



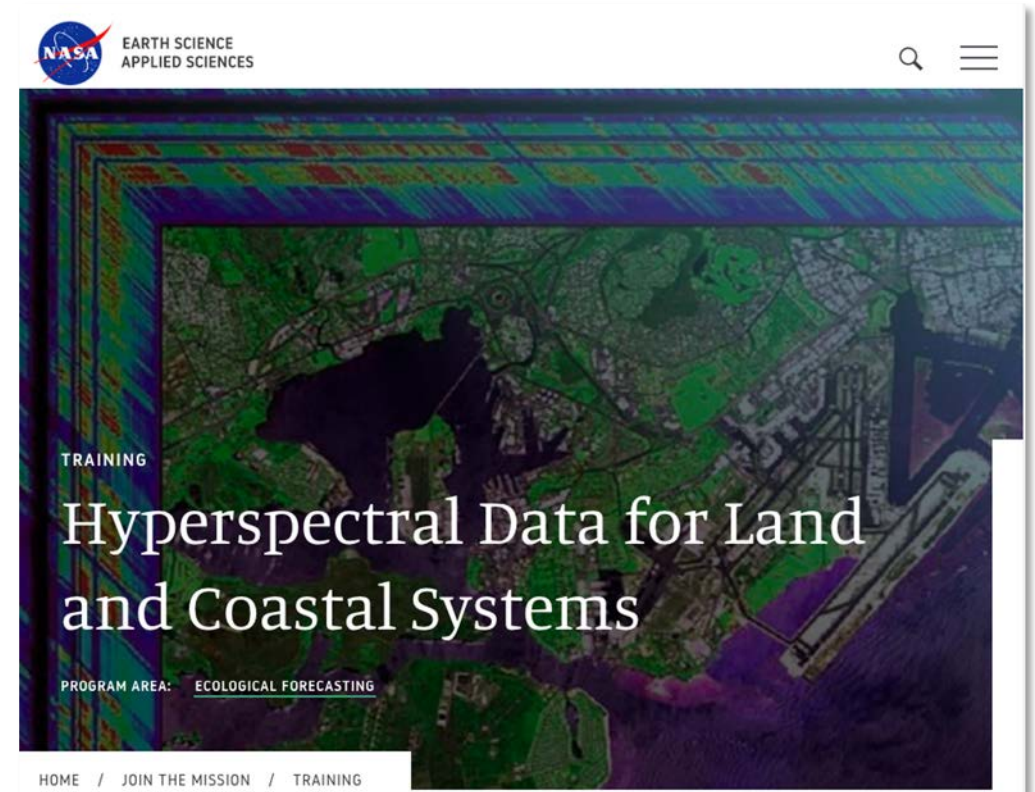
Datos Hiperespectrales para Sistemas Terrestres y Costeros

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

2 de febrero de 2021

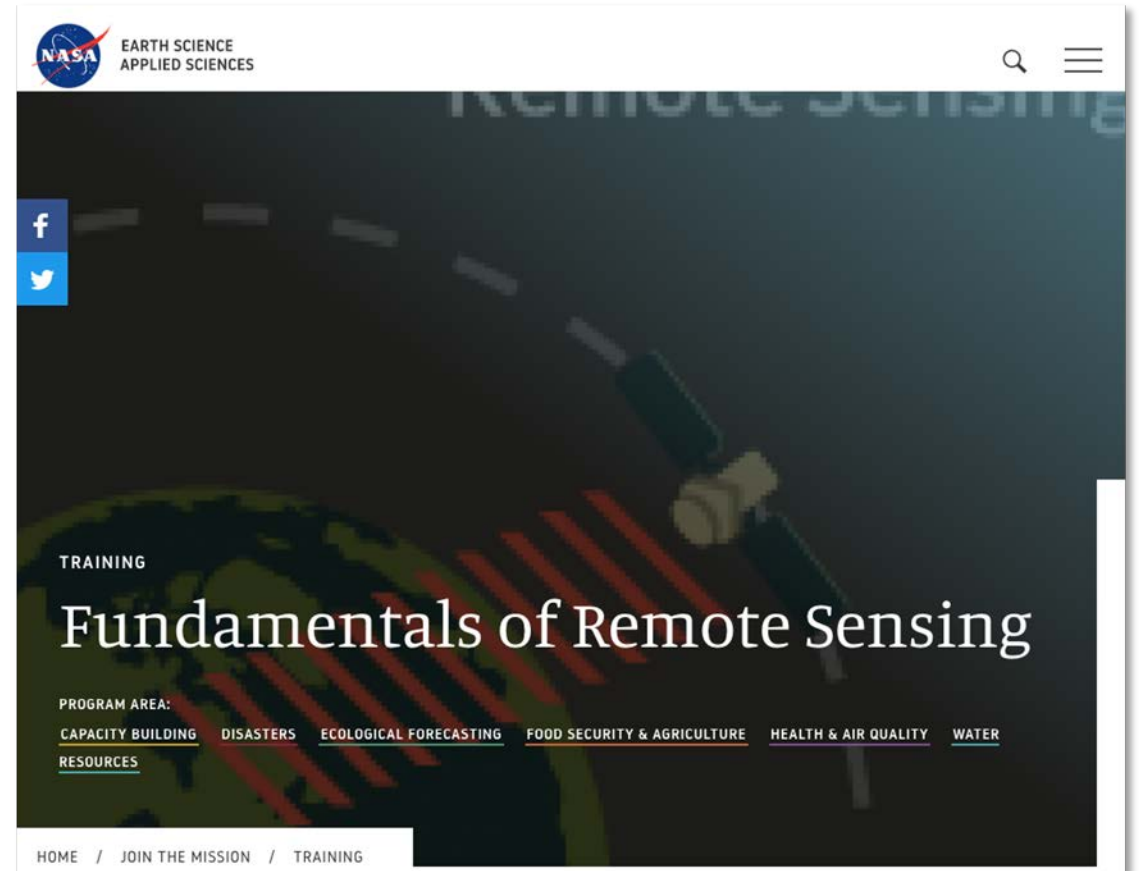
Estructura y Material del Curso

- Tres sesiones de una hora y media los días 19 y 26 de enero y 2 de febrero
- Se presentará el mismo contenido en dos horarios diferentes 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 o
 - 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:**

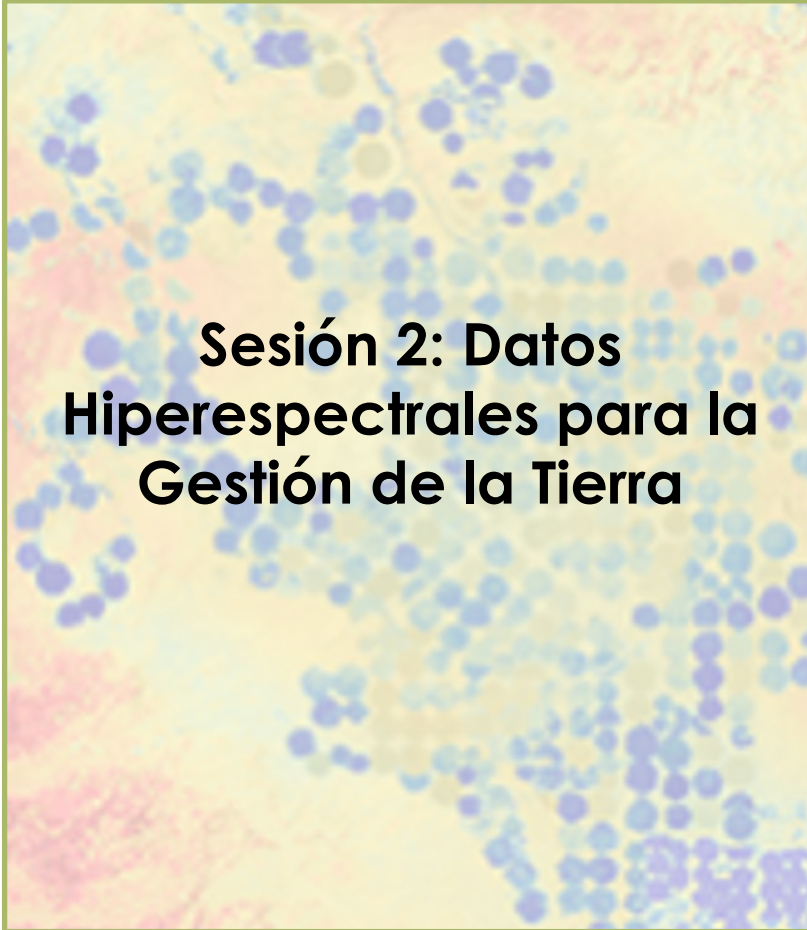
- Asista a todas las sesiones en vivo
- Complete la tarea asignada en el plazo estipulado (acceso desde la página web de ARSET)
- Recibirán sus certificados aproximadamente dos meses después de la conclusión del curso de: marines.martins@ssaihq.com



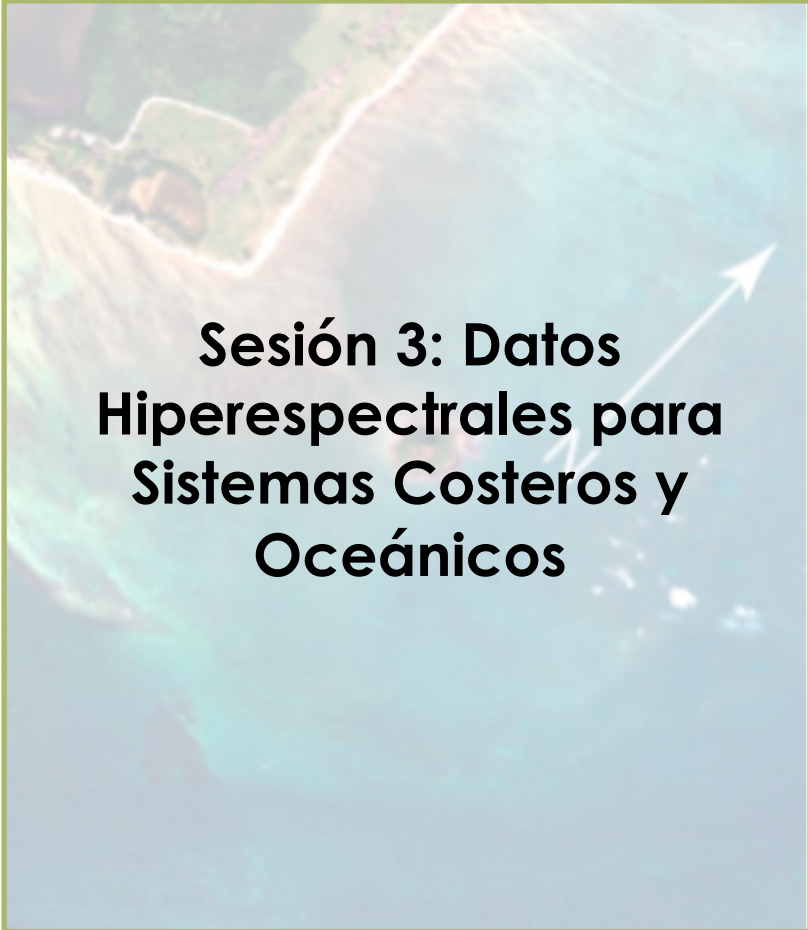
Esquema del Curso



Sesión 1: Introducción a los Datos Hiperespectrales



Sesión 2: Datos Hiperespectrales para la Gestión de la Tierra

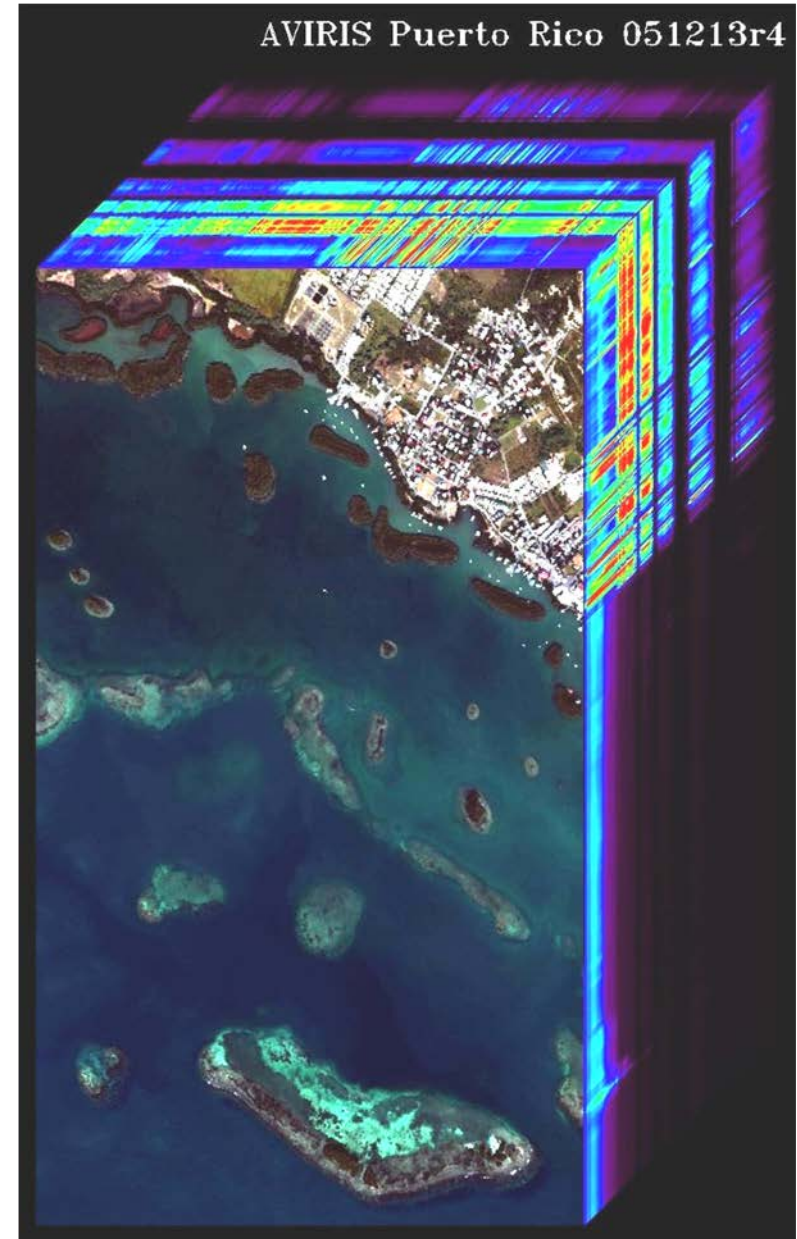


Sesión 3: Datos Hiperespectrales para Sistemas Costeros y Oceánicos



Objetivos de Aprendizaje

- Al final de esta sesión, usted podrá...
 - Identificar regiones dentro del espectro electromagnético donde se absorben pigmentos particulares y cómo esto se transforma en datos hiperespectrales aéreos o espaciales
 - Recordar las diferencias principales entre datos hiperespectrales y multiespectrales
 - Contrastar el uso de datos hiperespectrales en diversos ecosistemas costeros
 - Aplicar técnicas para acceder, descargar y visualizar datos hiperespectrales para sistemas costeros y oceánicos

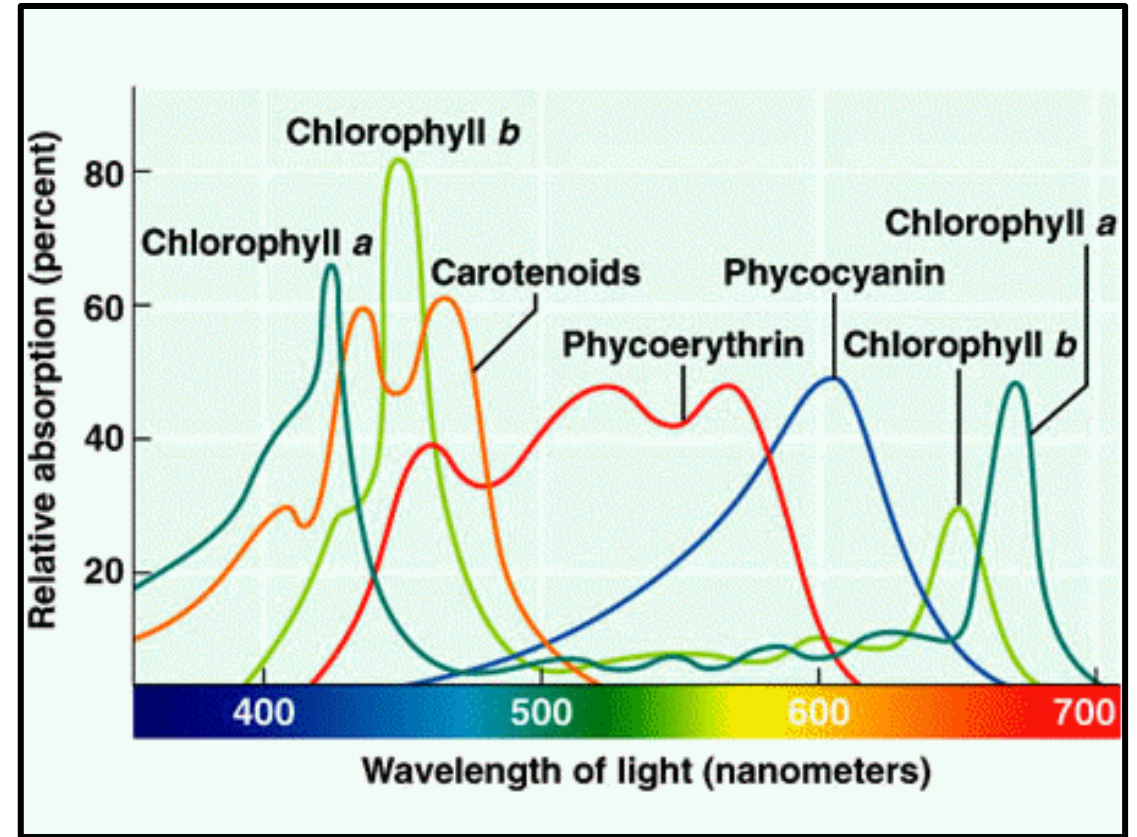


Fuente de la Imagen: [NASA JPL](#)



Muchos pigmentos/compuestos se absorben en la gama visible.

