



Teledetección de Ecosistemas Costeros

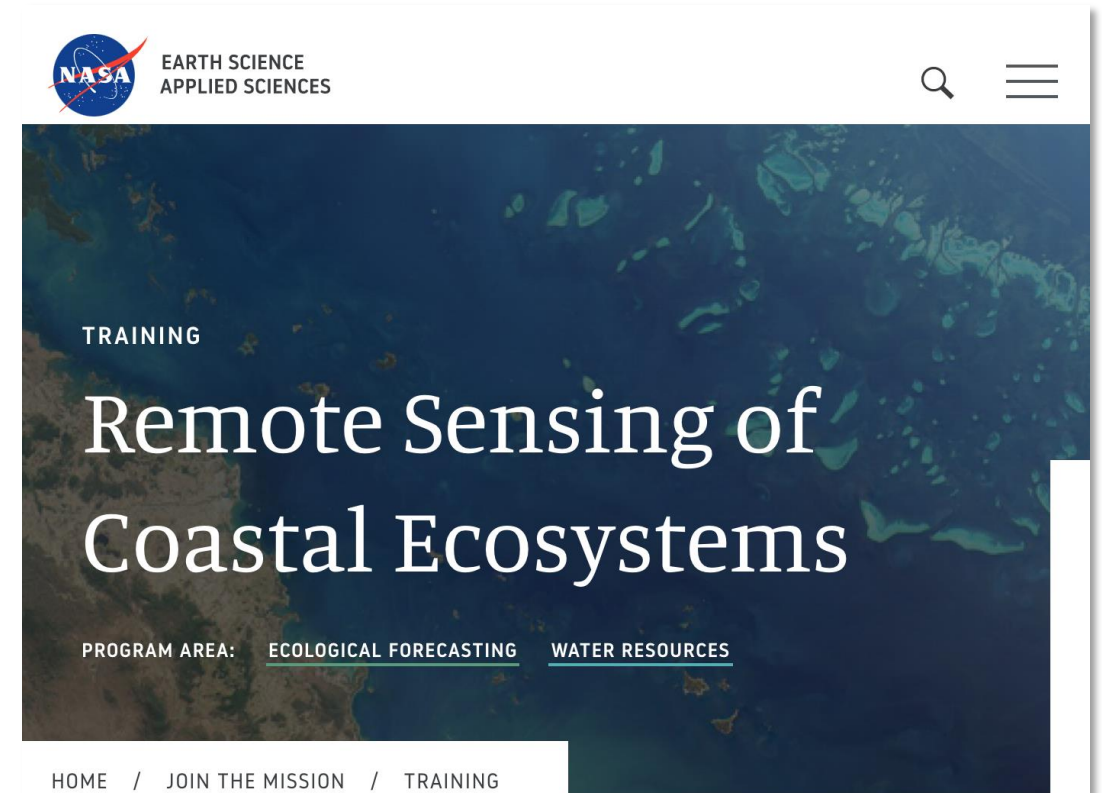
Juan L. Torres-Pérez y Amber McCullum

25 de agosto – 8 de septiembre de 2020



Estructura y Materiales del Curso

- Tres sesiones de una hora cada una el 25 de agosto, 1^{ro} de septiembre y el 8 de septiembre
- Se presentará el mismo contenido en dos diferentes horarios cada día:
 - Sesión A: 11h-12h Hora Este de EEUU (UTC-4) (inglés)
 - Sesión B: 14h-15h Hora Este de EEUU (UTC-4) (español)
 - **Por favor inscribise y asista a solo una sesión cada día.**
- Podrá encontrar grabaciones de las presentaciones, los archivos PowerPoint y la tarea después de cada sesión en la siguiente página:
 - <https://appliedsciences.nasa.gov/join-mission/training/spanish/teledeteccion-de-ecosistemas-costeros>
- Preguntas y Respuestas después de cada presentación y/o por correo electrónico:
 - juan.l.torresperez@nasa.gov o
 - amberjean.mccullum@nasa.gov



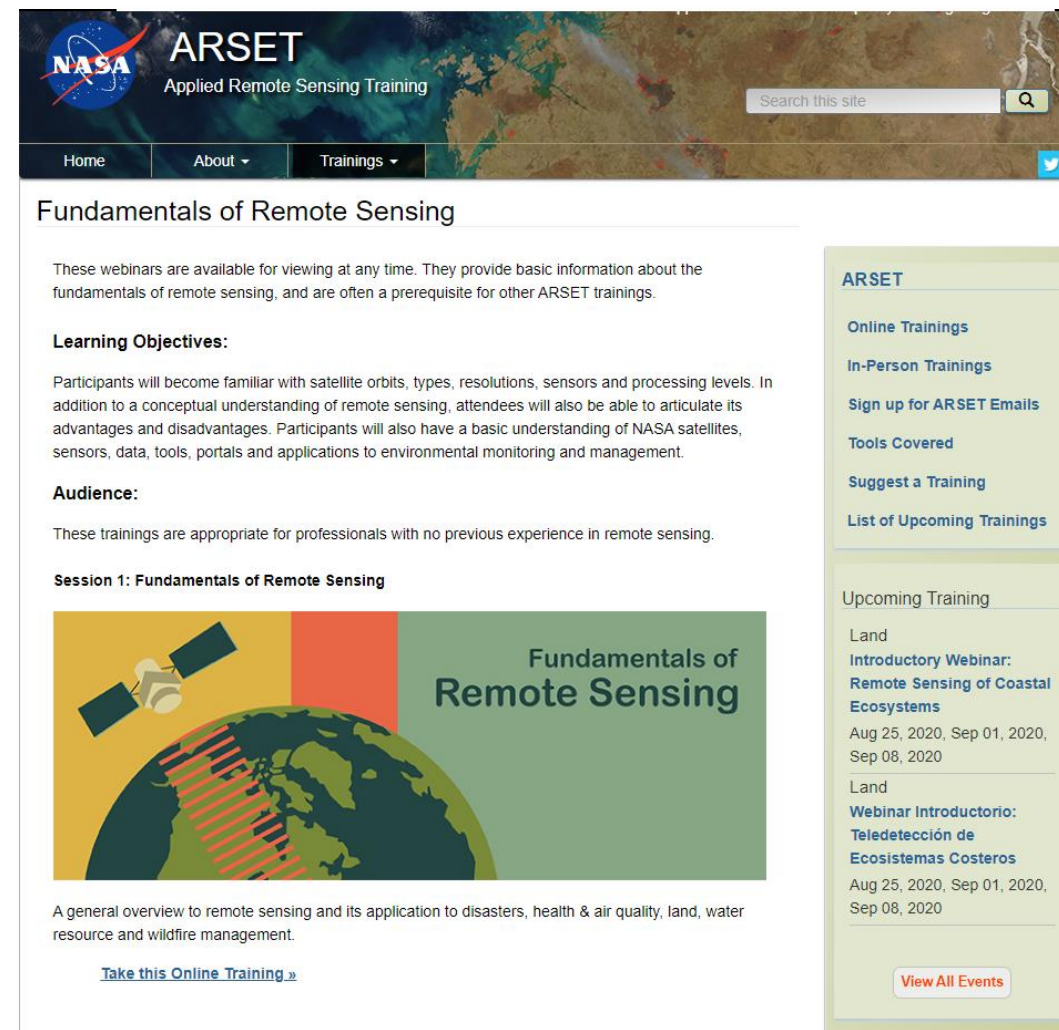
Tarea y Certificados

- **Tarea:**
 - Se asignará una tarea
 - Debe enviar sus respuestas vía Google Forms
 - **Fecha límite para la tarea: Martes 22 de septiembre**
- **Certificado de Terminación de Curso:**
 - Asista a las tres sesiones en vivo
 - Complete la tarea asignada dentro del plazo estipulado (acceso desde la página de ARSET)
 - Recibirá su certificado aproximadamente dos meses después de la conclusión del curso de: marines.martins@ssaihq.com



Prerrequisitos

- Prerrequisitos:
 - Por favor complete las [Sesiones 1 y 2A de Fundamentos de la Percepción Remota](#) o tenga experiencia equivalente.
- Material del Curso:
 - <https://appliedsciences.nasa.gov/join-mission/training/spanish/teledeteccion-de-ecosistemas-costeros>




The screenshot shows the NASA ARSET (Applied Remote Sensing Training) website. The header includes the NASA logo, the text 'ARSET Applied Remote Sensing Training', and a search bar. Navigation links for 'Home', 'About', and 'Trainings' are visible. The main content area is titled 'Fundamentals of Remote Sensing' and contains the following text:

These webinars are available for viewing at any time. They provide basic information about the fundamentals of remote sensing, and are often a prerequisite for other ARSET trainings.

Learning Objectives:
Participants will become familiar with satellite orbits, types, resolutions, sensors and processing levels. In addition to a conceptual understanding of remote sensing, attendees will also be able to articulate its advantages and disadvantages. Participants will also have a basic understanding of NASA satellites, sensors, data, tools, portals and applications to environmental monitoring and management.

Audience:
These trainings are appropriate for professionals with no previous experience in remote sensing.

Session 1: Fundamentals of Remote Sensing



A general overview to remote sensing and its application to disasters, health & air quality, land, water resource and wildfire management.

[Take this Online Training »](#)

The right sidebar contains a menu for 'ARSET' with links to 'Online Trainings', 'In-Person Trainings', 'Sign up for ARSET Emails', 'Tools Covered', 'Suggest a Training', and 'List of Upcoming Trainings'. Below this is a section for 'Upcoming Training' listing two events:

- Land
Introductory Webinar: Remote Sensing of Coastal Ecosystems
Aug 25, 2020, Sep 01, 2020, Sep 08, 2020
- Land
Webinar Introductorio: Teledetección de Ecosistemas Costeros
Aug 25, 2020, Sep 01, 2020, Sep 08, 2020

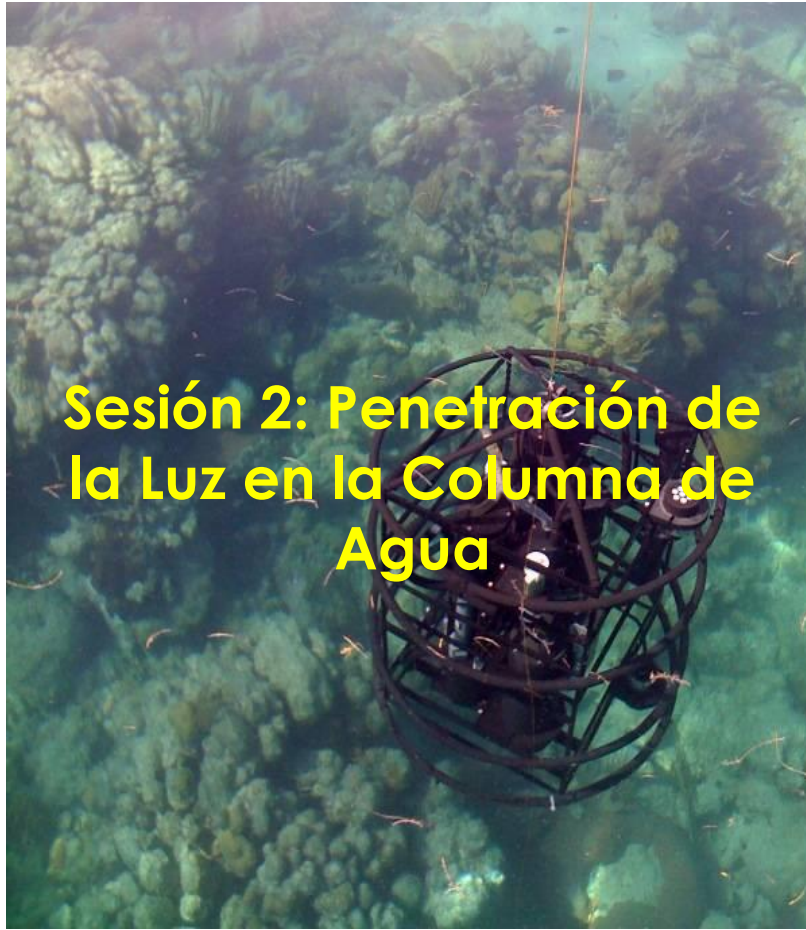
A 'View All Events' button is located at the bottom of the sidebar.




