menudo es estacional o anual.
- Las campañas podrían estar limitadas a unos cuantos años o una sola misión de prueba.
- Muchos vuelos de investigación se cancelaron en 2020 debido al COVID.



Procesamiento de Datos Hiperespectrales

- Los datos están disponibles en diferentes niveles de procesamiento según el sensor.
 - Nivel 1: Radiancia
 - Nivel 2: Reflectancia Superficial
- Hay que aplicar una corrección atmosférica.
- Técnicas de Reducción de Dimensionalidad:
 - Principal Component Analysis (PCA)
 - Minimum Noise Fraction (MNF)
- Se puede realizar el procesamiento y análisis en:
 - ArcGIS
 - QGIS
 - ENVI
 - Erdas Imagine
 - Google Earth Engine
 - R
 - Python

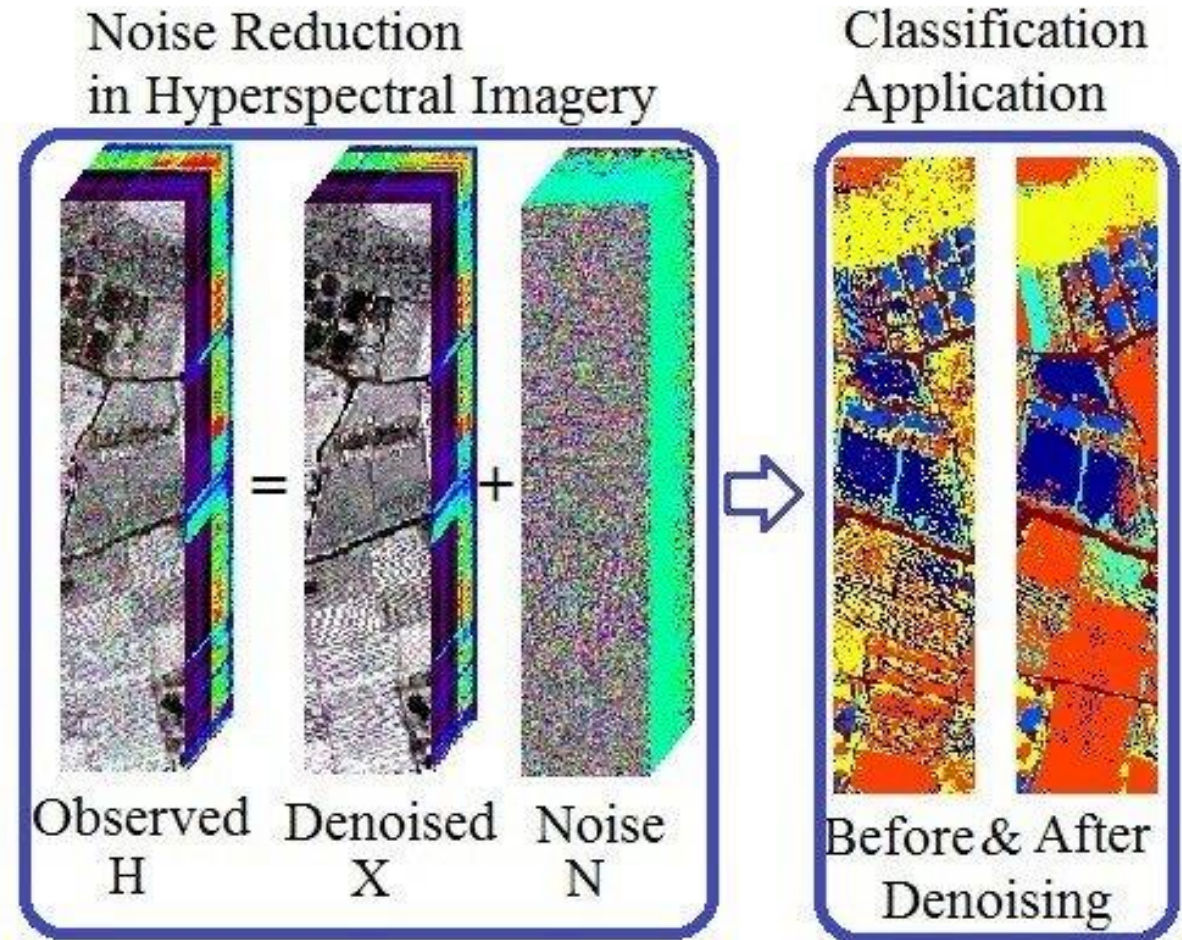


Imágenes compuestas de color falso (false color composites o FCCs) de datos de Landsat y Hyperion. Los datos hiperespectrales brindan muchas posibilidades y combinaciones de FCCs como podemos ver aquí para varias combinaciones de las bandas de Hyperion. Fuente de la Imagen: [USGS](#)



Consideraciones sobre el Procesamiento de Datos

- Los archivos de datos son pesados
 - 100 a 250 bandas
 - Requieren de una mayor capacidad de almacenamiento y procesamiento
- Las bandas podrían mostrar propiedades de reflectancia similares/ una correlación elevada entre bandas
 - Puede que sea difícil determinar cuáles son las bandas más apropiadas para la aplicación específica
- Puede haber una relación señal-ruido pobre



Reducción de ruidos en imágenes hiperespectrales. Fuente de la Imagen: [Rasti et al., 2018](#)



Resumen

- Datos Hiperespectrales: Generalmente, centenas de bandas espectrales contiguas para poder derivar un espectro radiante para cada píxel.
 - Miden reflectancia en intervalos cortos en el espectro electromagnético
 - Las bandas normalmente están distanciadas por 10 nm o menos entre sí
- Hay una multitud de sensores satelitales y aéreos (Hyperion, AVIRIS, etc.)
- Consideraciones sobre Datos:
 - Beneficios: Poder diferenciar entre diferentes tipos de vegetación, minerales, indicadores de sequía etc.
 - Limitaciones: Conjuntos de datos pesados, la posibilidad de una relación señal-ruido pobre, regionales no globales
- Las Dos Sesiones Sigüientes: Aplicaciones de Datos Hiperespectrales para Sistemas Terrestres y Costeros/Oceánicos





¡Gracias!