- **Clorofilas** – Cl *a*, *b*, *c*₁, *c*₂ etc.
 - Son los componentes principales del aparato fotosintético
- **Ficobilisomas** – Ficoeritrina, ficocianina
 - Funciona como antenas que cosechan luz
 - Capturan fotones entre 500-650nm
- **Carotenos** – Fotoprotección; ayudan a disipar energía en exceso dentro de las células
 - Carotenoides (p. ej. Peridina, β -caroteno)
 - Xantofilas (p.ej. Diadinoxantina, Zeaxantina etc.)



Fuente:

https://www.simply.science/images/content/biology/cell_biology/photosynthesis/conceptmap/Photosynthetic_pigments.html



Comparación Espectral de Diferentes Componentes de Arrecifes de Coral



Porites astreoides
(coral poroso)



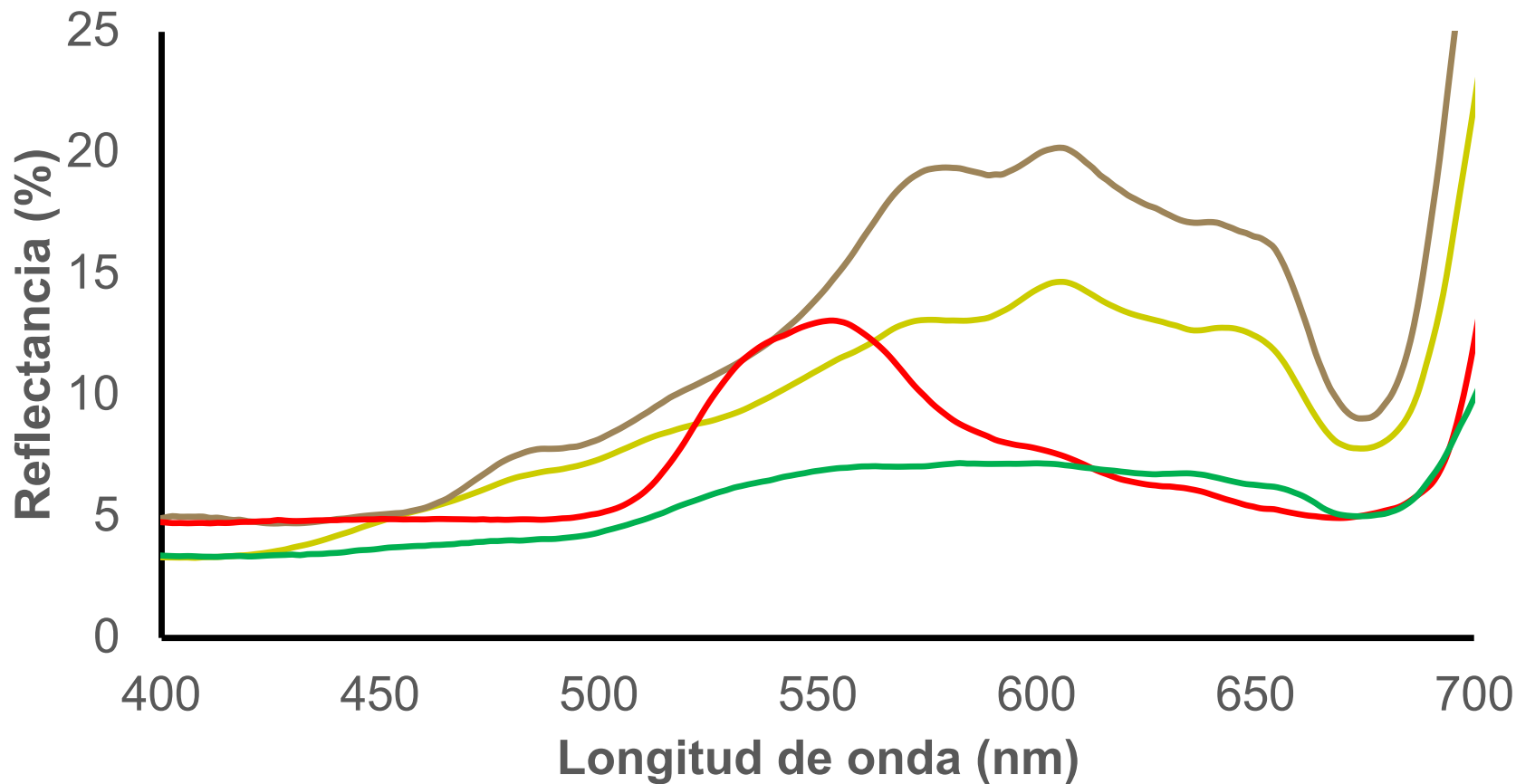
Palythoa caribaeorum
(zoantarios)



Rhizophora mangle
(manglar rojo)



Thalassia testudinum
(hierba de tortuga)



— *P. astreoides* — *Palythoa* — *Rhizophora* — *Thalassia*

Torres-Pérez (No publicado)



Sensores Multiespectrales vs. Hiperespectrales

Multiespectrales:

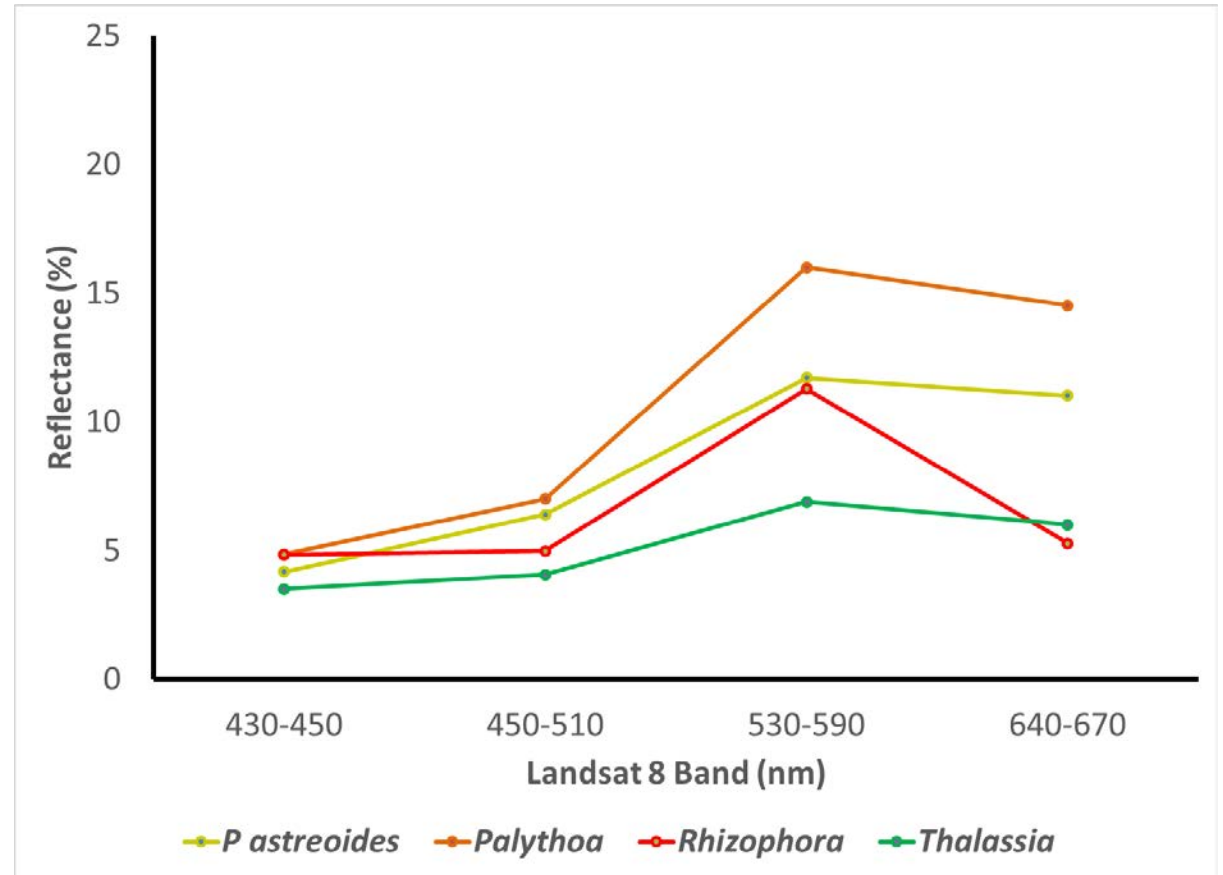
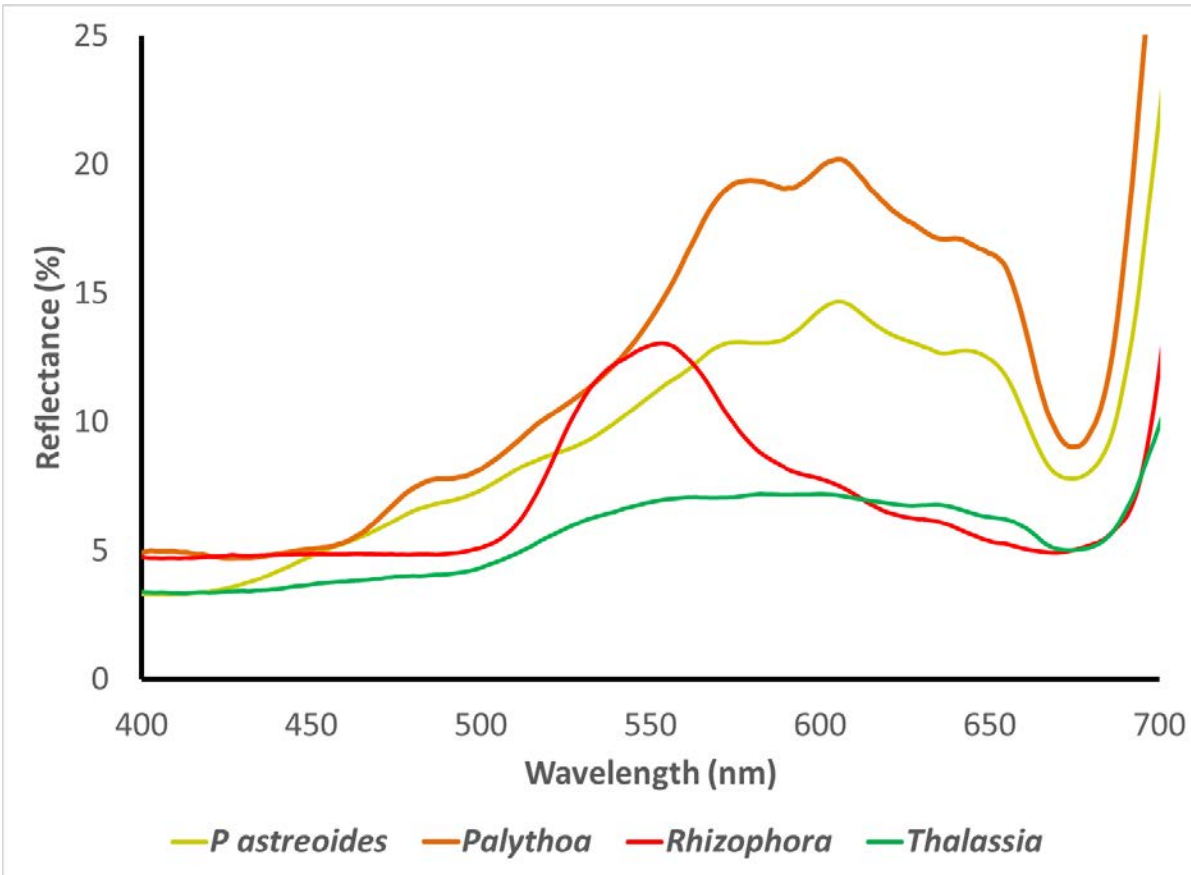
- Son lo normal con sensores satelitales
- Están limitados en cuanto al número de bandas espectrales que se pueden usar
- Tienen la ventaja de la longevidad de conjuntos de datos en algunos casos (Landsat, MODIS)
 - Serie “Landsat” – Desde 1972
 - MODIS – Desde 1999 (Terra) y 2002 (Aqua)
- Resolución temporal relativamente alta (días a semanas)
 - Landsat – Cada 16 días
 - MODIS – Cada 1-2 días

Hiperespectrales:

- Hasta el momento, hay un número muy limitado de sensores satelitales
- Hyperion – A bordo de la nave espacial EO-1 (datos disponibles del 2000 a 2017; decomisado en 2017); Resolución 30m, 220 bandas @10nm ancho de banda
- Algunos son para misiones específicas
 - (Hyperspectral Imager for the Coastal Ocean a bordo de la ISS); Conjunto de datos limitado (2009-2014)
- Sensores Aéreos
 - Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS)
 - AVIRIS-New Generation (AVIRIS-NG)
 - Portable Remote Imaging Spectrometer (PRISM)
- Últimamente, el desarrollo de cámaras hiperespectrales para sistemas aéreos no tripulados (Unmanned Airborne Systems o UAS) se ve prometedor
- Productos próximos y sensores satelitales adicionales
 - Plankton, Aerosol, Cloud, ocean Ecosystem (PACE)
 - Surface Biology and Geology (SBG)



Comparación Espectral de Diferentes Componentes de Arrecifes de Coral (Hiperespectral vs. Multiespectral)



Torres-Pérez (No publicado)



Consideraciones para el Procesamiento de Datos Hiperespectrales

- Hasta bandas adyacentes pueden dar resultados diferentes.
 - Es importante evaluar iterativamente cuál banda es la adecuada dependiendo del objetivo.
- Puede que sea necesario modificar los algoritmos de corrección atmosférica típicos.
- Algunos sensores podrían requerir una georrectificación adicional.



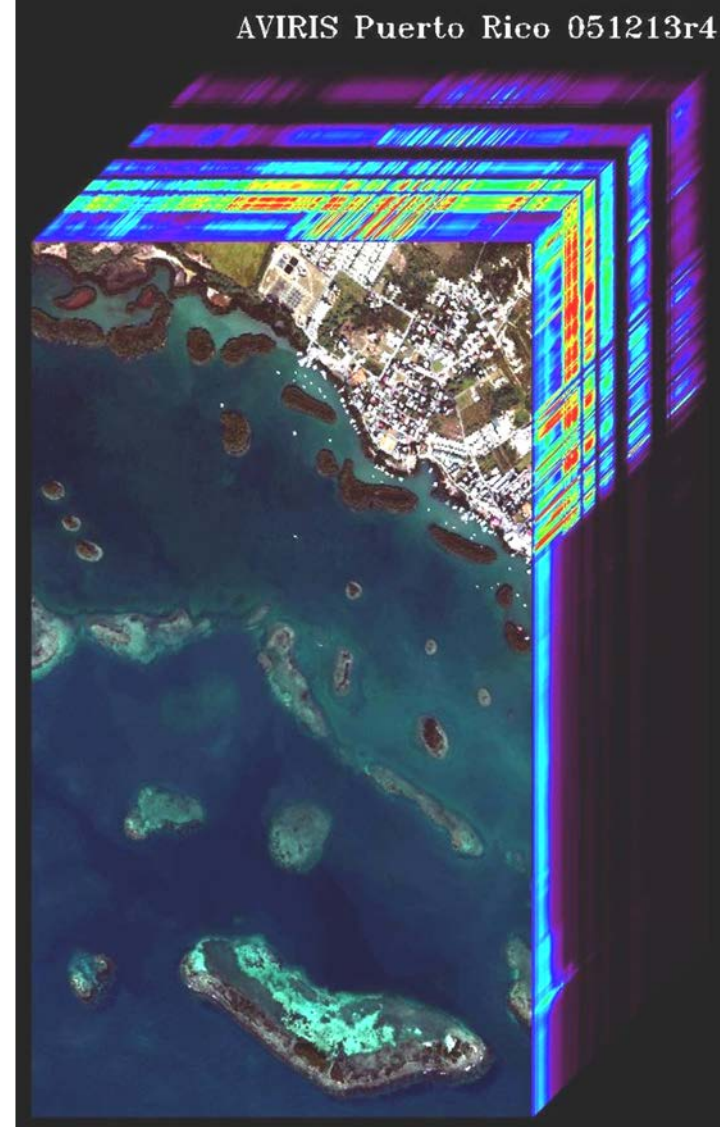
Consideraciones para el Procesamiento de Datos Hiperespectrales

- Para HICO:
 - Varias imágenes del mismo objetivo no siempre cubren coordenadas espaciales idénticas.
 - Se adquieren imágenes de la misma área en diferentes horarios del día y diferentes ángulos debido a la órbita y el reposicionamiento de la Estación Espacial Internacional (ISS).
 - La incertidumbre con las predicciones de paso superior afectan el despliegue de equipos de campo para la recolección indirecta de datos.
- Aéreos (AVIRIS, PRISM):
 - Las campañas en el campo a menudo son costosas (>\$200 mil).
 - Los asuntos típicos de las aeronaves (ángulo de inclinación, balanceo y guiñada) afectan la adquisición de imágenes y requieren procesamiento adicional.