Esquema del Curso



Sesión 1: Una Mirada a los Ecosistemas Costeros y la Teledetección



Sesión 2: Penetración de la Luz en la Columna de Agua



Sesión 3: Teledetección de Componentes de la Línea de Costa



Objetivos de Aprendizaje

Al final de esta sesión, usted podrá:

- Identificar las propiedades ópticas principales de la columna de agua y cómo estas afectan la señal de teledetección de los componentes bénticos
- Distinguir algunas de las mediciones de campo necesarias para la validación y calibración de datos del color oceánico



Muestreo para parámetros de la calidad del agua en aguas turbias. Fuente: Laboratorio de Oceanografía Bio-óptica, U. de PR



Requerimientos para la Teledetección de la Calidad de Aguas Costeras

Resolución Espacial

< 10 m hasta centenares de metros
Sin embargo, la mayoría de los datos satelitales del color oceánico tienen una resolución espacial de aproximadamente 1 km.

Resolución Temporal

Los fenómenos en los océanos costeros se miden en escalas temporales breves (ej. de horas a días).

Resolución Espectral

Las aguas costeras ópticamente complejas requieren datos hiperespectrales para separar espectralmente las señales en competencia óptica de parámetros de la columna de agua.



Fuente: Laboratorio de Oceanografía Bio-óptica, U. de PR



Influencia de la Resolución Espacial

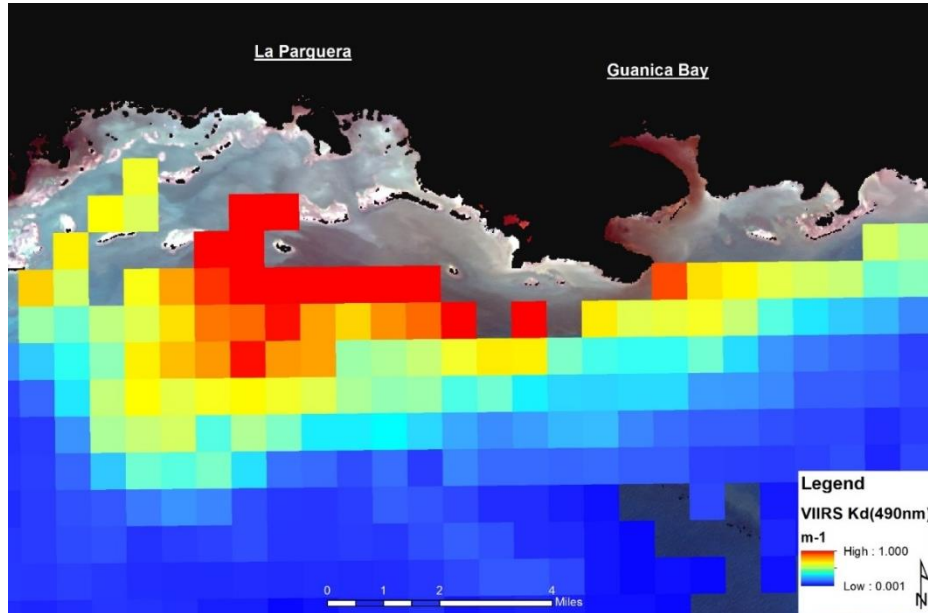


Imagen VIIRS de la turbiedad, Kd (490 nm) (Nivel 2 Calidad Científica) promediada para el 11 al 13 de noviembre a 750m

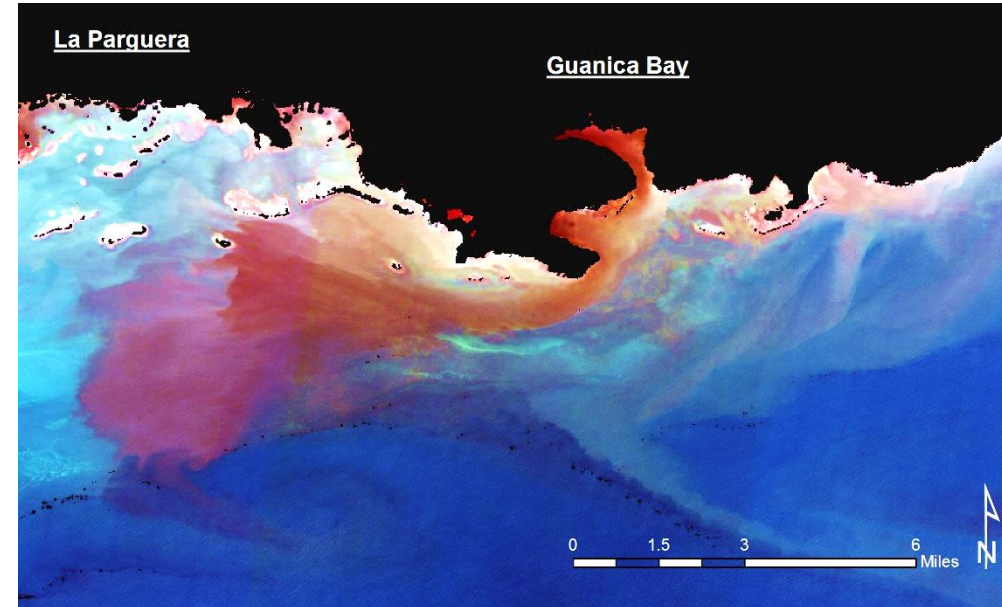
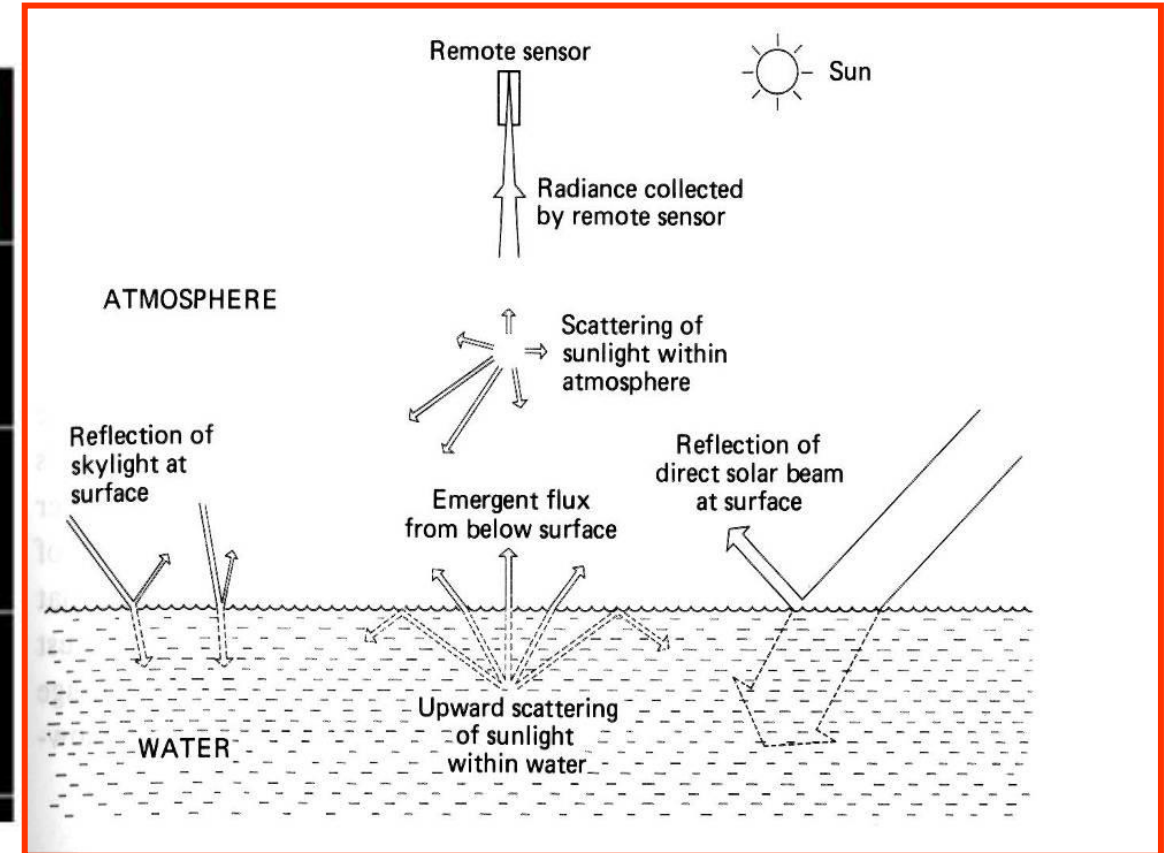
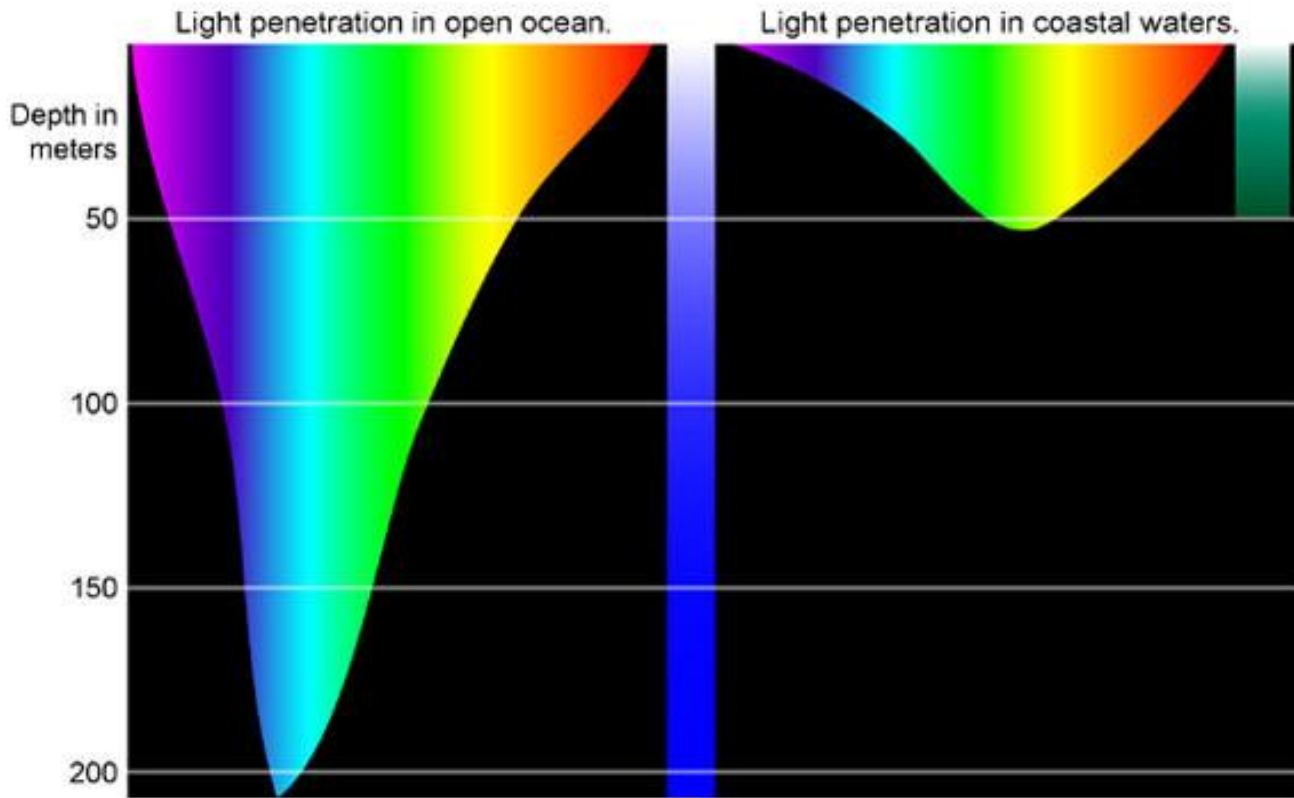


Imagen Landsat 8 OLI (con máscara para el suelo) para el 12 de noviembre de 2014



Penetración de la Luz en el Océano



Penetración de la luz en aguas oceánicas versus penetración de la luz en aguas costeras.