Limitaciones de las Imágenes Satelitales para Ecosistemas Costeros Complejos

- Están limitadas a las primeras decenas de metros de profundidad
- Aun en aguas muy claras, la atenuación de la luz afecta la recuperación de información béntica.
- Puede que las comunidades más profundas y extensas estén fuera del alcance de las imágenes satelitales.
- La caracterización de estas comunidades es importante porque pueden ser refugios de diversidad biológica.
 - Normalmente son accesibles por otros medios:
 - SONAR de escaneo lateral o multihaz
 - Vehículos subacuáticos autónomos



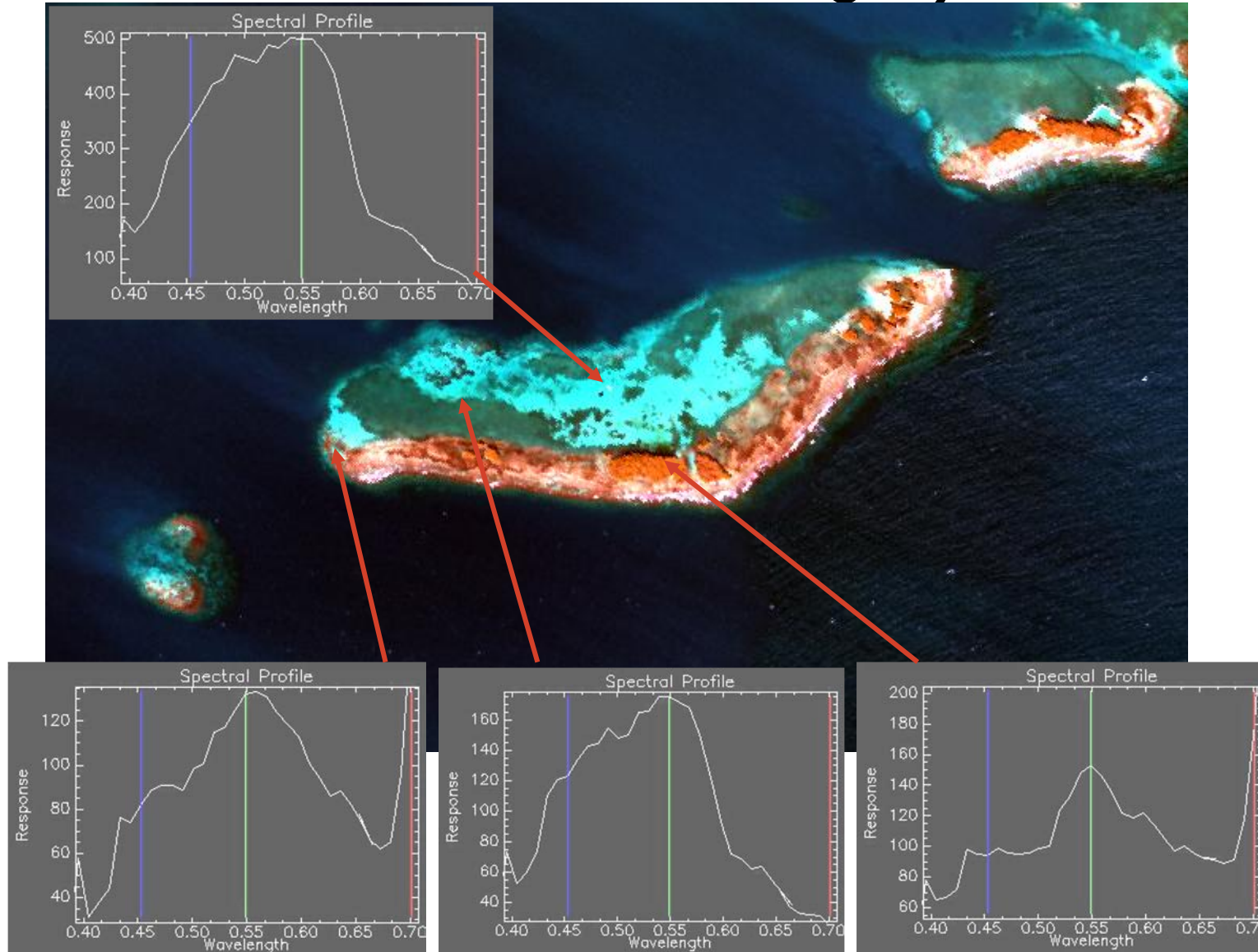
Fuente de la Imagen: [NASA JPL](#)



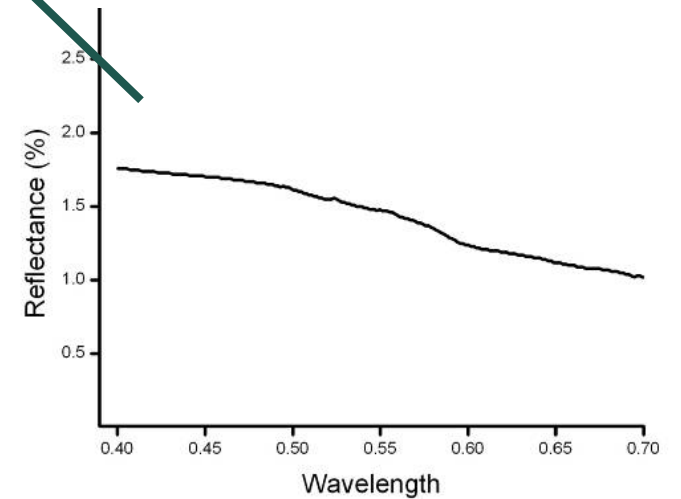
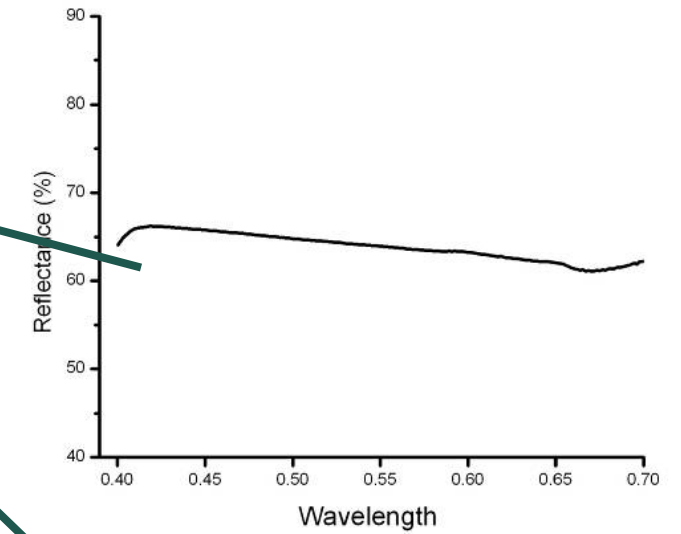
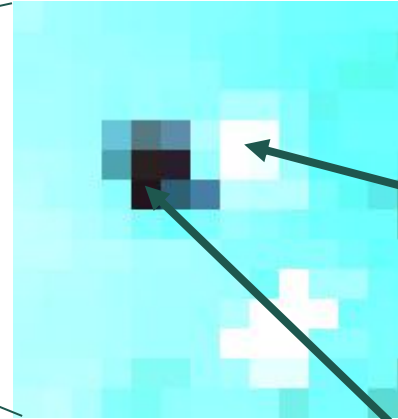
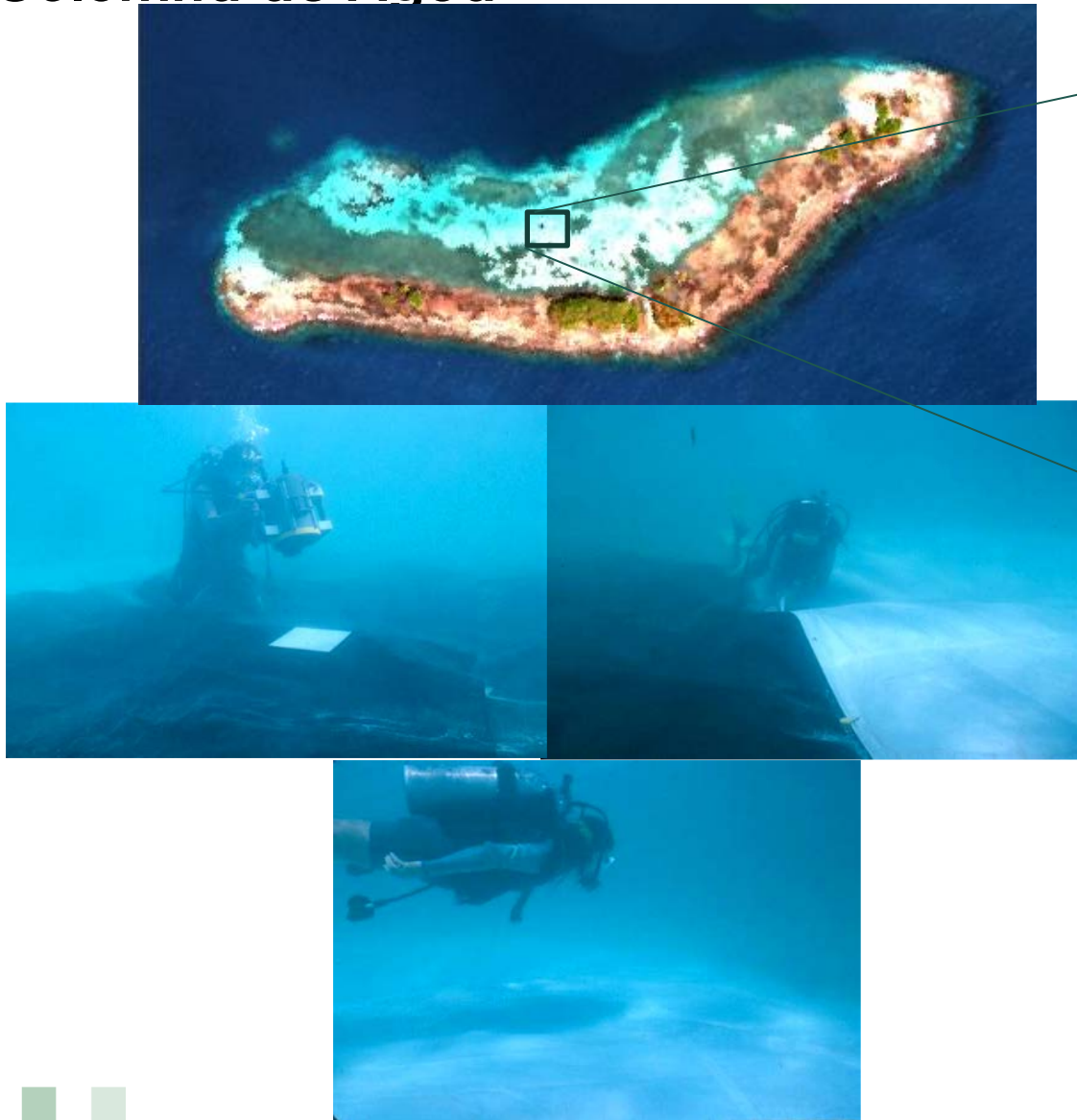


Ejemplos de Datos Hiperespectrales Utilizados
para Sistemas Costeros y Oceánicos

Imagen AVIRIS (Hiperespectral) con Corrección Atmosférica (Anterior a la Corrección de la Columna de Agua)



Blancos Subacuáticos de Calibración de Campo Plano para la Corrección de la Columna de Agua



Validación de la Corrección de la Columna de Agua

- AVIRIS concuerda con los valores de campo dentro del 10% de 400 a 600 nm y hasta el 18% entre 600 y 700 nm.
- Las características espectrales se preservan, principalmente las que corresponden a la absorción de pigmentos por capas microbianas.