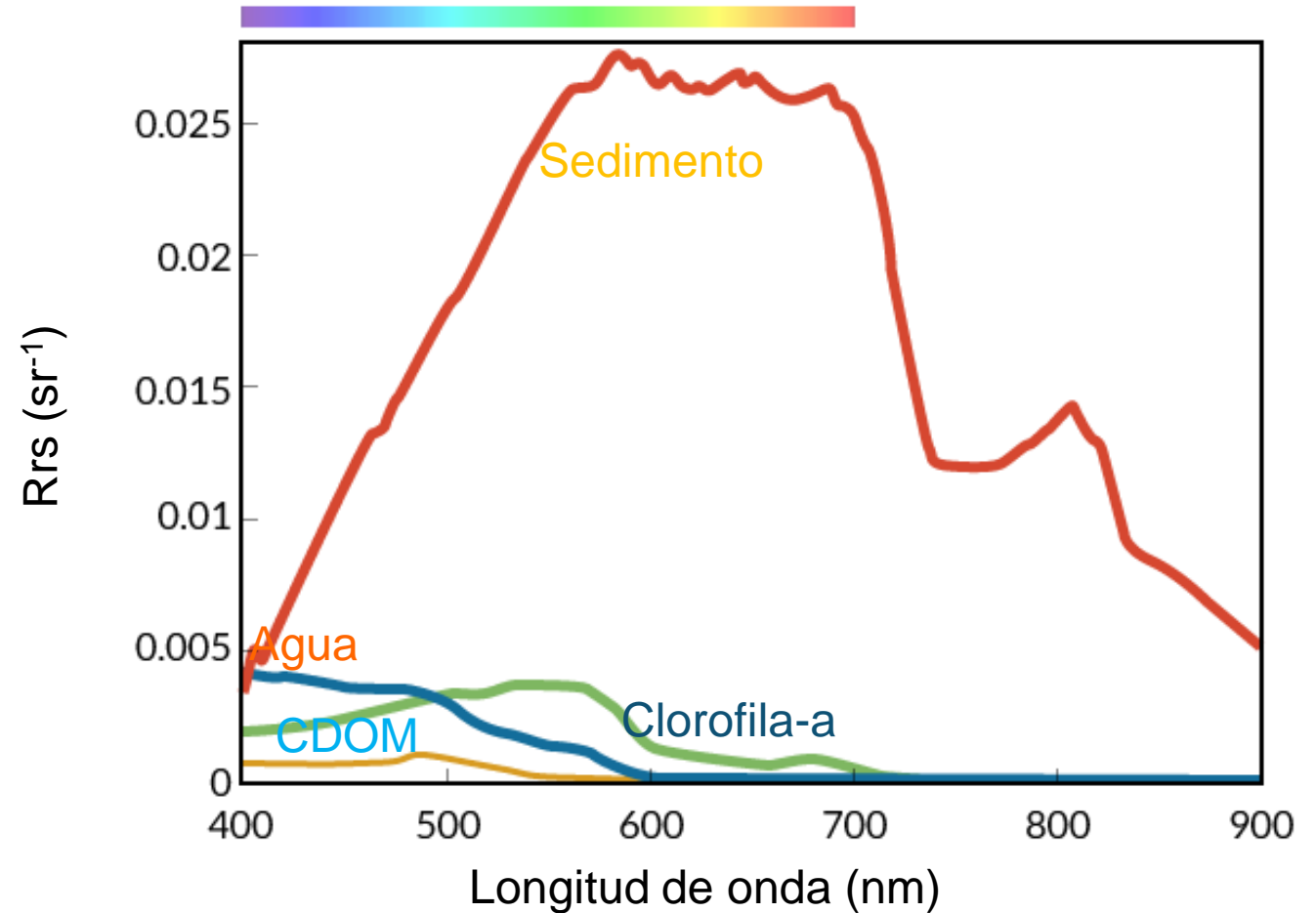


¿Qué nos dice el color del agua?



Colección de Datos *In Situ* para la Caracterización de Cuerpos de Agua en Zonas Costeras

- Muestras de agua
 - Clorofila a
 - TSS/TSM*
 - Materia Orgánica Disuelta Coloreada (CDOM)
- Datos espectrales
- Propiedades ópticas
 - Propiedades ópticas inherentes (IOP)
 - Propiedades ópticas aparentes (AOP)



*Siglas de Sólidos Suspendidos Totales y Materia Suspensa Total



Propiedades Ópticas del Agua

Propiedades Ópticas Inherentes (IOPs)

- Dependen únicamente del medio y son independientes del campo luminoso ambiental
- Son fáciles de definir pero pueden ser extremadamente difíciles de medir, especialmente en el campo
- Algunas IOPs comunes:
 - Absorción
 - Dispersión

Propiedades Ópticas Aparentes (AOPs)

- Dependen tanto del medio como de la estructura geométrica del campo luminoso ambiental
- Presentan suficientes atributos regulares como para servir de descriptores del cuerpo de agua
- Por lo general, son mucho más fáciles de medir pero son difíciles de interpretar debido a cómo las afecta el medio ambiente
- Algunas AOPs comunes:
 - Coeficiente de Atenuación Vertical (K_d)
 - Reflectancia

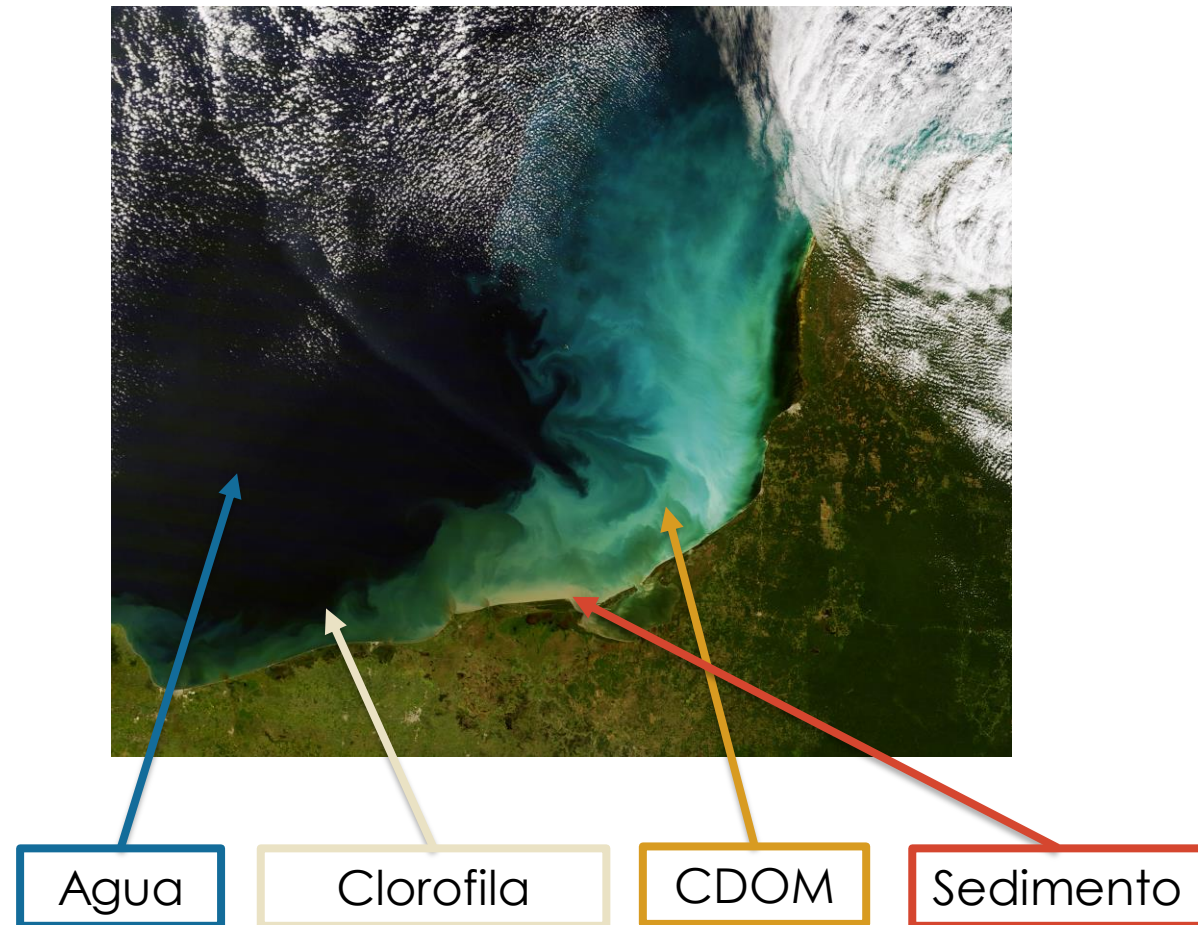


Propiedades Ópticas Inherentes (IOPs) y el 'Color' del Agua

Absorción de la luz (a) por parte de fitoplancton (a_{ph}), sedimento (a_s), agua (a_w) y CDOM

$$a = a_{ph} + a_s + a_{CDOM} + a_w$$

Dispersión de la luz (b) por partículas hacia el frente (b_f) y en sentido contrario (b_b) $b = b_f + b_b$



Coeficiente de Atenuación Vertical: Una AOP Muy Utilizada

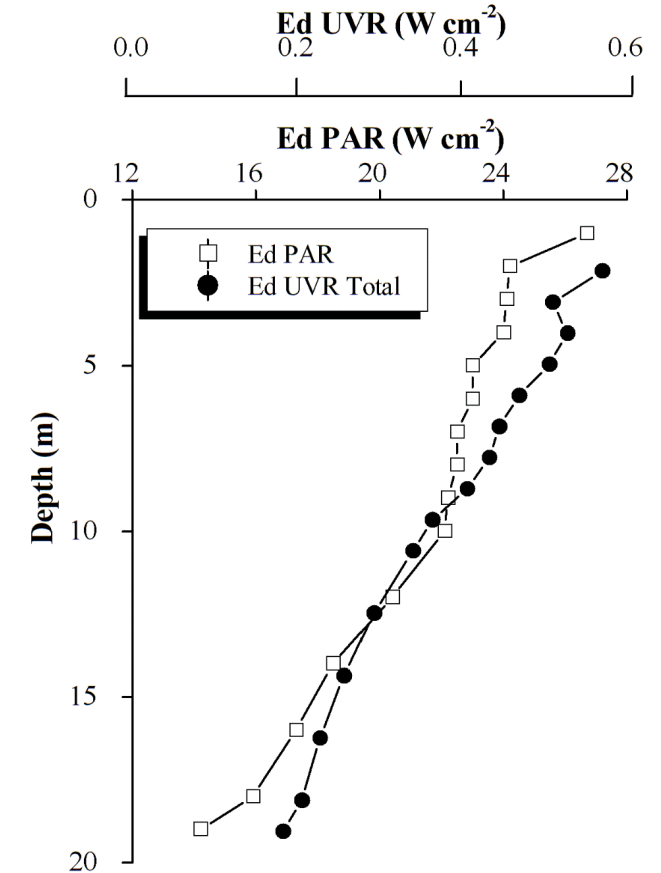
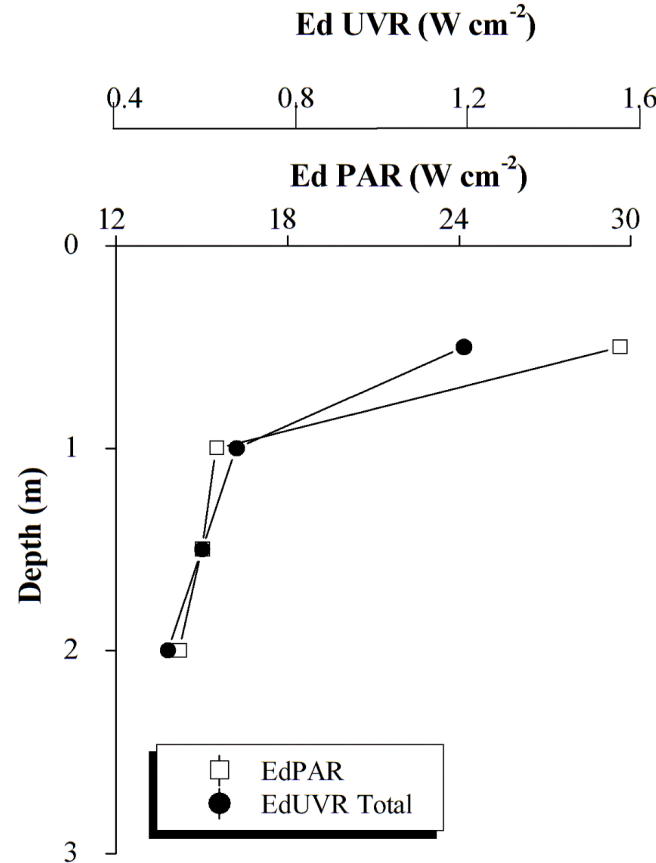
- K_d (PAR) es el mejor parámetro óptico para caracterizar cuerpos de agua en relación a la disponibilidad de PAR.

Unidades: m^{-1}

$$E_z = E_0 e^{-kz}$$

- K_d se calcula como la pendiente de la línea $E_d(z)$ o midiendo la irradiancia descendente a dos diferentes profundidades utilizando:

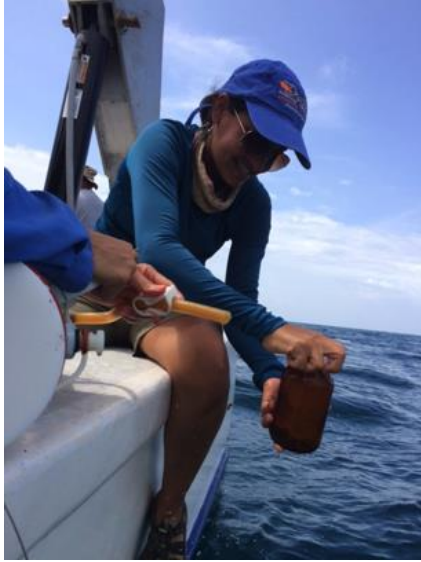
$$K_d = \frac{1}{z_2 - z_1} \ln \frac{E_d(z_1)}{E_d(z_2)}$$



Fuente: Torres-Pérez et al (2007) Photochem. Photobiol.



Instrumentos de Campo Típicos para la Caracterización de la Calidad del Agua



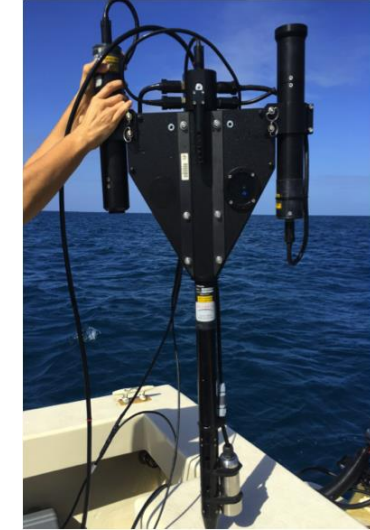
Se utilizan muestras de agua superficial para medir CDOM, Material Suspendido Total y Clorofila.



Paquete de sensor para medir perfiles que incluye un CTD, un fluorómetro, un ac-9 para absorción y atenuación y un sensor HydroScat-6 para retrodispersión



El espectrorradiómetro GER-1500 mide radiancia e irradiancia. Esto se usa para calibrar la reflectancia teledetectada (Rrs).



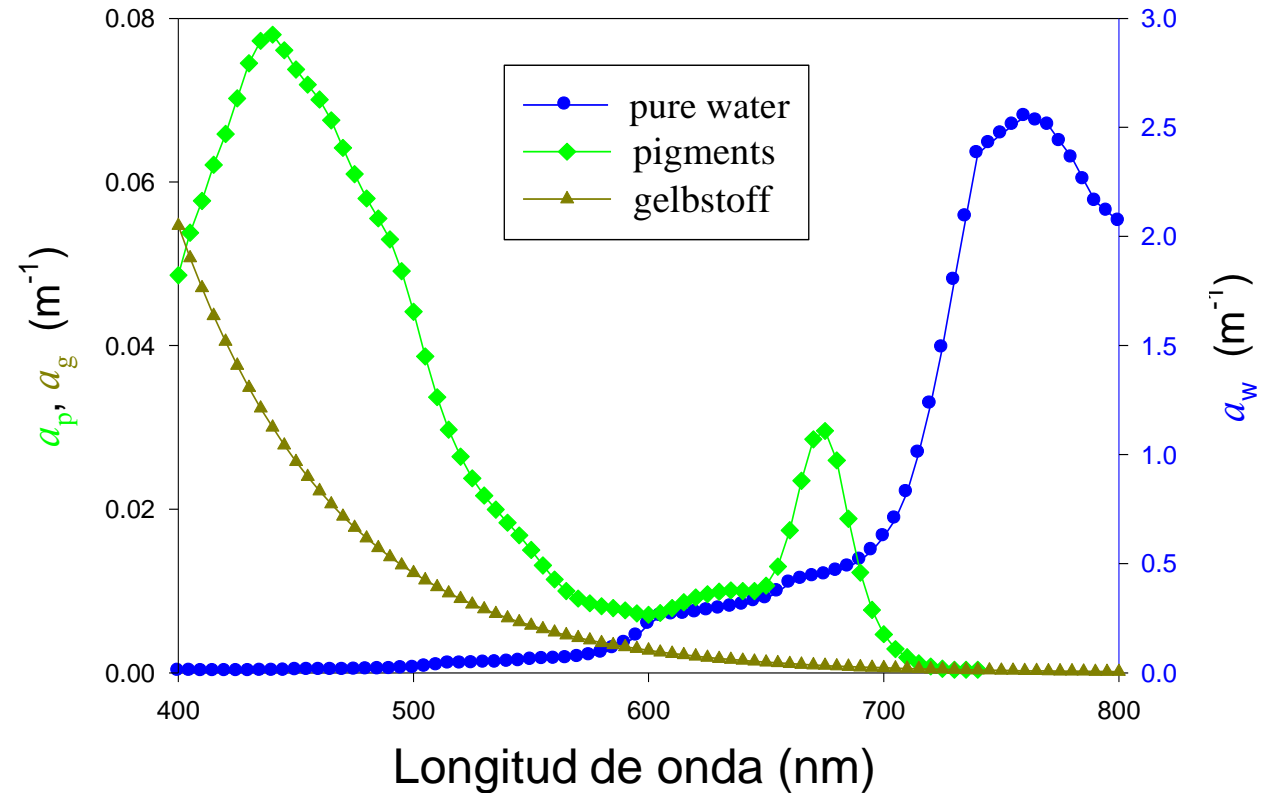
Espectrorradiómetro HyperPro Profiling- se utiliza para derivar el coeficiente de atenuación vertical (K_d)



Absorción por Parte del Agua, CDOM y Fitoplancton

- El agua absorbe fuertemente en el rojo e infrarrojo cercano.
- El CDOM absorbe fuertemente en la región azul.
- El fitoplancton (Chl a) absorbe fuertemente en las regiones azul y roja del espectro.

espectros de absorción



Fuente: Univ. PR Bio-optical Oceanography Lab



Sólidos Suspendidos Totales

- Normalmente tienen una fuerte reflectancia en la región amarilla-roja y la infrarroja cercana
- Son afectados por el tipo/composición de sedimentos

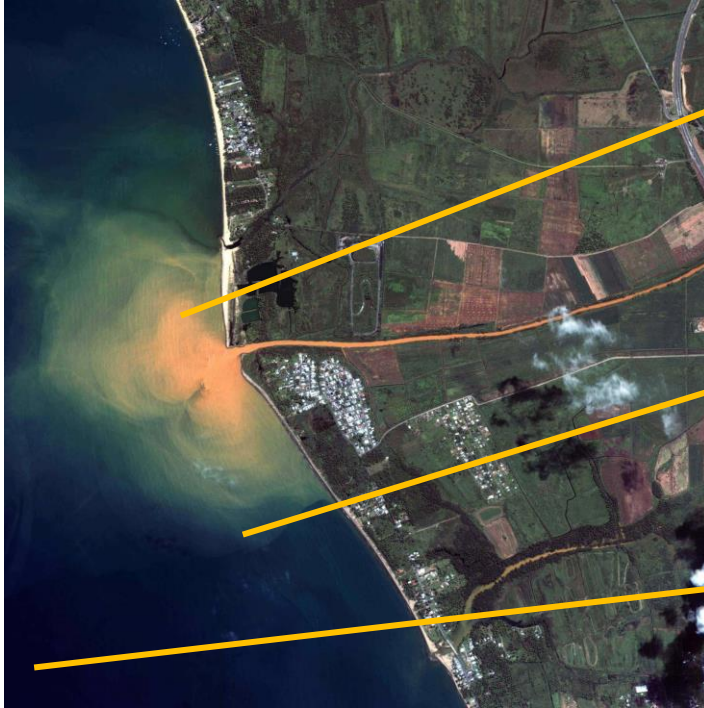
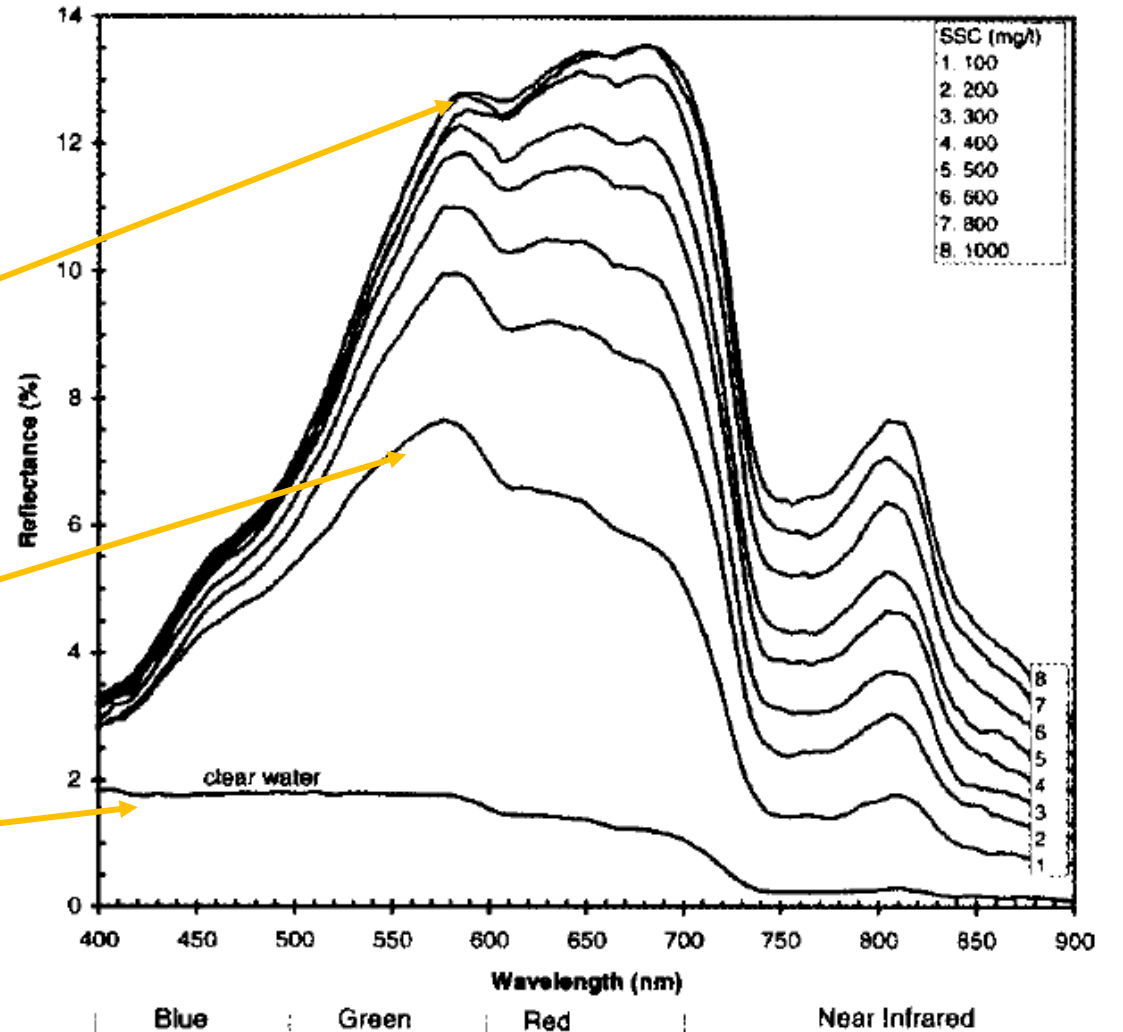