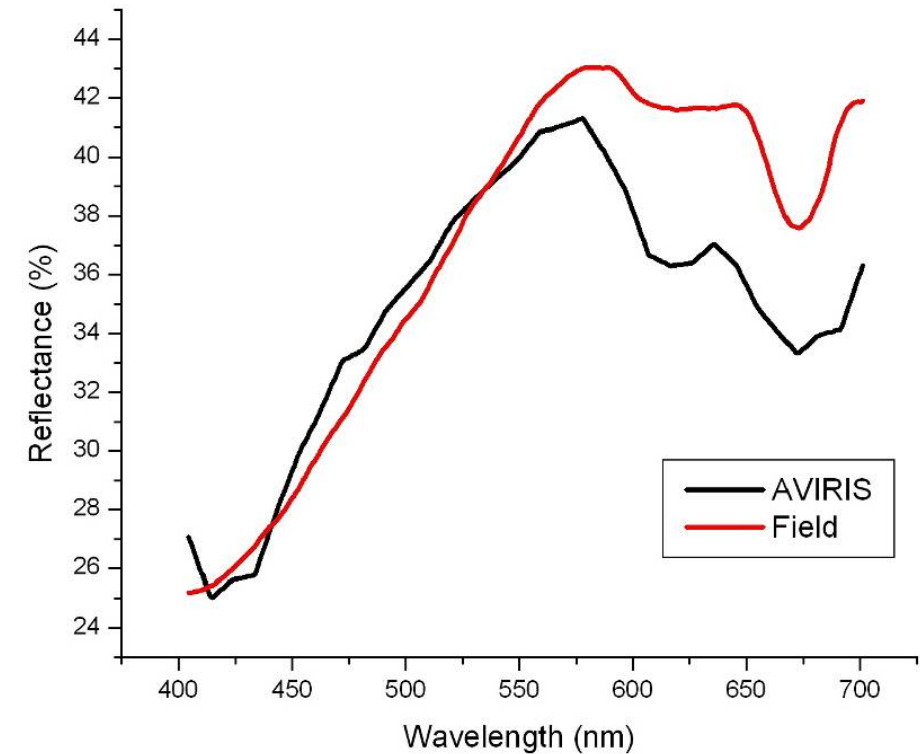
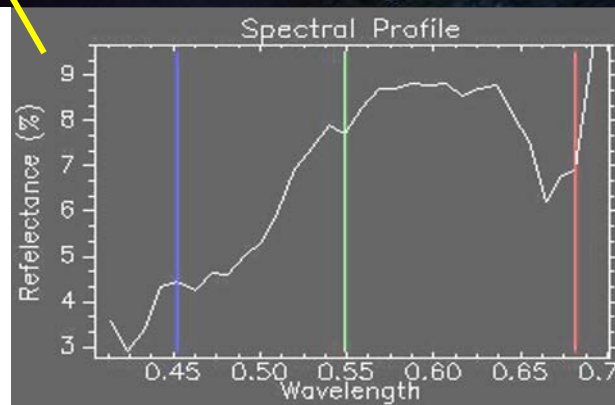
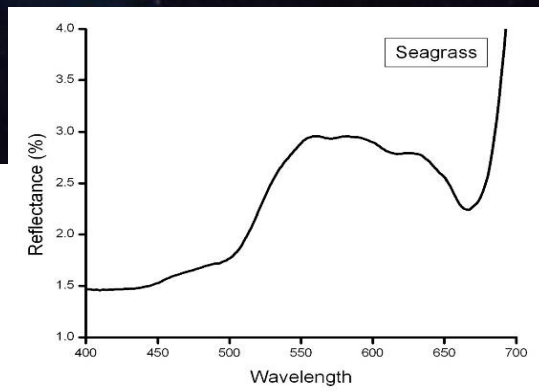
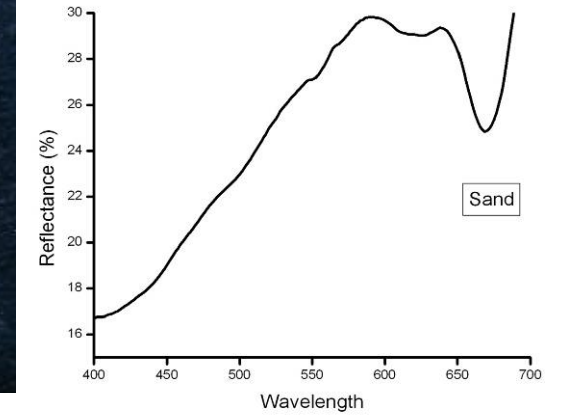
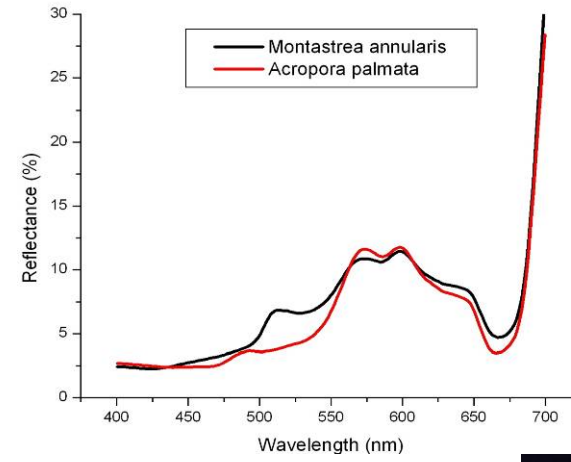
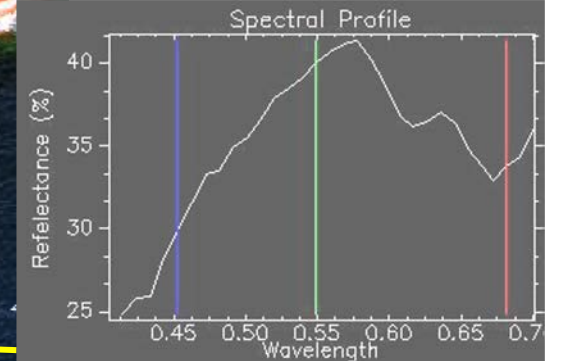
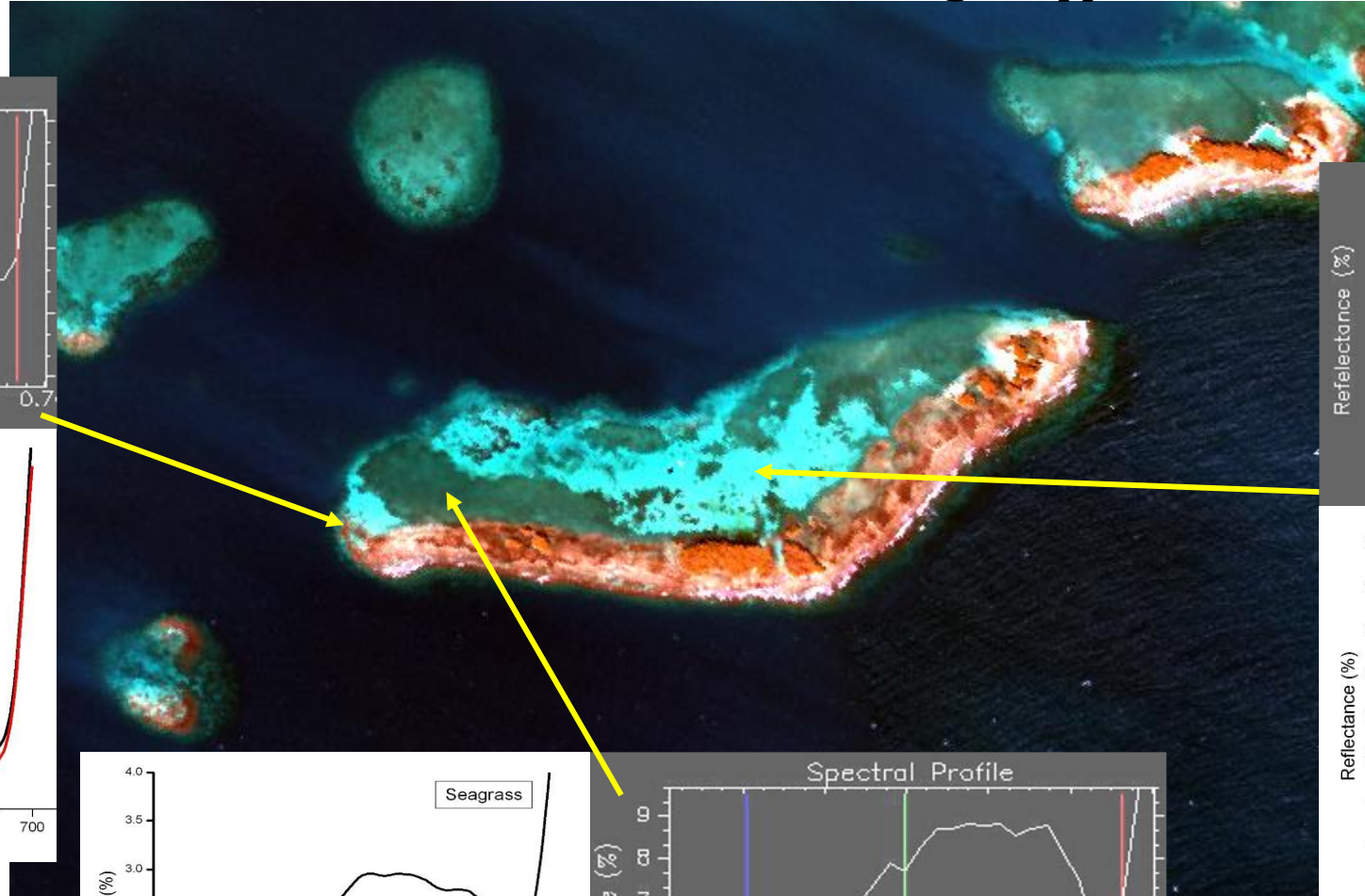
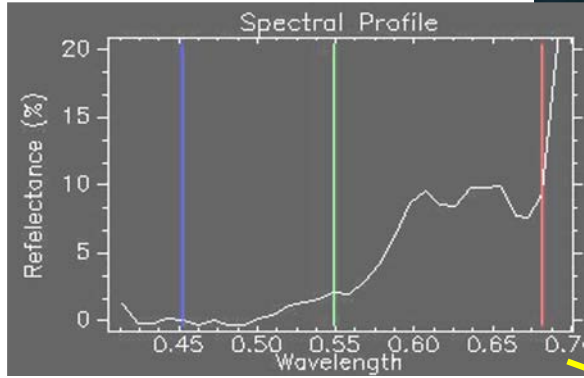
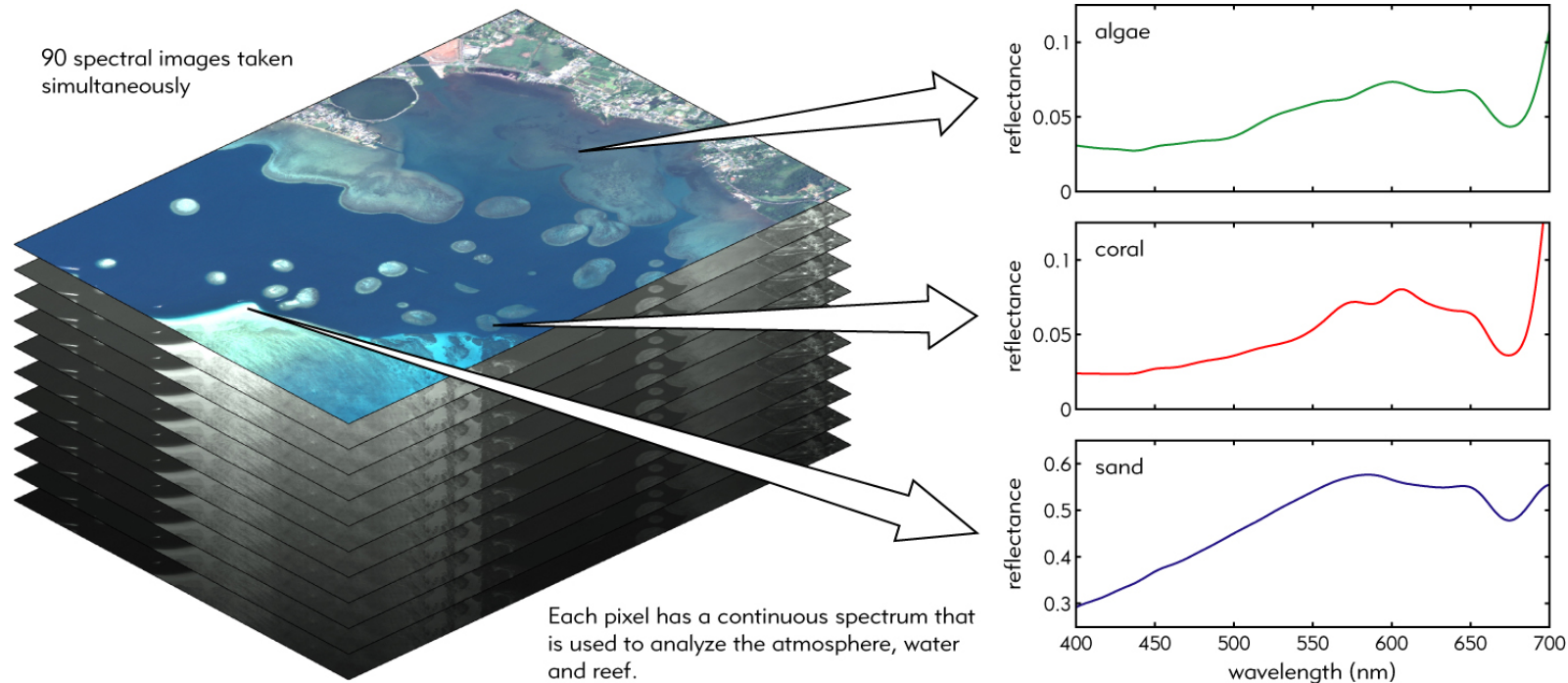


Imagen AVIRIS (Hiperespectral) con Corrección Atmosférica (Posterior a la Corrección de la Columna de Agua)

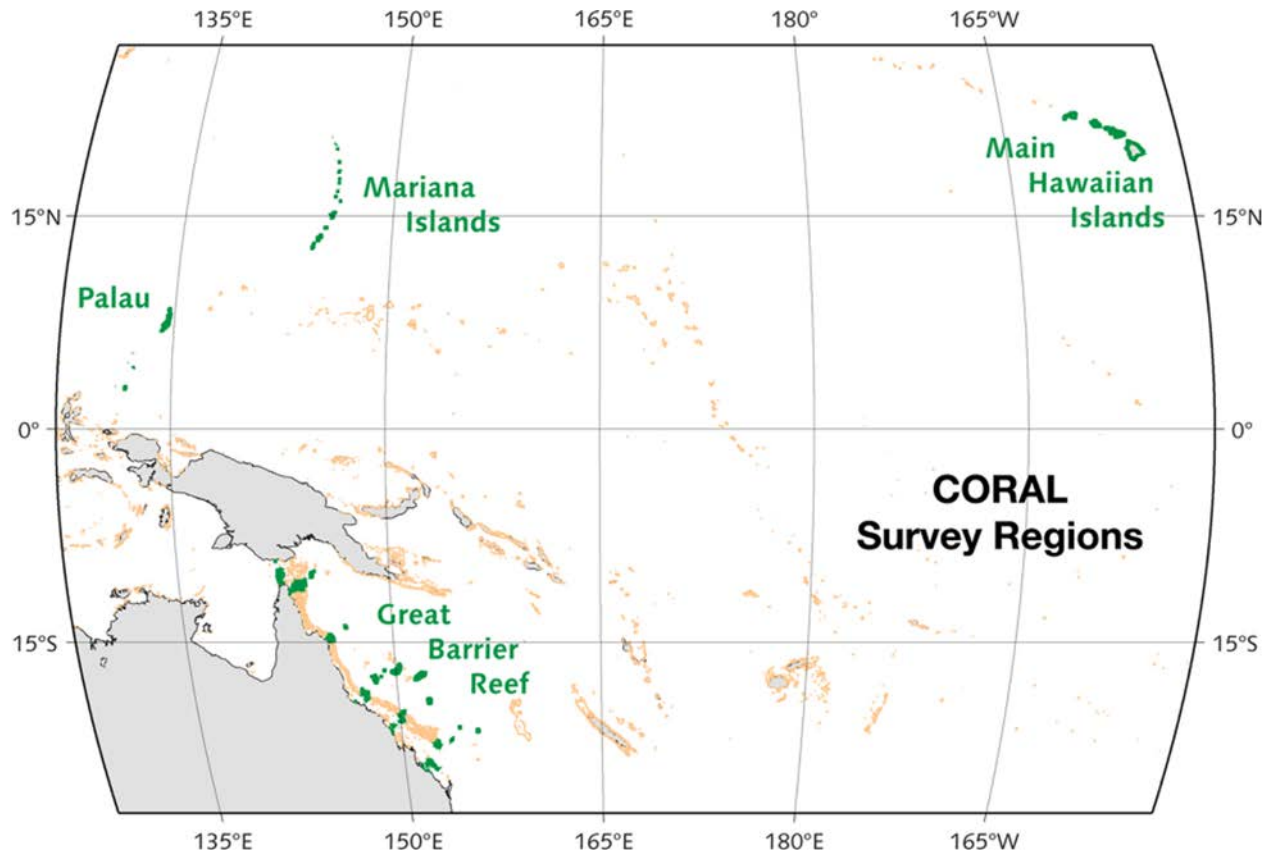


COral Reef Airborne Laboratory (CORAL)

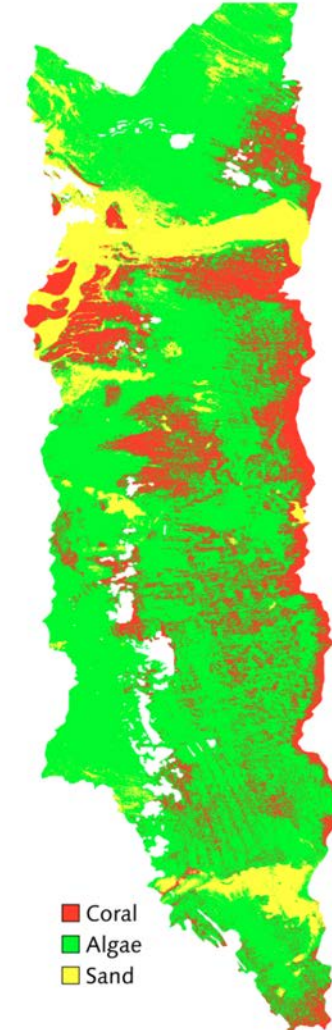
- Misión aérea usando el sensor “Portable Remote Imaging Spectrometer” (PRISM) para evaluar la salud y las condiciones de ecosistemas de arrecifes de coral
- Intervalo de Fechas: 2016-2019
- Resolución Espectral: 349.9-1053.5 nm (muestreo de 3.5 nm)