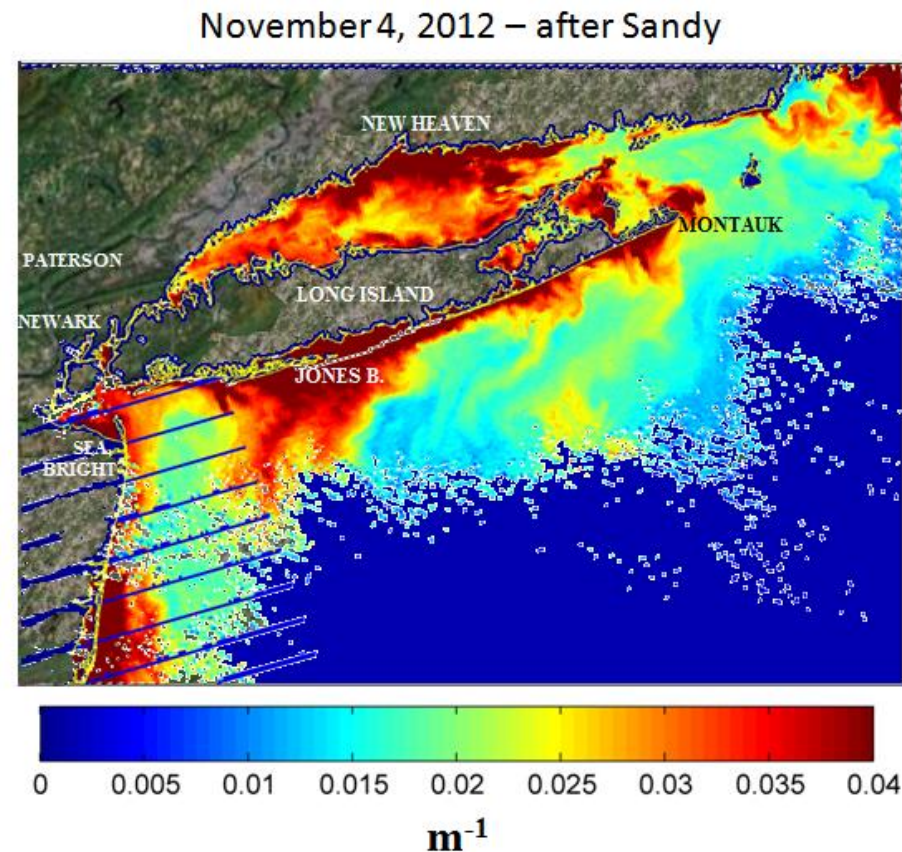
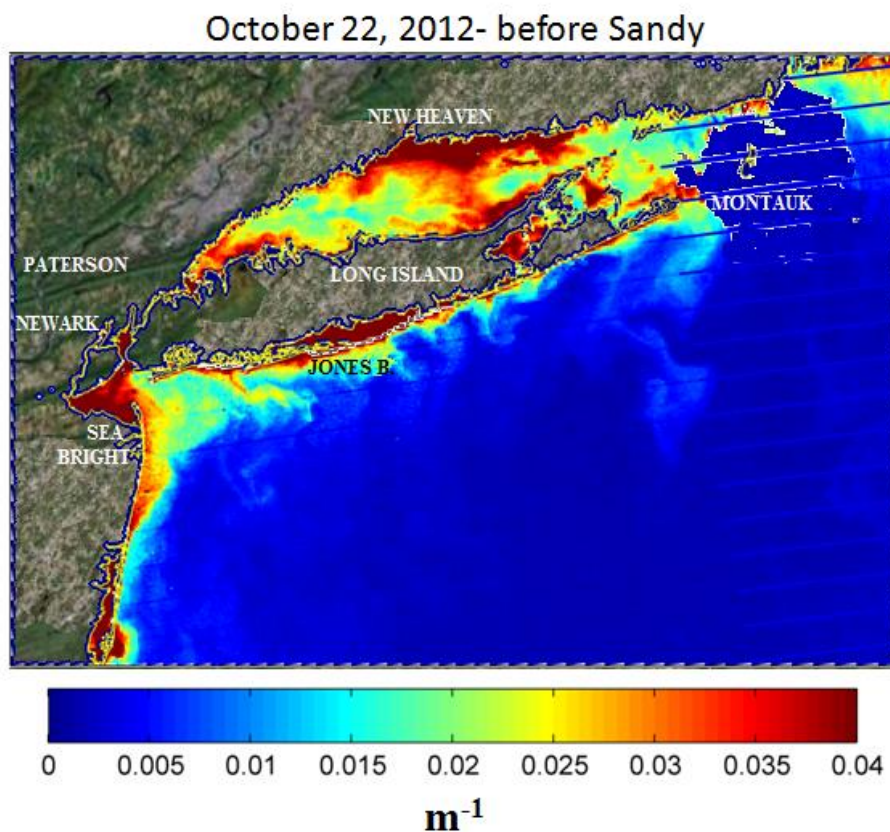
Imagen IKONOS de floración en el río Añasco (Costa Oeste de PR). Fuente: Lab. de Oceanografía Bio-óptica de la Univ. de Puerto Rico



De: Lodhi et al. 1998

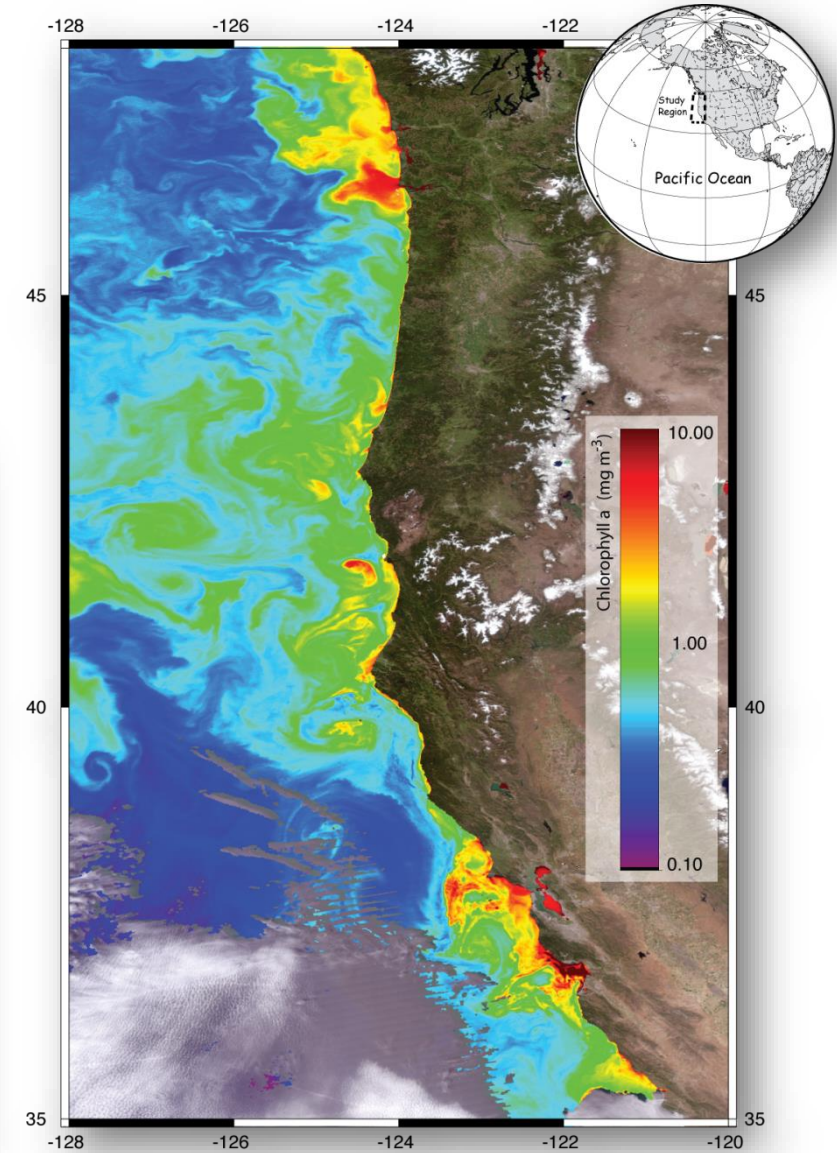
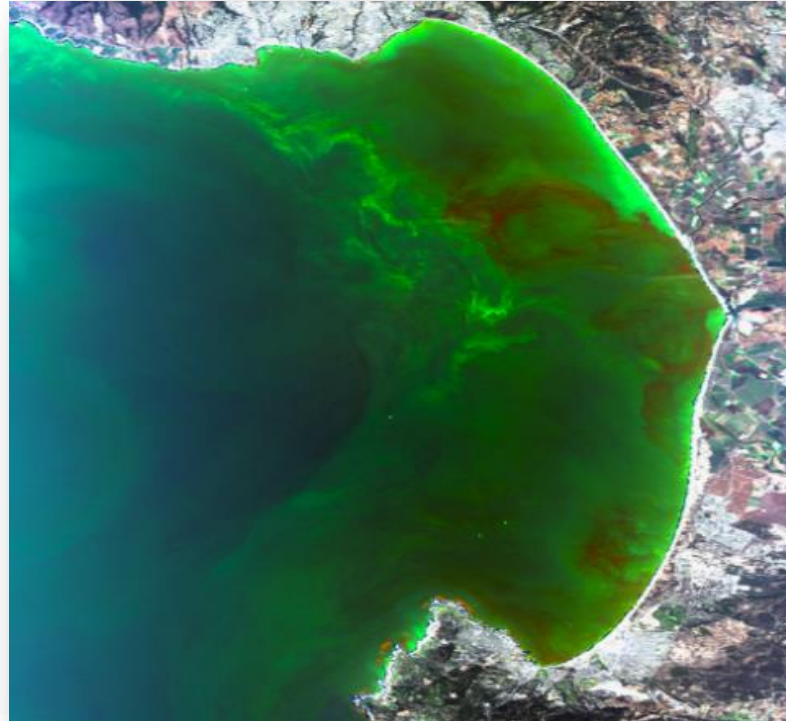


Datos Satelitales de VIIRS Detectaron un Aumento de Retrodispersión por Partículas Suspendidas Después del Huracán Sandy



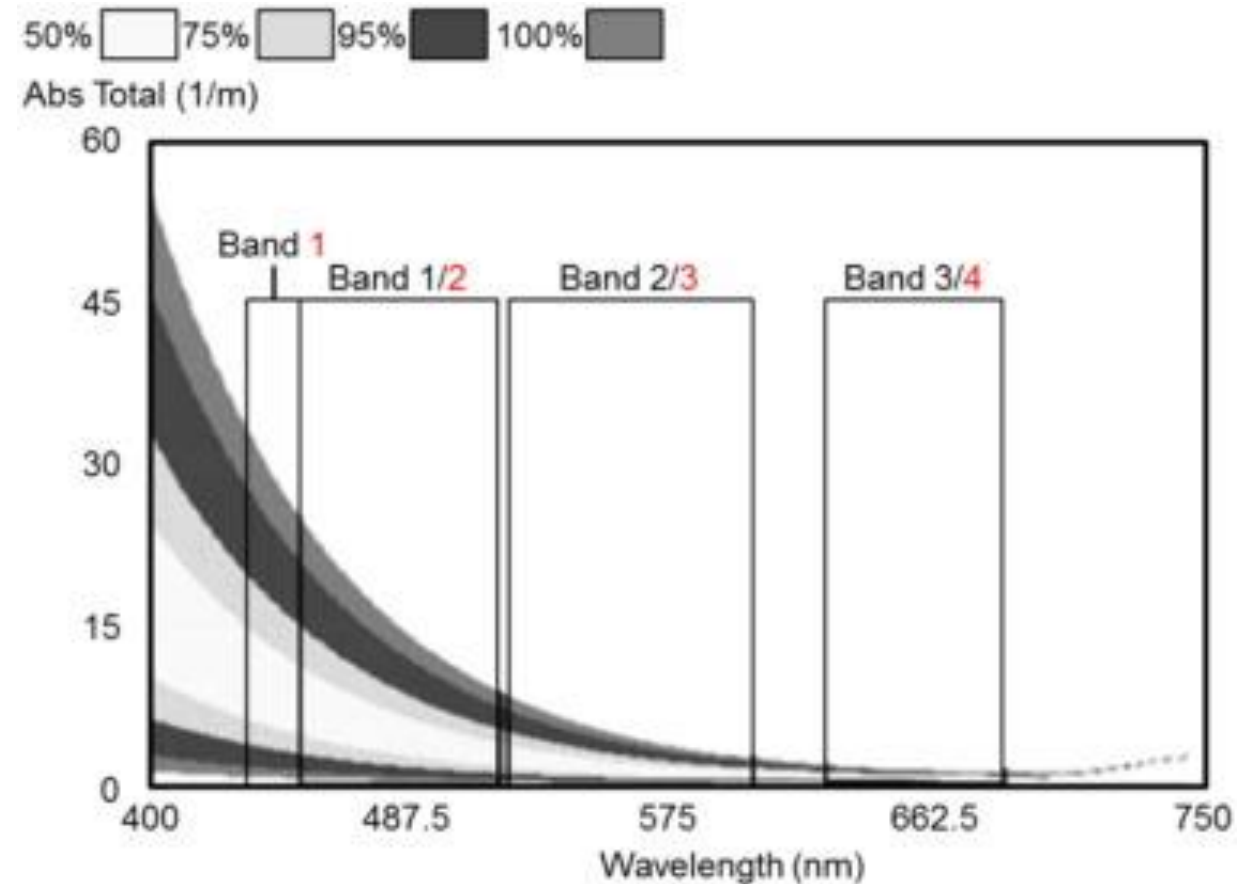
Clorofila-a

- Es un indicador de biomasa de fitoplancton y floraciones
- Indicador indirecto de nutrientes



Detección de CDOM

- La Materia Orgánica Disuelta Coloreada (Colored Dissolved Organic Matter o CDOM) es la parte ópticamente activa de la materia orgánica disuelta (DOM).
 - CDOM – También conocida como sustancia amarilla, materia orgánica disuelta cromófora y gelbstoff
 - Ocurre naturalmente pero puede aumentar debido a la escorrentía o como resultado de eventos meteorológicos extremos (huracanes)
 - Reduce la disponibilidad de luz, particularmente en la región azul
 - Se utilizan combinaciones de bandas alrededor de ~440 nm y >600 nm para cuantificar la CDOM
 - La nueva banda “Coastal” en L8 (Banda 1) ha demostrado ser muy útil para la detección de CDOM.



Fuente: Slonecker et al 2016



Monitoreo Directo e Indirecto de Ecosistemas Costeros en Aguas Poco Profundas

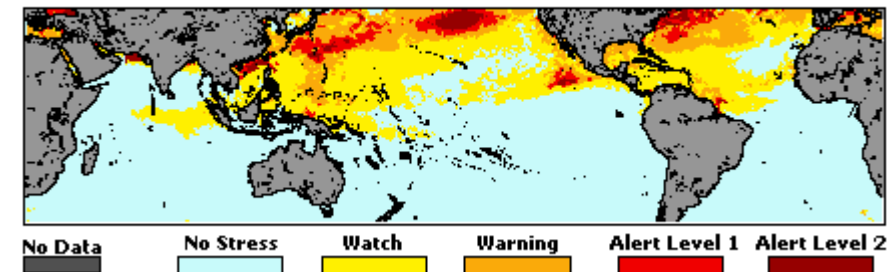
- **Directo** – El mismo arrecife es el blanco de la teledetección.
 - Para tratar propiedades bénticas, características geomorfológicas, complejidad de hábitat etc.
- **Indirecto** – Se centra en el medio ambiente oceánico y atmosférico alrededor del arrecife.
 - SST y eventos de blanqueamiento
 - Salinidad baja y turbiedad alta por eventos pluviales episódicos
 - Propiedades ópticas del agua (AOP e IOP)
 - CDOM, Cl-a, turbiedad, etc.
 - Atmósfera – Insolación solar, incidencia y penetración de radiación UV en la columna de agua, aerosoles etc.

NASA's Applied Remote Sensing Training Program



Fuente: Lab. de Oceanografía Bio-óptica de la U. de Puerto Rico

NOAA CRW Daily 5km Bleaching Alert Area 7d Max (Version 3.1) 16 Aug 2020



Fuente: NOAA Coral Reef Watch Program



Evaluación de la Biodiversidad en los Arrecifes de Coral Utilizando Teledetección

- “Biodiversidad” se refiere a la abundancia, variedad y constitución genética de las comunidades vivas naturales.
- También se define como la suma de toda la variación biótica desde el nivel genético hasta ecosistémico.
- Trata los patrones espaciales y temporales en la diversidad y riqueza biológica.
- El blanqueamiento puede causar una pérdida de biodiversidad en el área local.
- En cuanto a la teledetección, necesitamos definir los indicadores ambientales relevantes que reflejaran indirectamente los patrones de riqueza de especies y ayudarán a explicar los procesos que dan forma a estos patrones.
- Ejemplo: El uso de K_d (PAR) para estimar el porcentaje de cobertura de corales vivos, diversidad y riqueza de especies.



Imagen: Los Roques, Venezuela. Fuente: Lab. de Oceanografía Bio-óptica de la U. de Puerto Rico



Monitoreo Directo de Ecosistemas Bénticos

- Tradicionalmente, en la clasificación basada en píxeles, se utilizan las diferencias entre firmas espectrales para discriminar entre características bénticas.
 - Requiere la disponibilidad de un registro espectral amplio de componentes bénticos.
 - Está limitado por las resoluciones espectrales y espaciales de los sensores
- Otros métodos, como el análisis de imágenes basado en objetos (Object-Based Image Analysis u OBIA) incorporan características normalmente no asociados con técnicas de teledetección tradicionales (textura, forma).
 - Permiten definir clases geomorfológicas específicas.

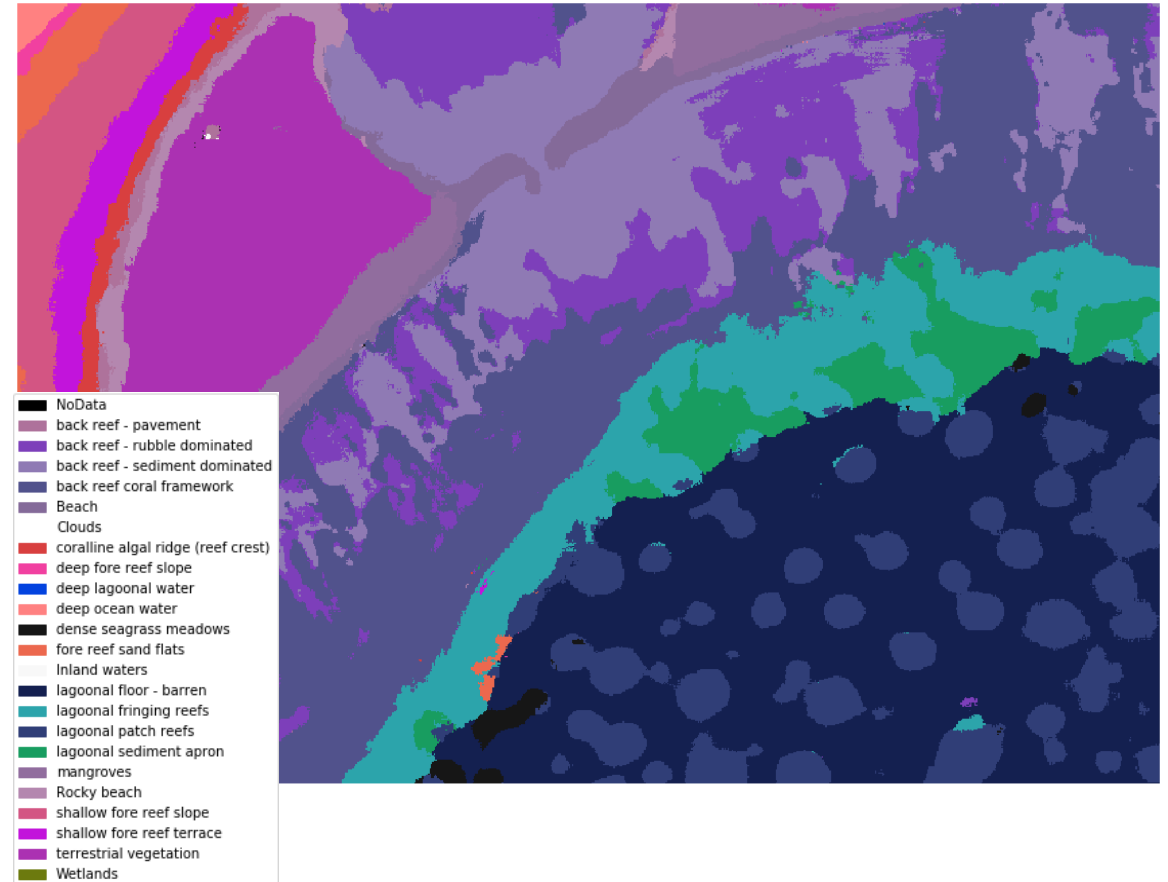


Fuente: Khaled Bin Sultan Living Oceans Foundation y
NASA ARC Laboratory for Advanced Sensing



Monitoreo Directo de Ecosistemas Bénticos

- Tradicionalmente, en la clasificación basada en píxeles, se utilizan las diferencias entre firmas espectrales para discriminar entre características bénticas.
 - Requiere la disponibilidad de un registro espectral amplio de componentes bénticos.
 - Está limitado por las resoluciones espectrales y espaciales de los sensores
- Otros métodos, como el análisis de imágenes basado en objetos (Object-Based Image Analysis u OBIA) incorporan características normalmente no asociados con técnicas de teledetección tradicionales (textura, forma).
 - Permiten definir clases geomorfológicas específicas.