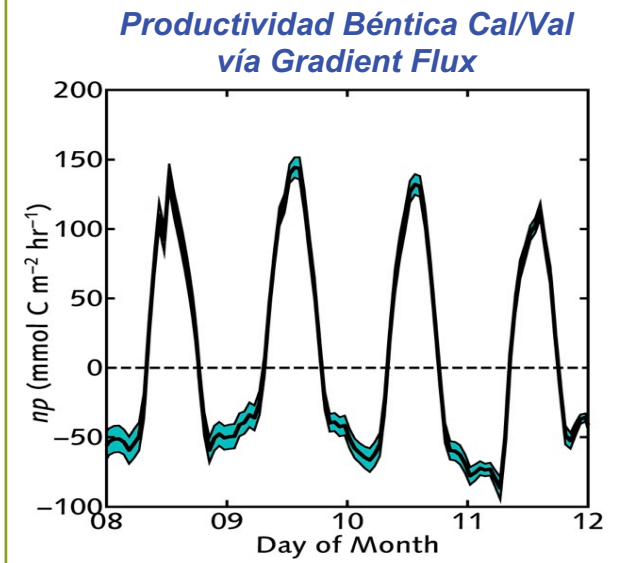
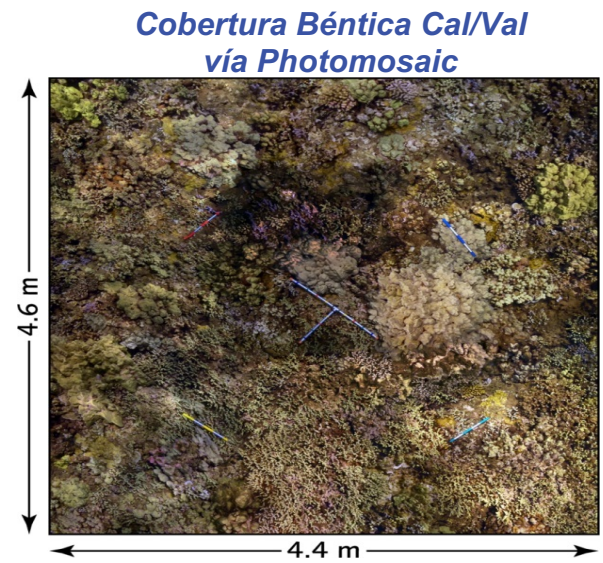
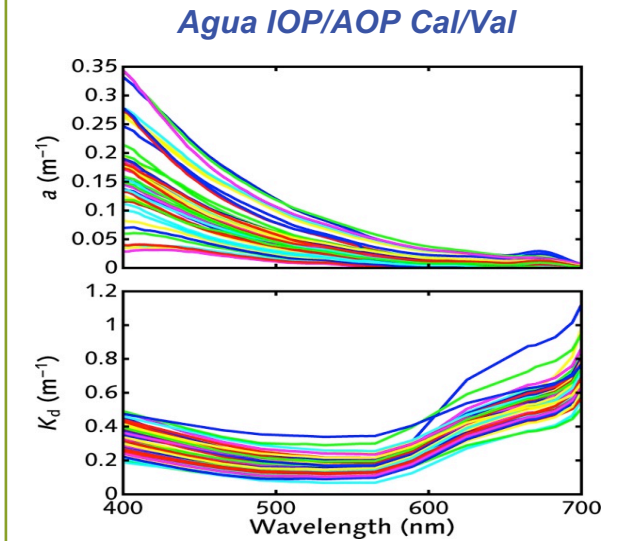
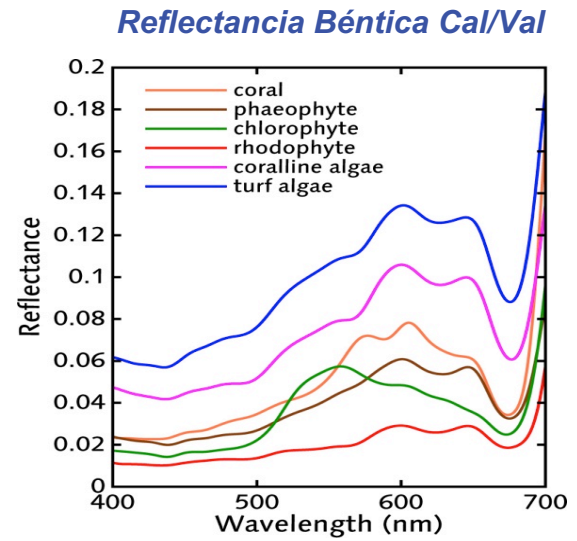
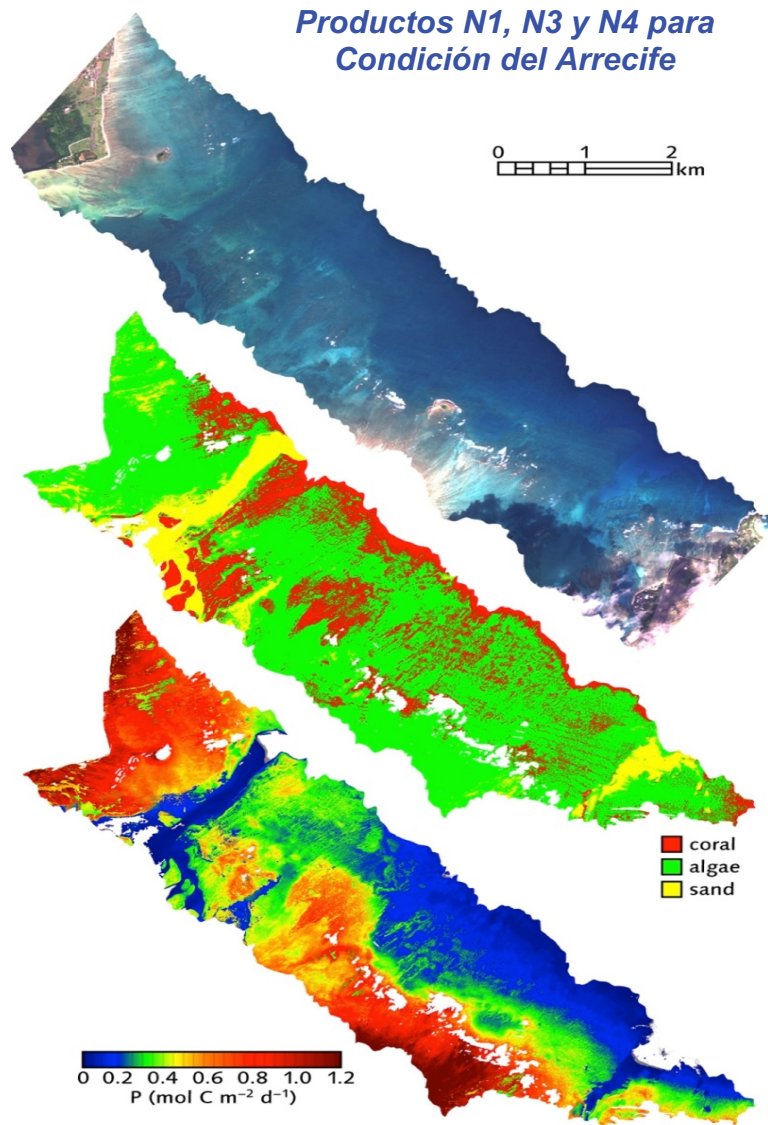
CORAL Reef Airborne Laboratory (CORAL)



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](#)

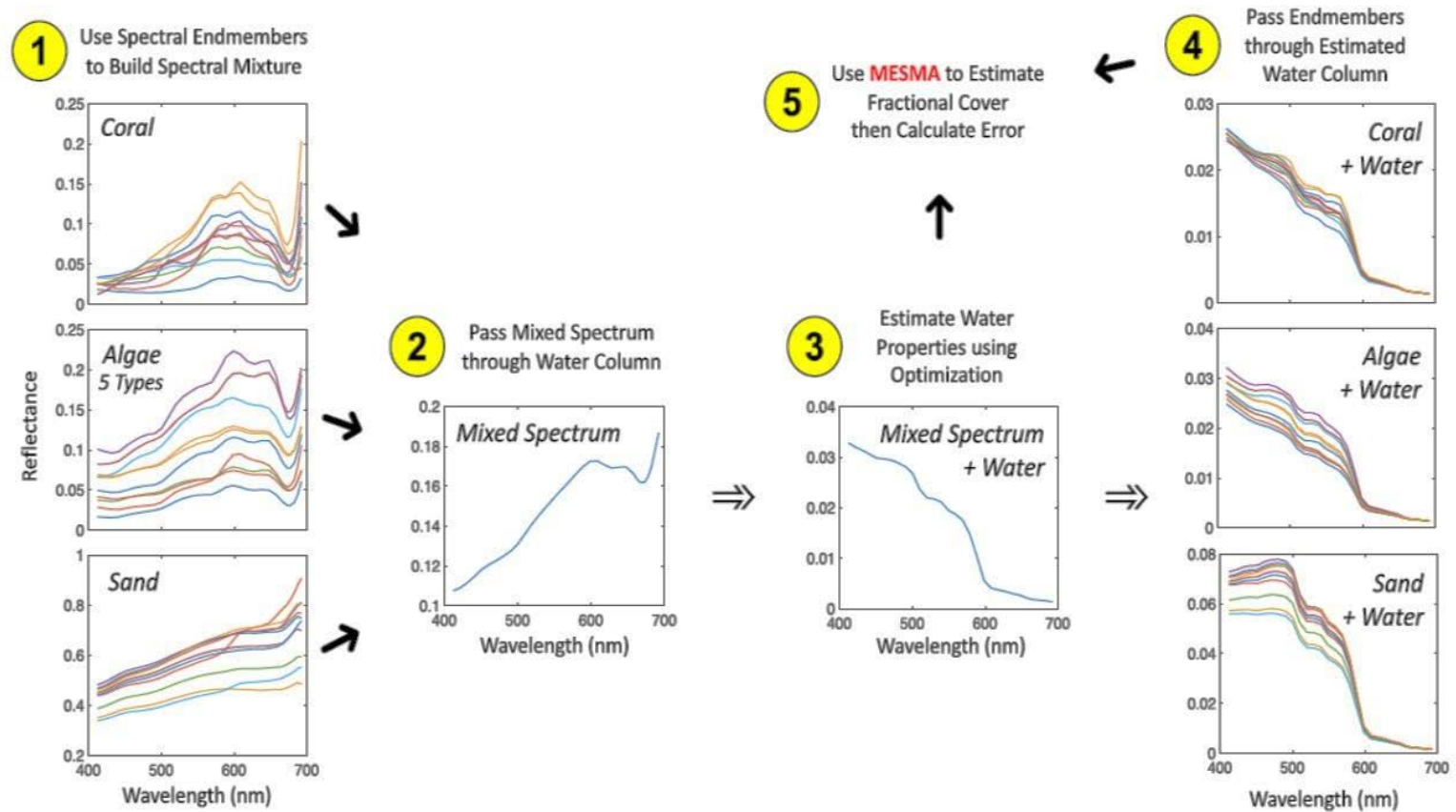


CORAL Reef Airborne Laboratory (CORAL)



Discriminación de la Cobertura Béntica (CORAL)

- Los organismos bénticos tienen firmas espectrales algo similares.
- Datos sobre miembros robustos pueden ayudar a validar datos hiperespectrales.
- La cobertura fraccional de coral y algas debería ser $>25\%$ para estimaciones precisas con los sensores hiperespectrales actuales.
 - Debido a la heterogeneidad de la cobertura del sustrato de los arrecifes y las resoluciones espaciales de los sensores actuales



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)
- Intervalo de Fechas: 2009-2014
- Resolución Espacial: 90 m
- Resolución Espectral: 128 bandas (400-900nm cada 5.7nm)
- Resolución Temporal: ~3 días

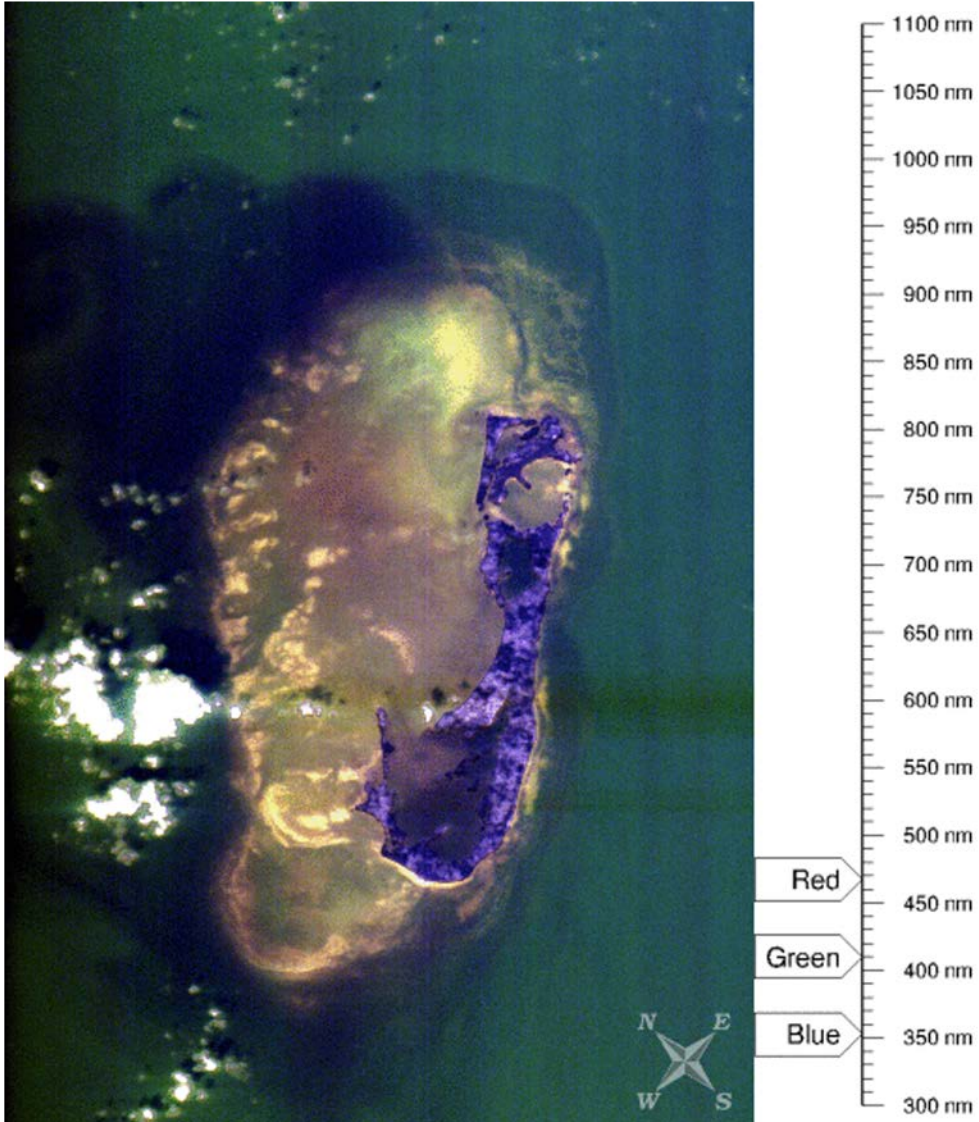


Imagen HICO de una floración masiva de Microcystis en el oeste del lago Erie, 3 de septiembre de 2011.
Fuente de la Imagen: [NASA](#)



HICO

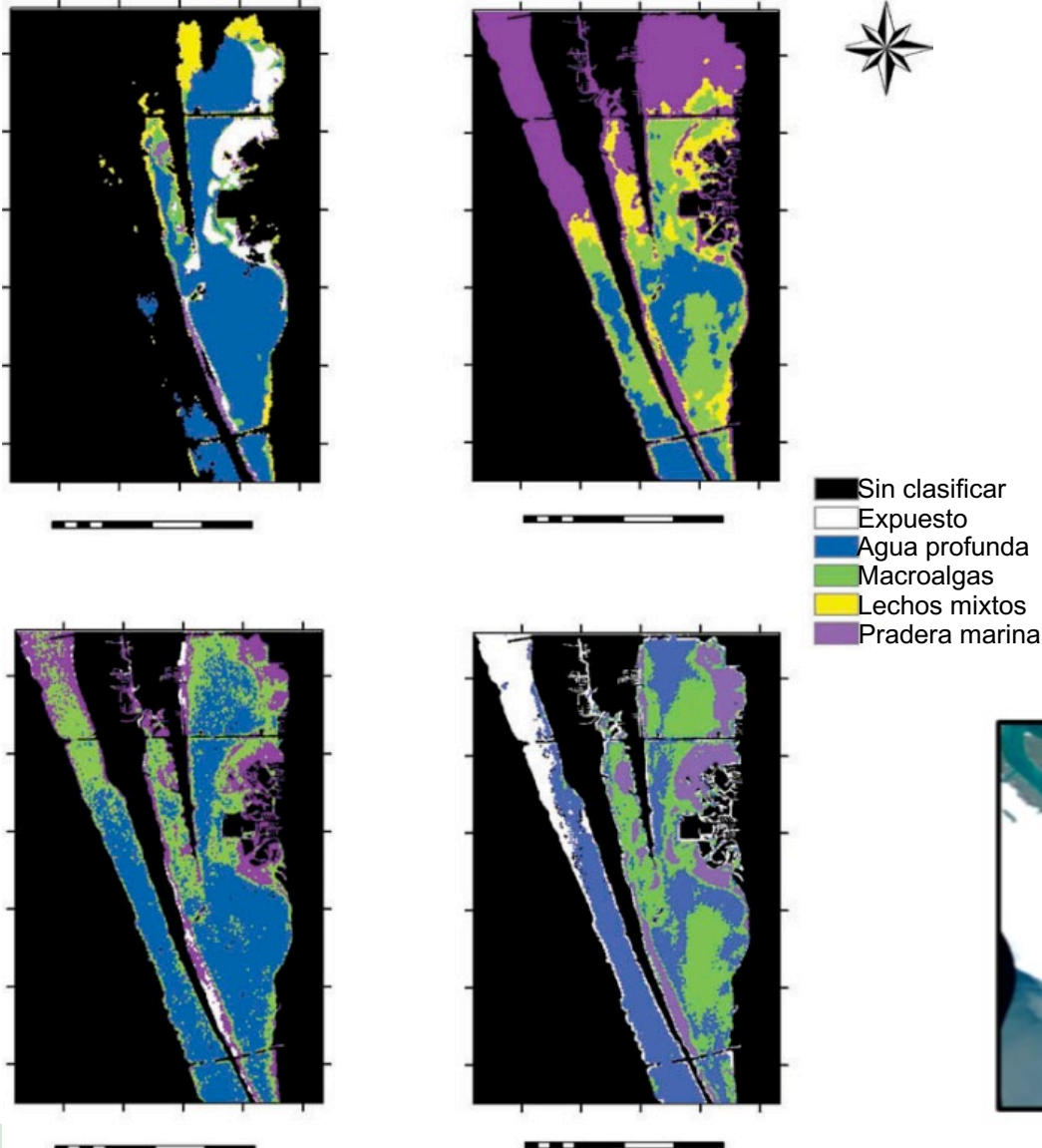
Fuente de la Imagen: [NASA](#)



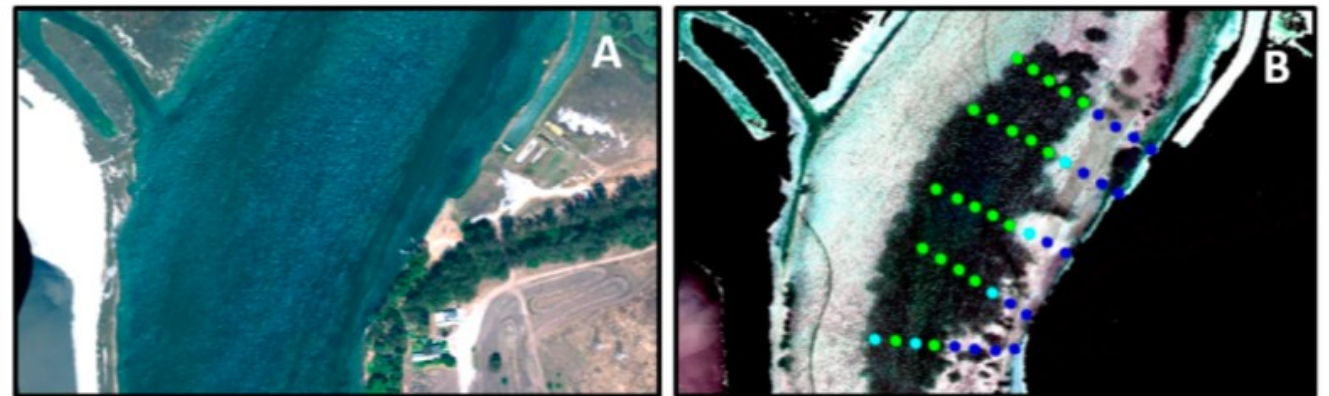
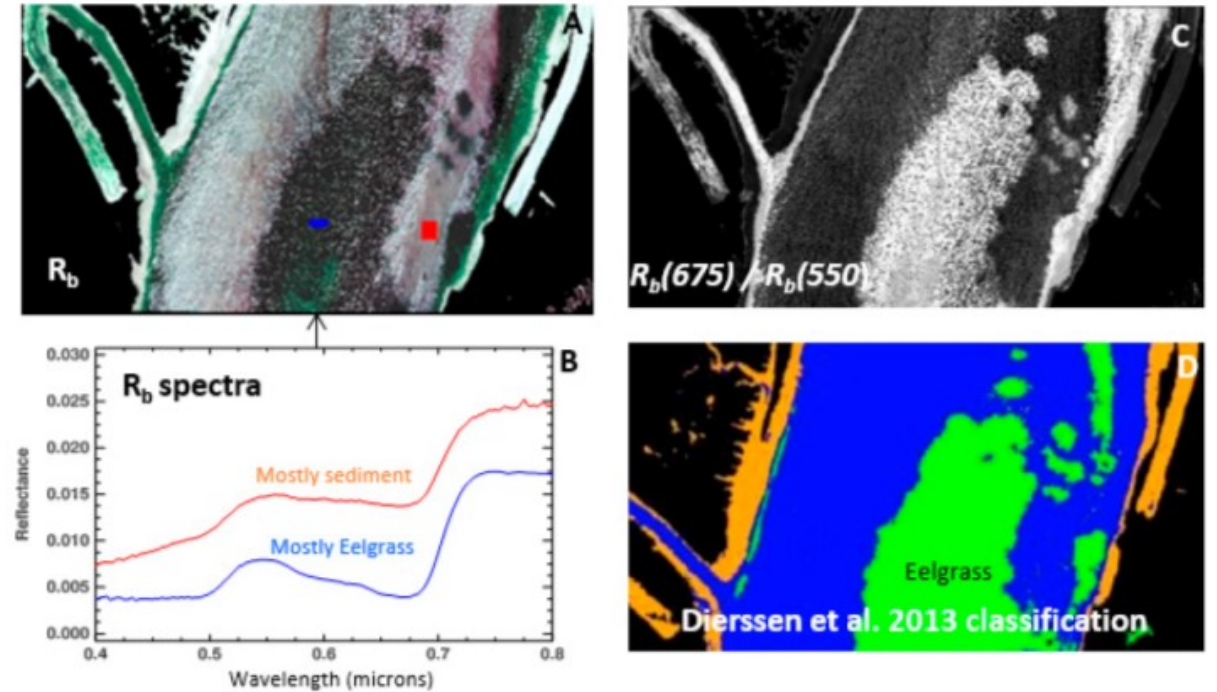
- Las Bermudas, agosto de 2013
- Esta animación muestra las 128 bandas de HICO, 3 a la vez, para producir colores.
- Las características de las islas, los componentes de las aguas poco profundas y firmas de corales se pueden examinar.



Mapeo de Praderas Marinas



Fuente: Cho et al (2013) GIScience y Rem Sens
 NASA's Applied Remote Sensing Training Program

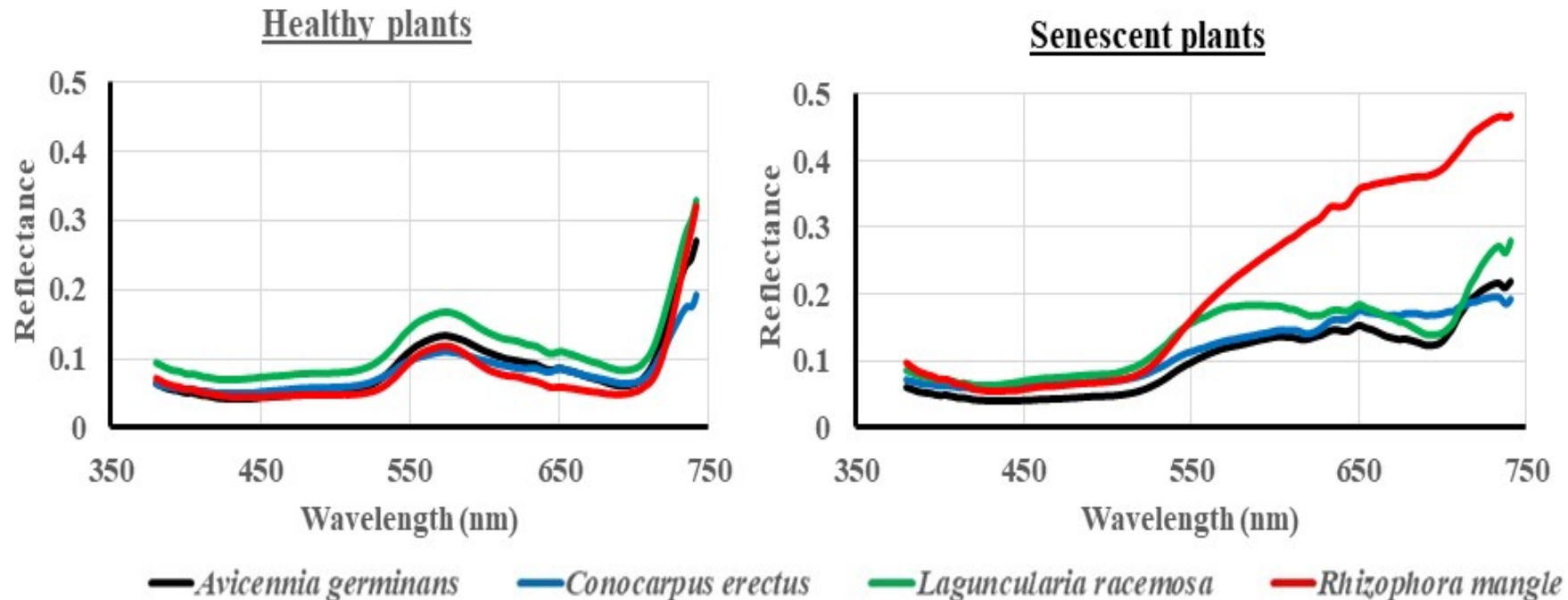


Fuente: Dierssen et al (2019) Remote Sensing



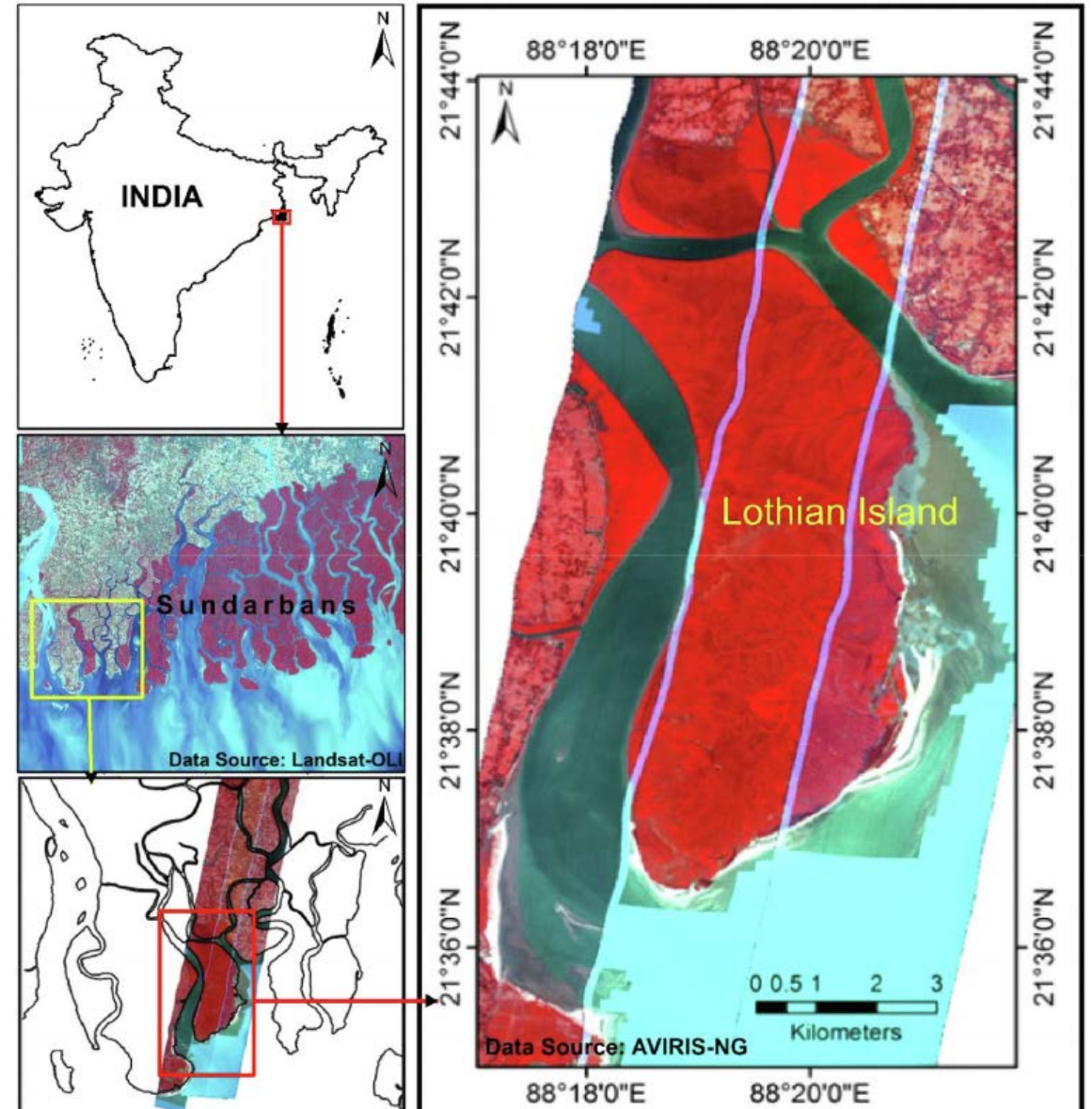
Bosques de Manglares

- Las diferentes especies de manglares son espectralmente similares.
- Los datos hiperespectrales se pueden utilizar potencialmente para discriminar entre doseles sanos y no sanos o senescentes.
- Depende de la resolución espacial de las imágenes y la densidad del dosel de cada especie.

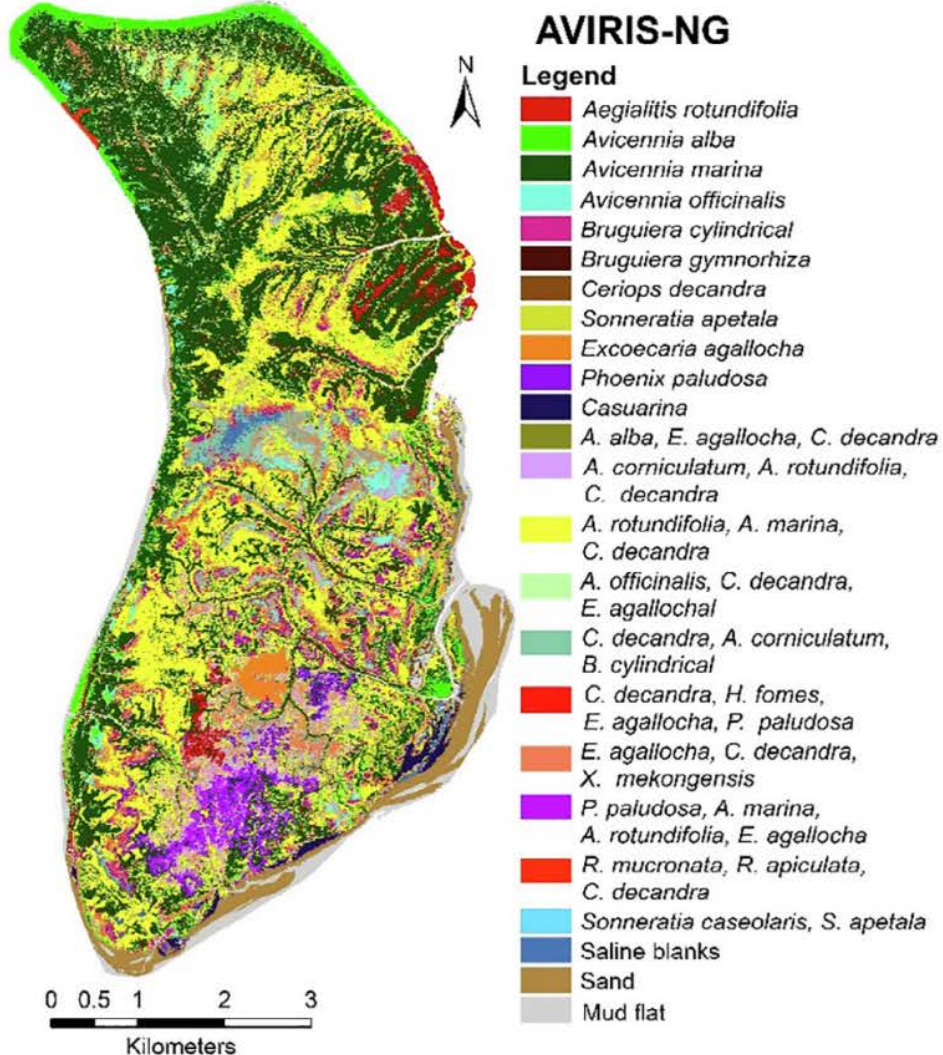
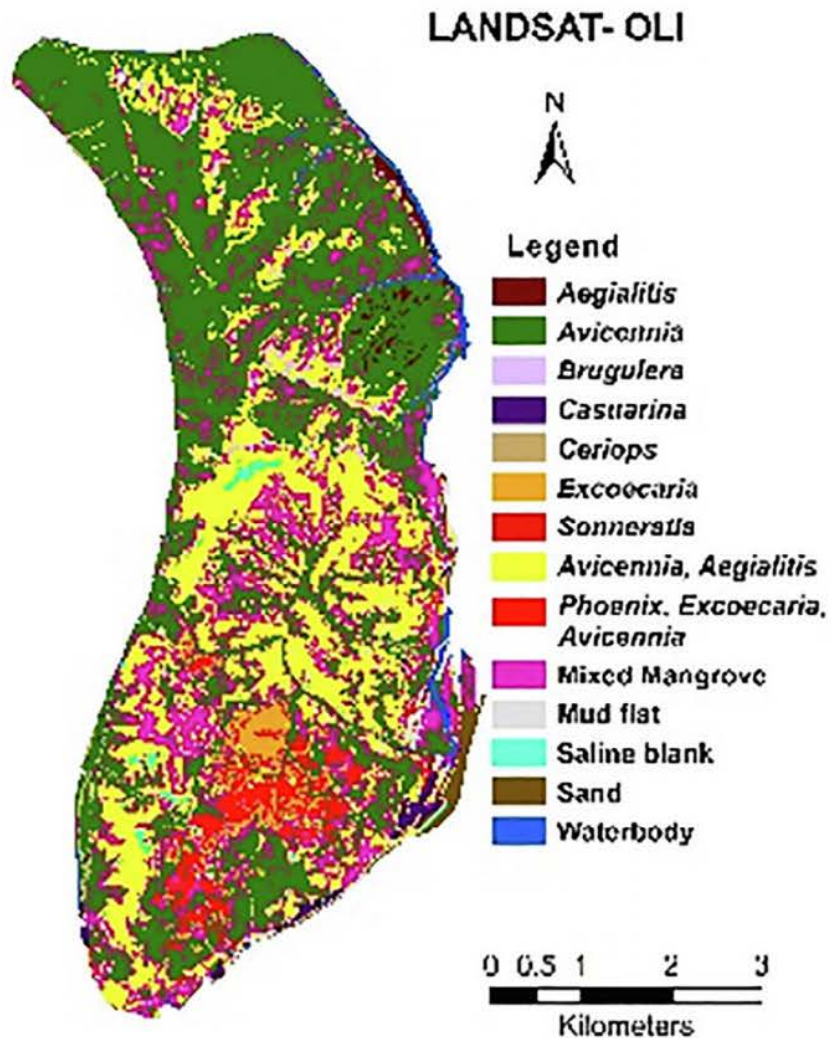


Composición de Especies de Manglares

- Los ecosistemas de manglares son susceptibles a los cambios en la salinidad y en el nivel del mar.
- Algunas especies de manglares son más susceptibles que otras.
- La preservación en el Santuario de Flora y Fauna Silvestre de la Isla de Lothian en India depende del monitoreo de la extensión y composición de especies de manglares.
- Se utilizaron datos hiperespectrales de AVIRIS-NG para mapear la vegetación a nivel de género y de especie.