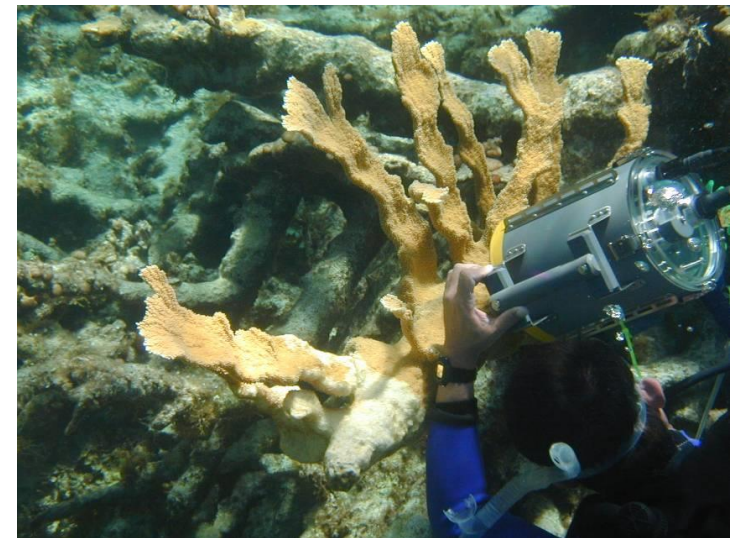


Fuente: Khaled Bin Sultan Living Oceans Foundation y NASA ARC Laboratory for Advanced Sensing



Caracterización Espectral In situ de Componentes Bénticos

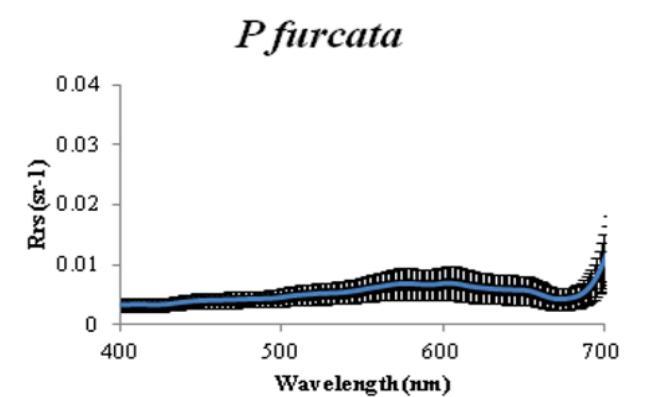
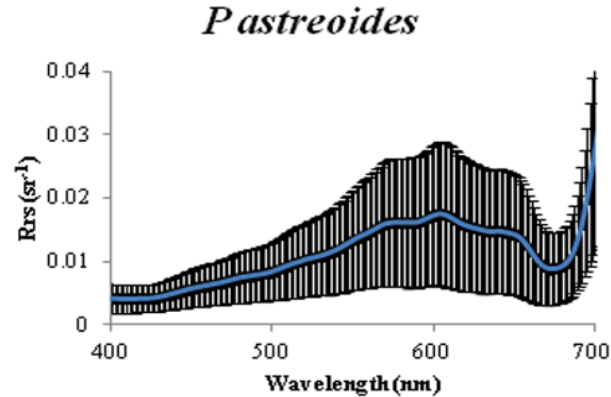
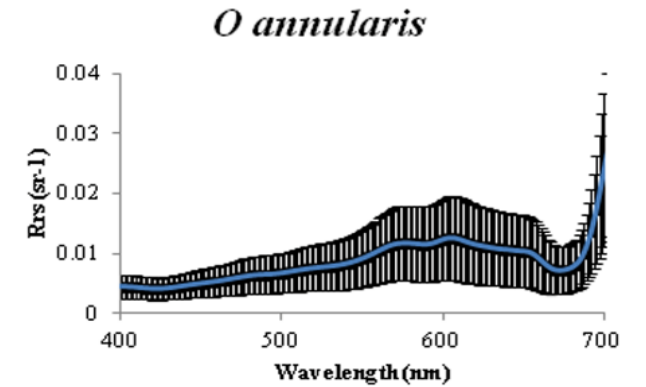
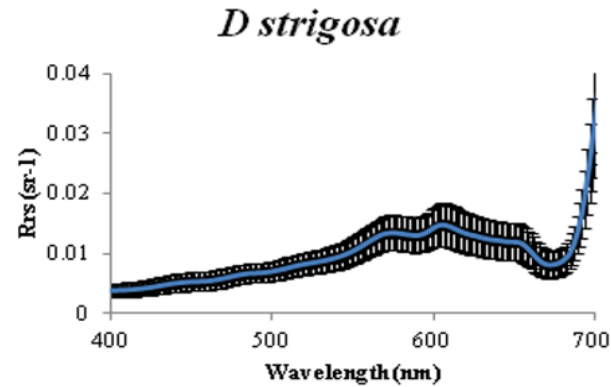
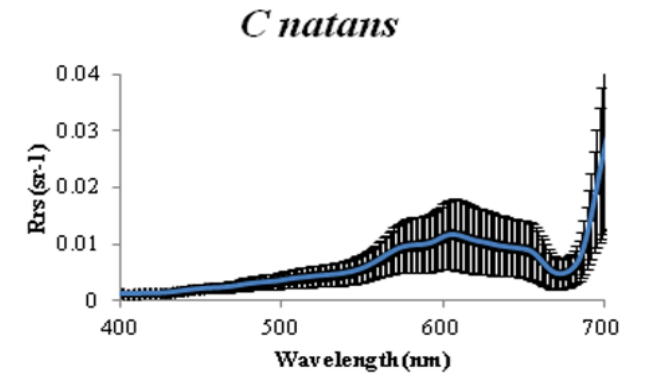
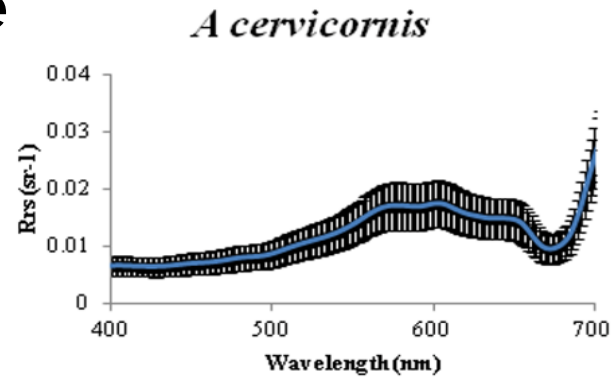
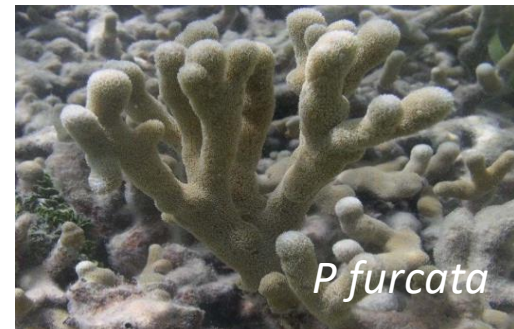
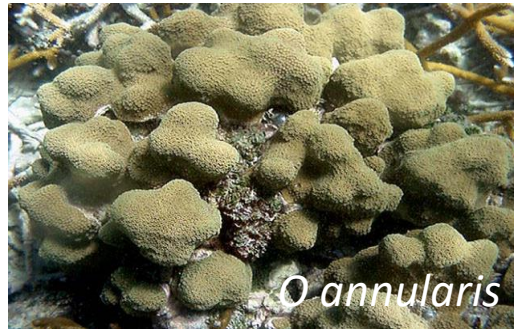
- Existe la necesidad de una mejor discriminación espectral de los componentes bénticos de los arrecifes
- Ayuda en la calibración/validación de imágenes satelitales o aéreas
- Es una herramienta no invasiva para evaluar la salud de organismos bénticos (corales, kelpos)
- Se puede utilizar en estudios fisiológicos para el seguimiento del desarrollo de algún evento potencialmente devastador como el blanqueamiento o brotes de enfermedades



Torres-Pérez et al. 2015. PLoSONE



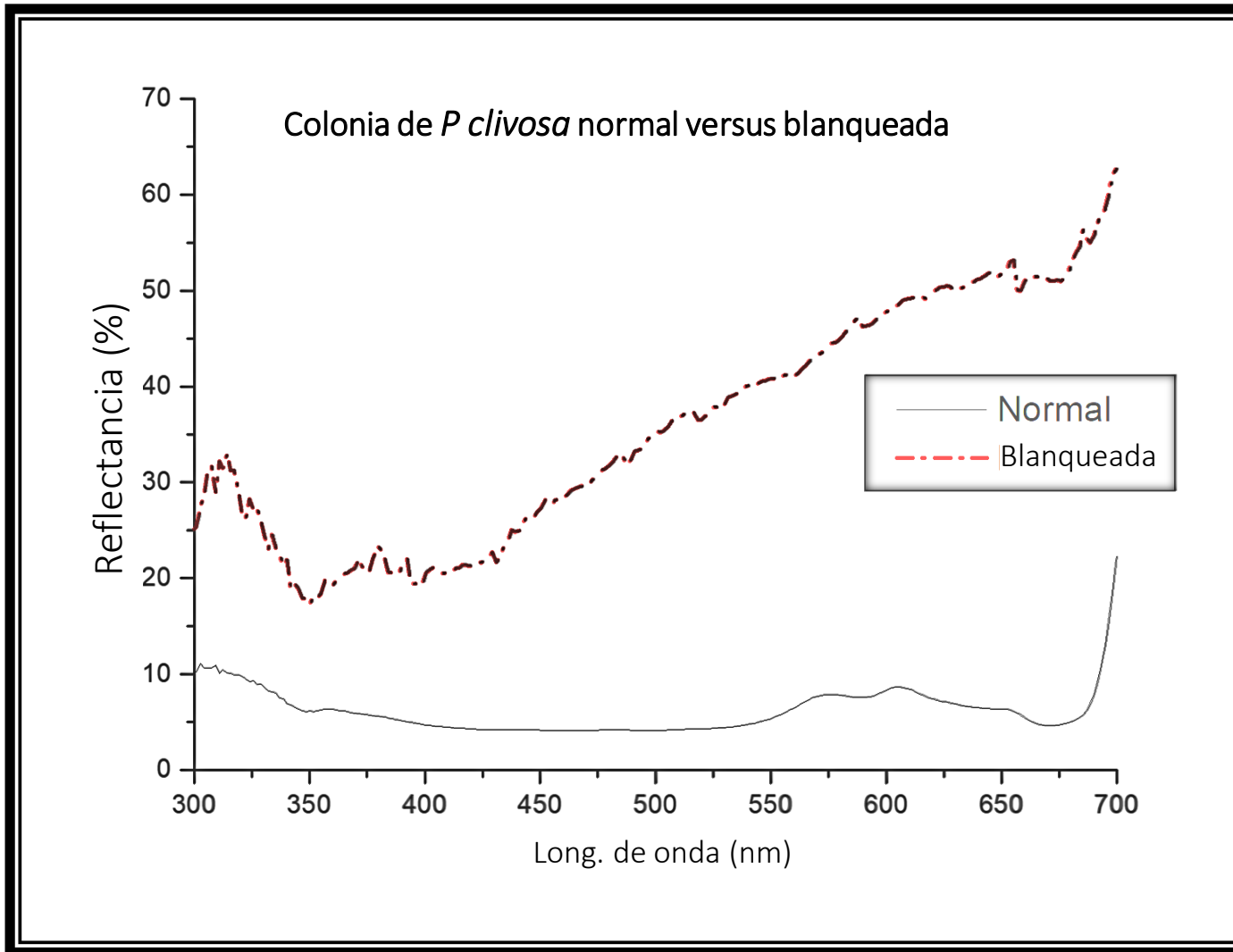
Caracterización Espectral In situ de Componentes Bénticos



Torres-Pérez et al. 2015. PLoS ONE



Caracterización Espectral del Estrés



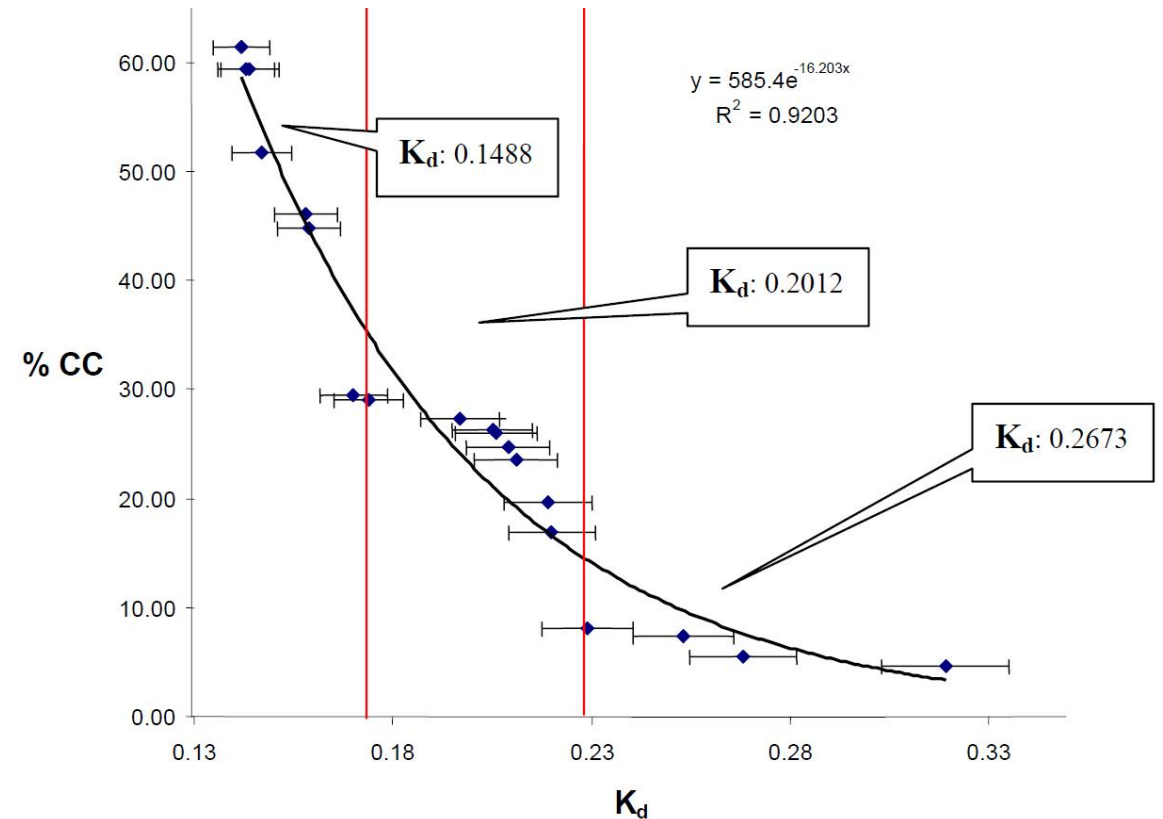
Sup.: Colonia de coral cerebro sana. Inf.: Colonia de coral cerebro blanqueada.
Fuente: Torres-Pérez