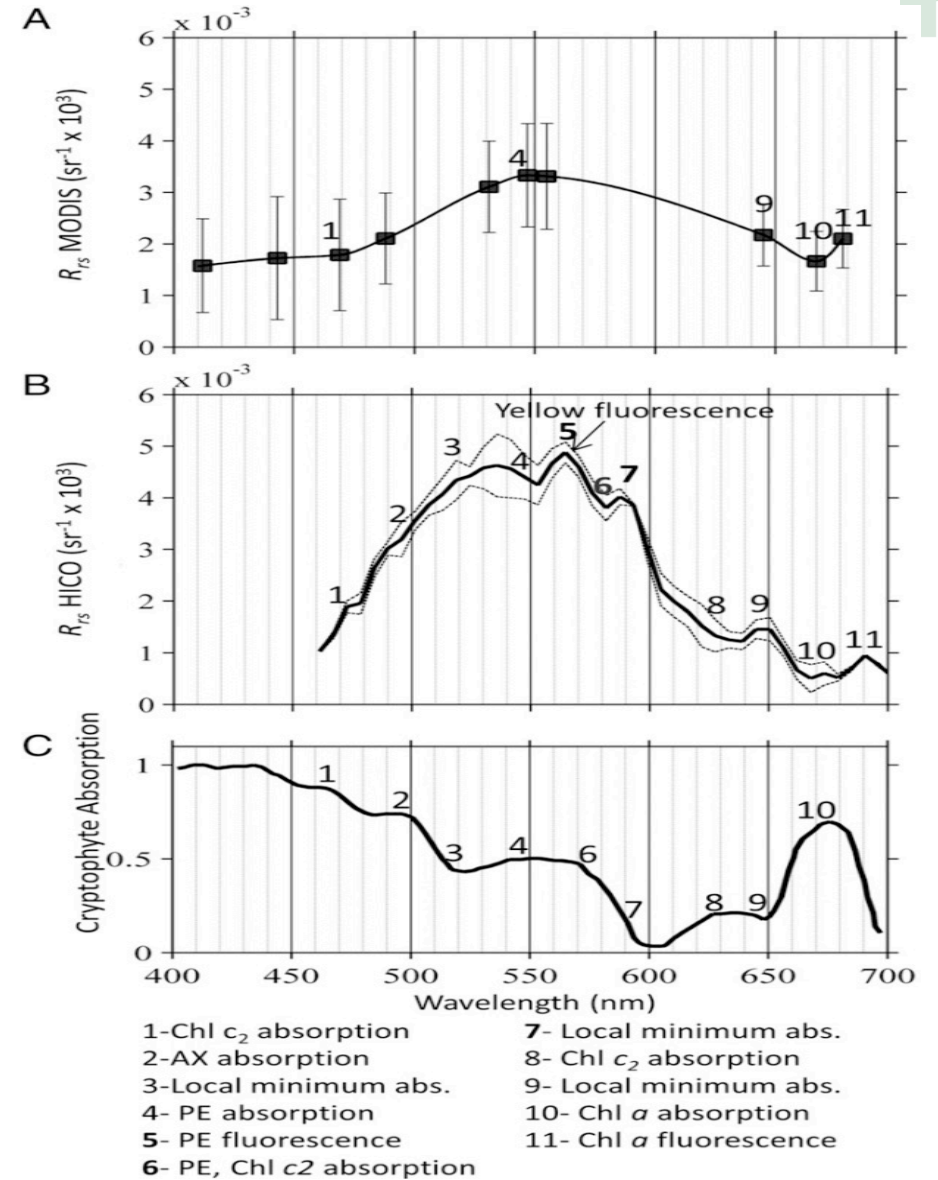
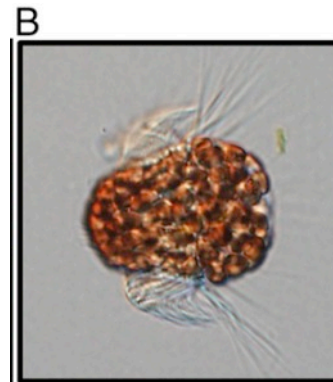
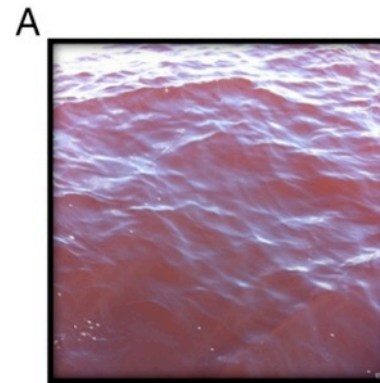
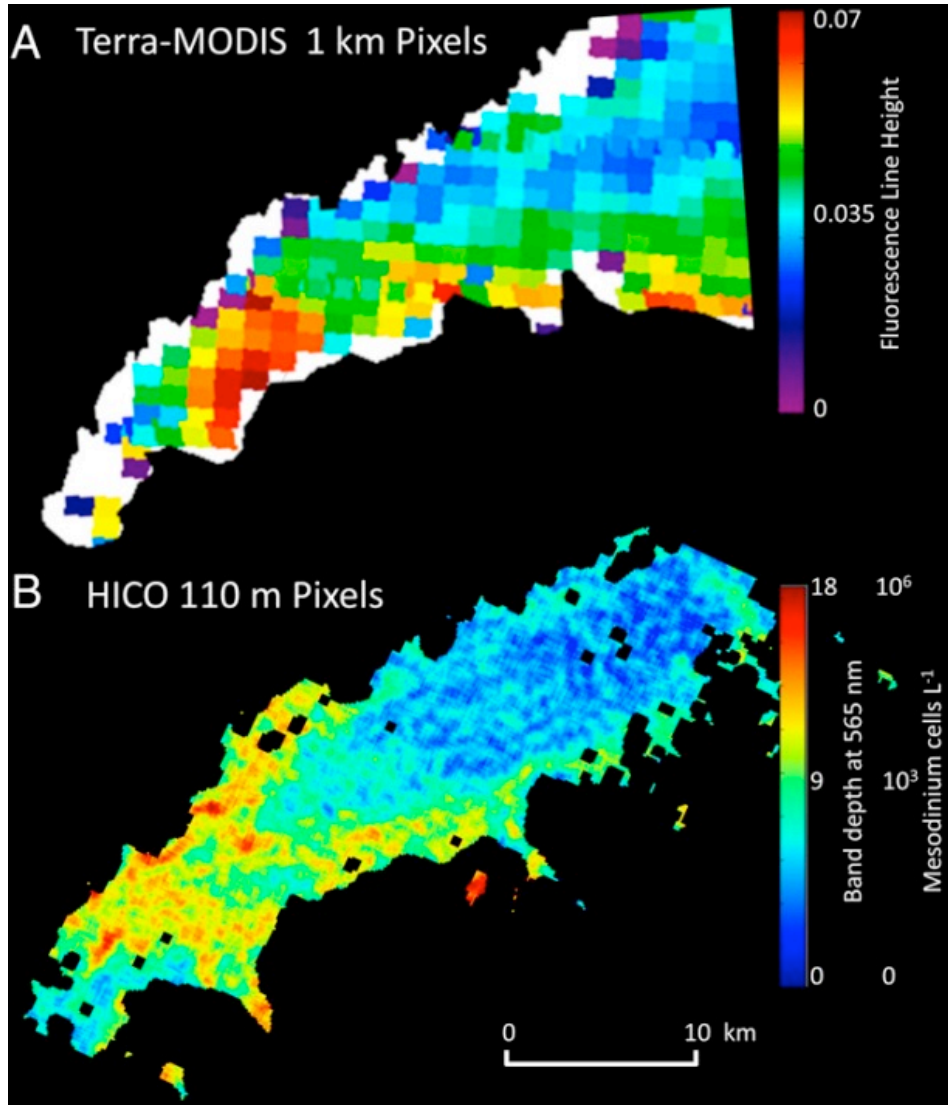
Composición de Especies de Manglares



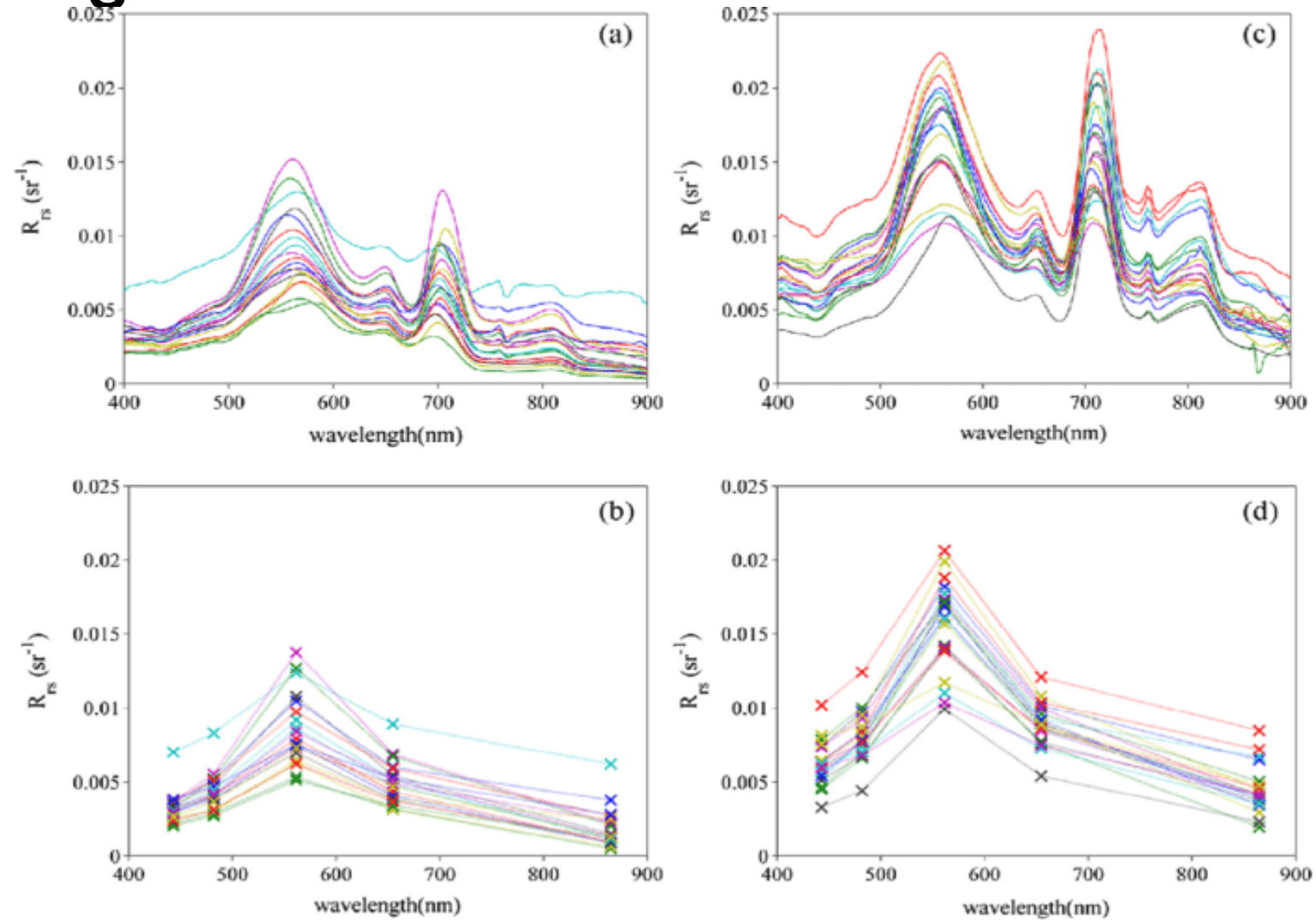
Este caso de estudio compara las capacidades de los datos multiespectrales (izq.) e hiperespectrales (der.) para mapear la composición de la vegetación de manera precisa. Los datos hiperespectrales lograron diferenciar entre especies de vegetación y en muchos casos produjeron clasificaciones más precisas.



Floraciones de Plancton



Datos Multiespectrales vs. Hiperespectrales para el Análisis de la Calidad del Agua

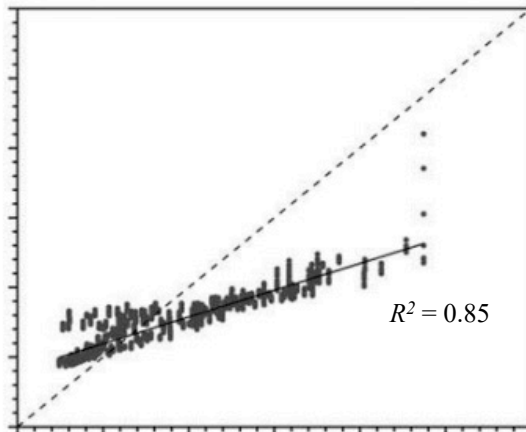
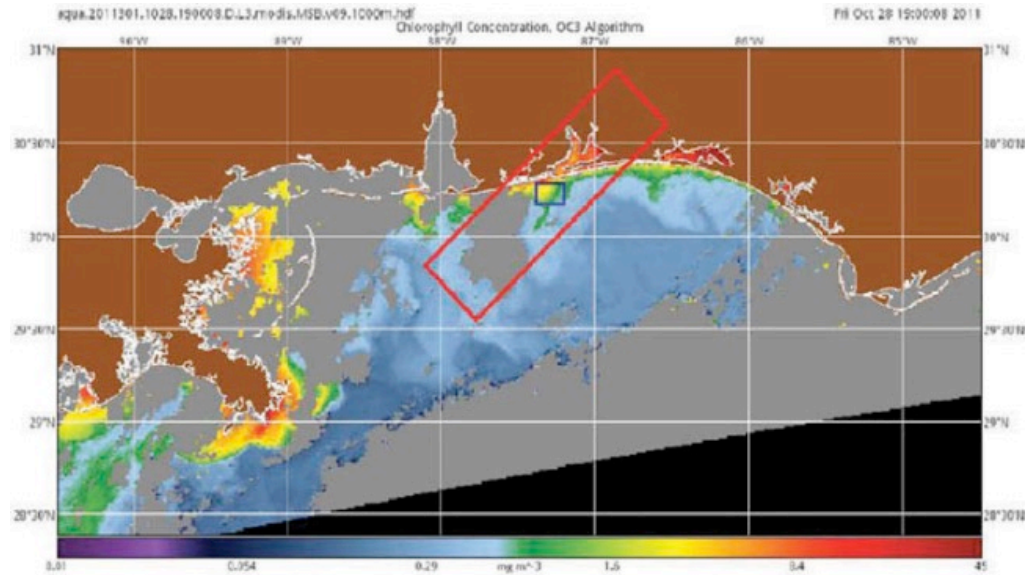


Comparación de Concentraciones de Material Suspendido Total.

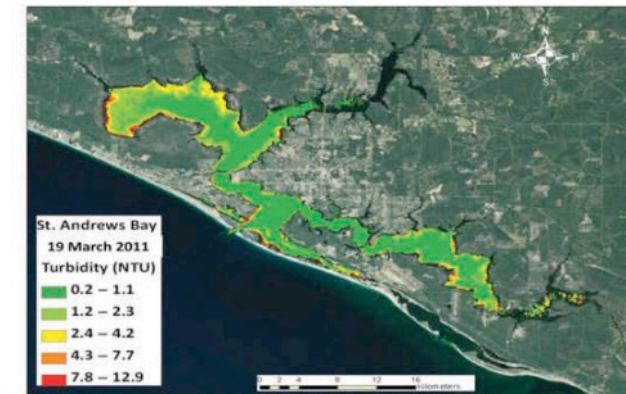
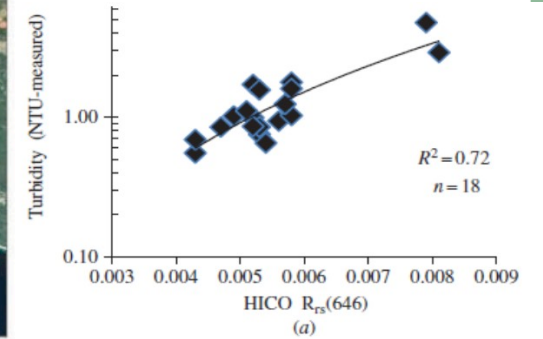
Fuente: Bernardo et al 2017 Adv. Space Res.



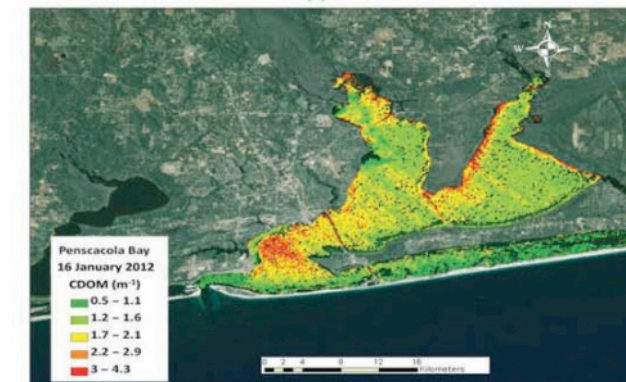
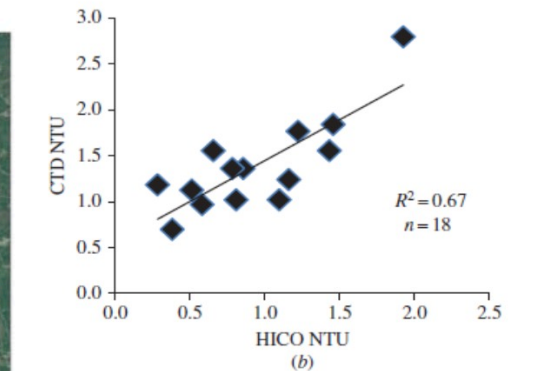
Calidad del Agua en un Sistema Costero



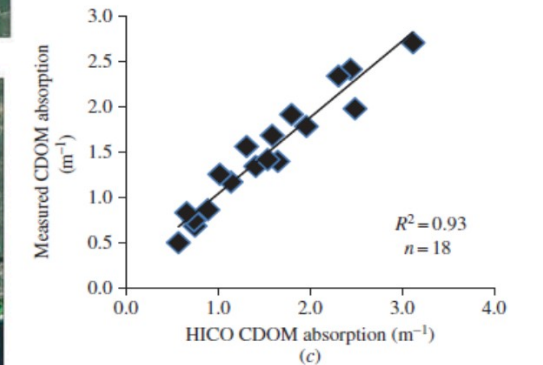
(a)



(b)



(c)

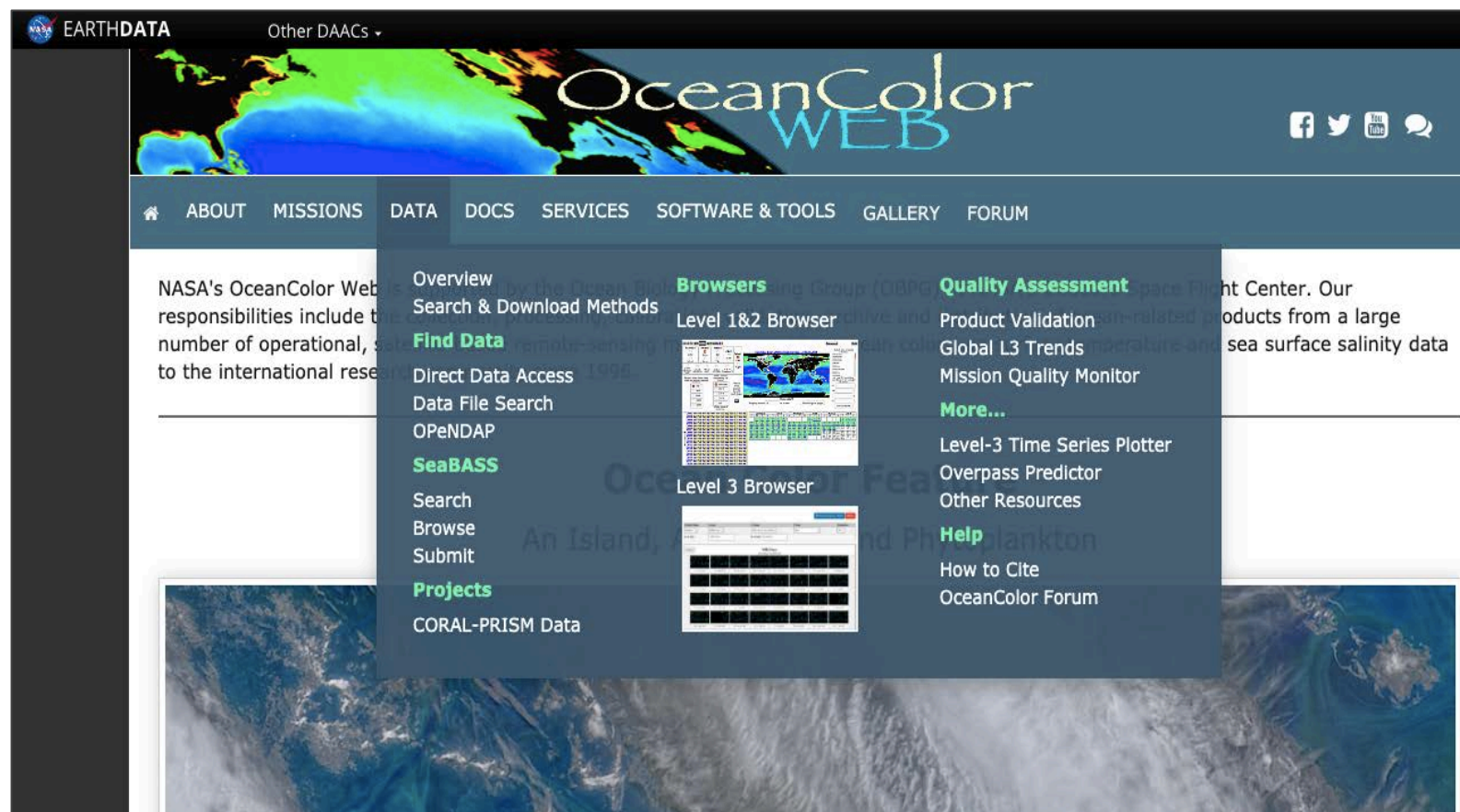




Adquisición y Visualización de Datos Hiperespectrales para Sistemas Costeros y Oceánicos

NASA OceanColor Web

- Los navegadores de datos en OceanColor Web se pueden utilizar para filtrar y acceder a datos de sensores oceánicos y costeros.
- Los criterios para la búsqueda de datos incluyen...
 - Tipo de producto
 - Sensor
 - Extensión espacial
 - Intervalo de fechas



Enlace: <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>



NASA OceanColor Web- Requisitos para Acceder

- Deberá registrarse para crear un a cuenta a través de NASA Earthdata para poder acceder a datos de OceanColor Web.
- Una vez que se registre con su correo electrónico preferido, podrá acceder y descargar productos de datos directamente de OceanColor Web.



EARTHDATA LOGIN

Register for an Earthdata Login Profile

Profile Information

Username: *

Password: *

Password Confirmation: *

* Required field

Username must:

- Be a Minimum of 4 characters
- Be a Maximum of 30 characters
- Use letters, numbers, and underscores
- Not contain any blank spaces
- Not begin, end or contain special characters(. , /)

Password must contain:

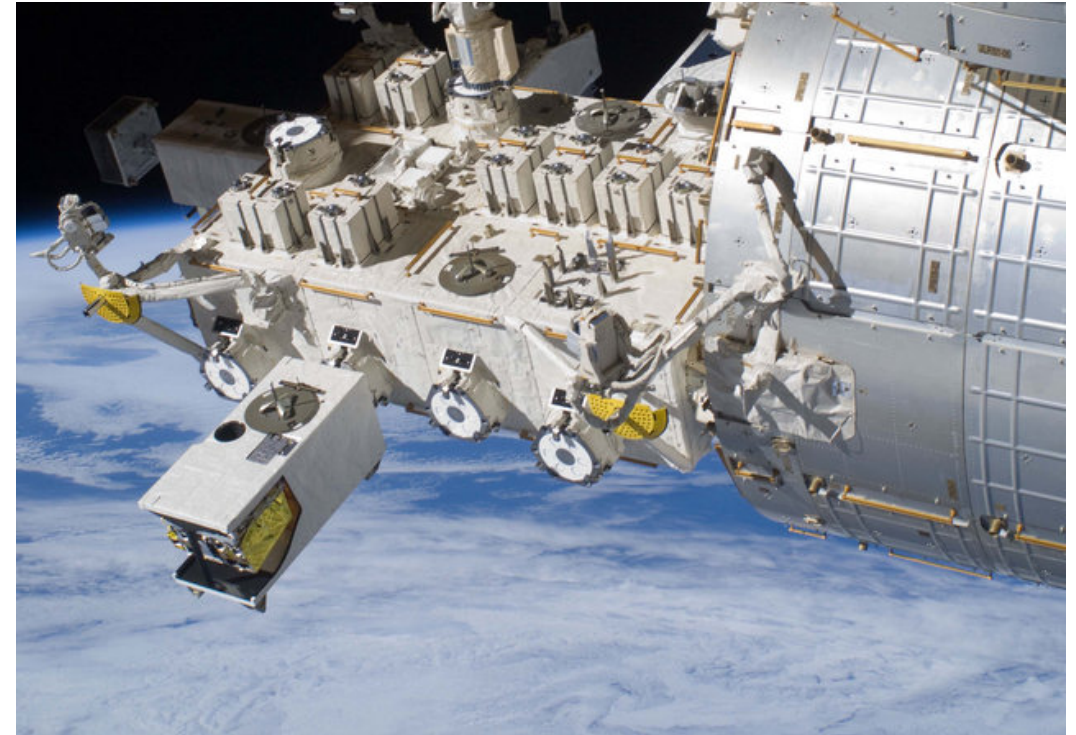
- Minimum of 8 characters
- One Uppercase letter
- One Lowercase letter
- One Number

Enlace: <https://urs.earthdata.nasa.gov/>



Repaso de HICO

- Datos hiperespectrales espaciales del **25 de septiembre de 2009** al **13 de septiembre de 2014**
- **Resolución espacial de 90 metros** para todas las bandas
- **128 bandas espectrales únicas** desde 380 hasta 960 nanómetros con un ancho de banda de 5.7nm
- Su historial de datos completo está disponible en línea



Modelo de HICO a bordo de la ISS.
Fuente de la Imagen: [Jeffrey H. Bowles, US NRL](#)



Productos de Datos de HICO Disponibles

- **Nivel 1B**
 - Radiancia y geolocalización corregidas
 - Muestran valores de radiancia en la cima de la atmósfera
- **Nivel 2**
 - Atmosféricamente corregidos
 - Muestran valores de reflectancia superficial
 - Incluyen capas de la calidad del agua como clorofila-a y Kd490 (atenuación lumínica)
- Los productos de datos están disponibles en **formato NetCDF**

The screenshot shows the OceanColor Web interface. At the top, there are navigation controls and a 'Comment' button. Below that, there are several filter sections:

- Sensors:** SeaWiFS (GAC), SeaWiFS (MLAC), MODIS (Aqua, Terra), VIIRS (Suomi-NPP, NOAA-20), MERIS (RR), MERIS (FRS). There are checkboxes for each.
- OLCI:** Sentinel3A (ERR), Sentinel3A (EFR), Sentinel3B (ERR), Sentinel3B (EFR). There are checkboxes for each.
- Other Sensors:** OCTS (ADEOS), HICO (ISS), GOCI (COMS), CZCS (Nimbus-7). HICO (ISS) is checked.
- Day/Night:** A 'Select' dropdown menu with 'Day' selected.

 A central map shows the Atlantic Ocean with numerous red swaths indicating data collection locations. Below the map, there are controls for 'Radius (km) about map click or about typed-in location:' (72, 400, 800, 1200, 1500) and 'Select swaths containing (at least):' (any part, 25%, 50%, 75%, all). There is also a 'Select only scenes having in situ matchups.' checkbox.

 At the bottom, there are three calendar grids for data availability:

- 2009-2014:** A grid showing months from Jan to Dec for each year from 2009 to 2014.
- July 2014:** A daily calendar for July 2014 with dates 1-31.
- August 2014:** A daily calendar for August 2014 with dates 1-31.
- September 2014:** A daily calendar for September 2014 with dates 1-30.

 The bottom right corner features the 'OceanColor WEB' logo and a small satellite image.

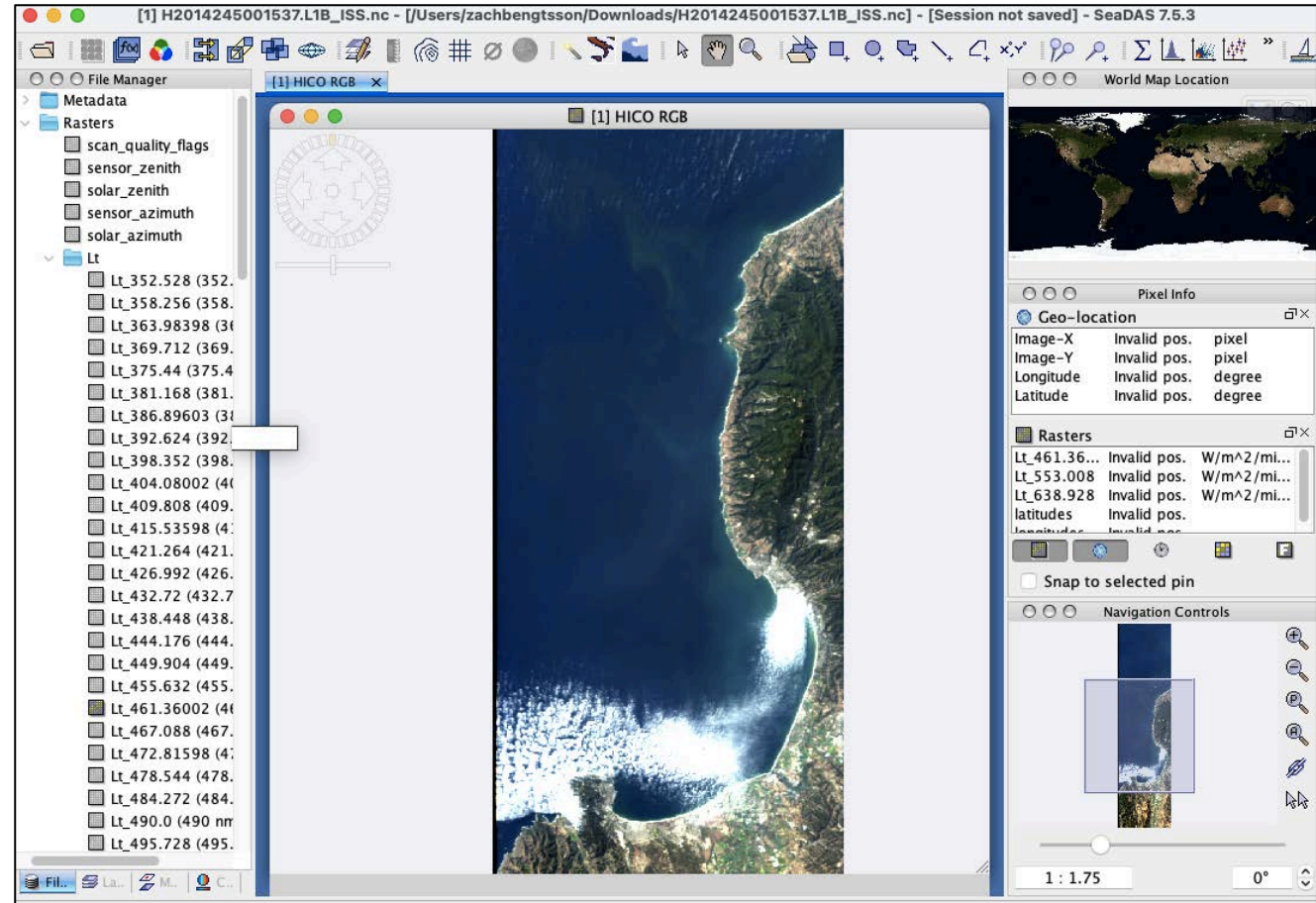
Navegador OceanColor Web Nivel 1 y 2

Enlace: <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/browse.pl?sen=amod>



SeaDAS

- SeaDAS es un paquete de software gratuito para el procesamiento, visualización, análisis y control de calidad de datos terrestres por teledetección.
- Características incluyen reproyección de datos, manipulación de bandas y visualización de datos.
- SeaDAS también se puede utilizar para ...
 - Visualizar perfiles espectrales
 - Aplicar algoritmos para derivar parámetros de la calidad del agua y características físicas



Interfaz de SeaDAS mostrando datos de radiancia Nivel 1B de HICO del área de la bahía costera de Monterrey en California.

Enlace para descargar de SeaDAS:
<https://seadas.gsfc.nasa.gov/downloads/>





Demostración de OceanColor Web y SeaDAS

Resumen

- Las aplicaciones costeras de datos hiperespectrales incluyen:
 - Recuperación de sustratos bénticos, particularmente en aguas poco profundas
 - Discriminación potencial de especies en base a sus firmas espectrales y cobertura
 - Análisis de la calidad del agua a mayor resolución espectral y espacial
- Los datos hiperespectrales se pueden acceder vía múltiples portales de datos:
 - NASA Ocean Color Data Portal (<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov>)
 - Para datos de HICO (<http://hico.coas.oregonstate.edu/index.shtml>)
 - Portal de Datos AVIRIS (<https://aviris.jpl.nasa.gov>)
- Los sensores en camino (p.ej., PACE) y los productos desarrollados recientemente (p.ej., SBG) brindarán nuevas vías para evaluar sistemas costeros y oceánicos como nunca antes.





¡Gracias!