Monitoreo Indirecto de Ecosistemas Bénticos

- K_d sirve para estimar indicadores ecológicos (porcentaje de cobertura de grupos/especies dominantes, diversidad y riqueza de especies).
 - Para arrecifes de coral, la atenuación de la luz (debido a concentraciones elevadas de sedimento) está en proporción inversa a la cobertura de corales duros y en proporción directa al porcentaje de cobertura de macroalgas.
- De modo similar, los aumentos en la SST* están correlacionados con la incidencia de eventos de blanqueamiento de coral extremo.
- La radiación UV está directamente correlacionada con una reducción en el crecimiento y la reproducción del coral.

*Siglas de Temperatura Superficial Marina en inglés

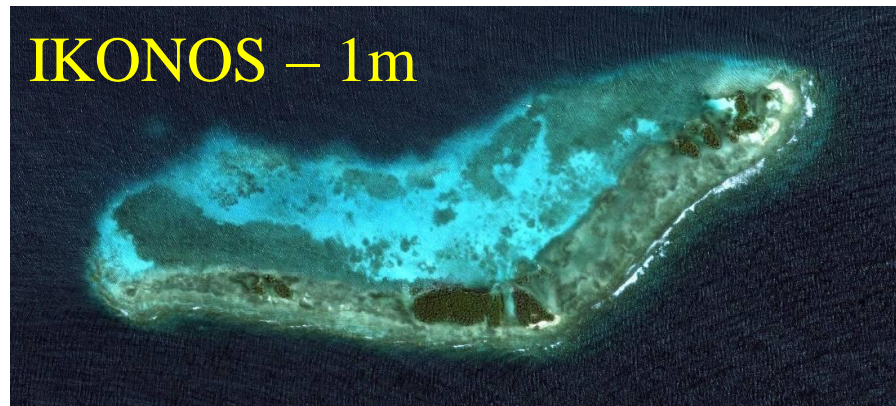
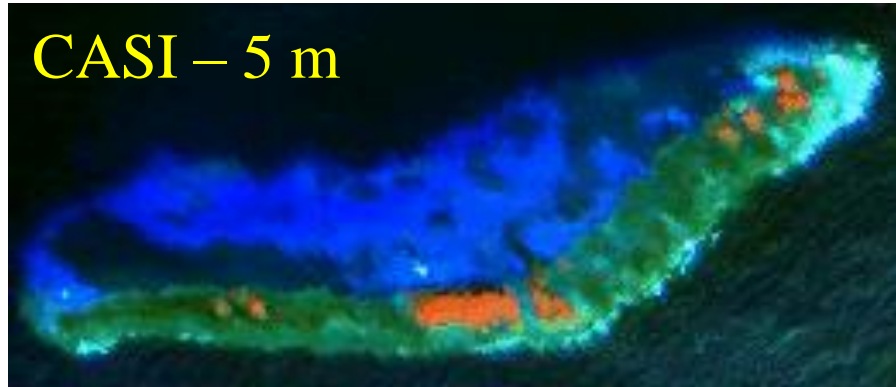


Fuente: Univ. PR Bio-optical Oceanography Lab



Limitaciones de las Imágenes Satelitales para Ecosistemas Costeros Complejos

- Resolución gruesa para ecosistemas altamente heterogéneas, ¡a veces hasta decenas de metros!
- Normalmente, se necesita una resolución a nivel de metro o sub-metro para una representación exacta con siquiera unas cuantas clases (p. ej. coral, yerbas marinas, arena, manglares).



Limitaciones de las Imágenes Satelitales para Ecosistemas Costeros Complejos

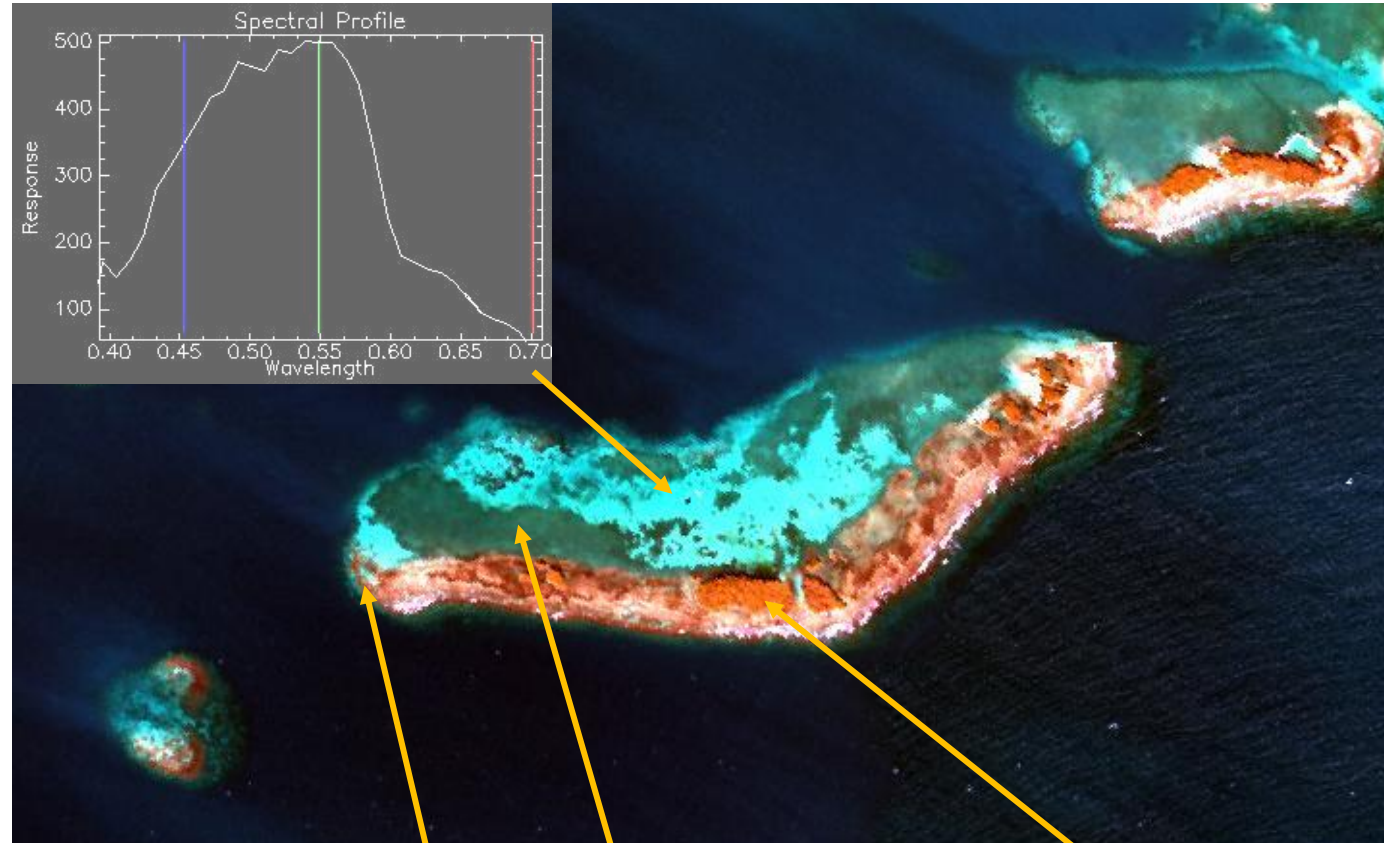
- Están limitadas a las primeras decenas de metros de profundidad.
- Aun en aguas muy claras, la atenuación de la luz afecta la recuperación de información béntica.
- Las comunidades más profundas pueden ser extensas y estar fuera del alcance de las imágenes de teledetección satelital.
- La caracterización de estas comunidades profundas es importante porque pueden ser refugios y reservorios de biodiversidad.
 - Normalmente, son accesibles por otros medios:
 - Sonar de escaneo lateral o multi-haz
 - Vehículos submarinos autónomos



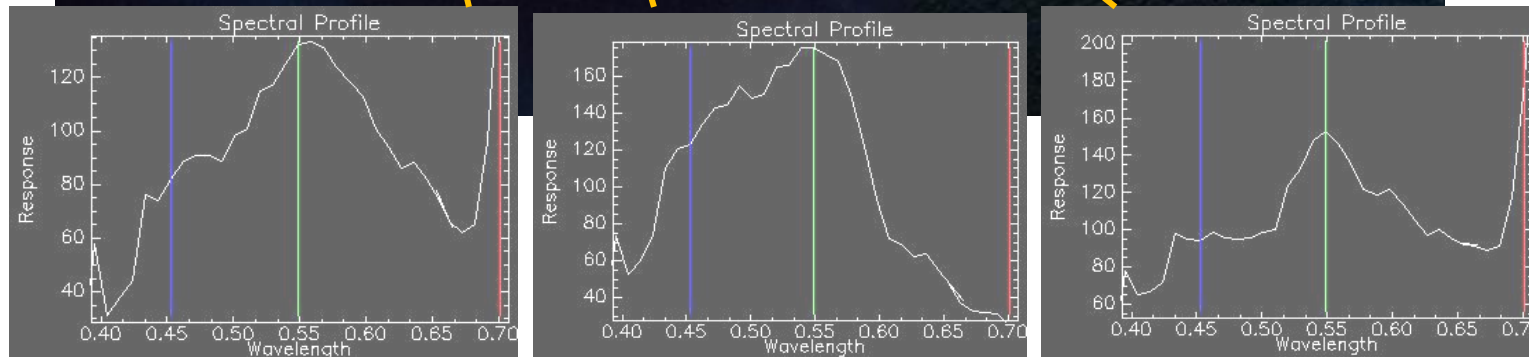
Imagen IKONOS del Sudoeste de Puerto Rico. Fuente: Lab. de Oceanografía Bio-óptica de la U. de Puerto Rico



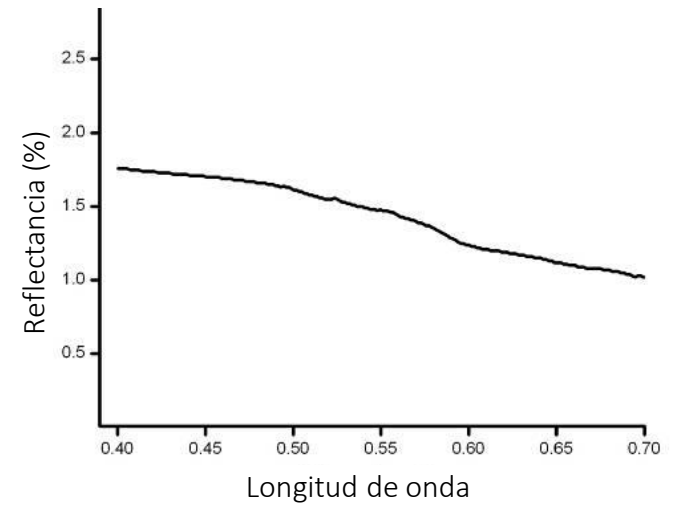
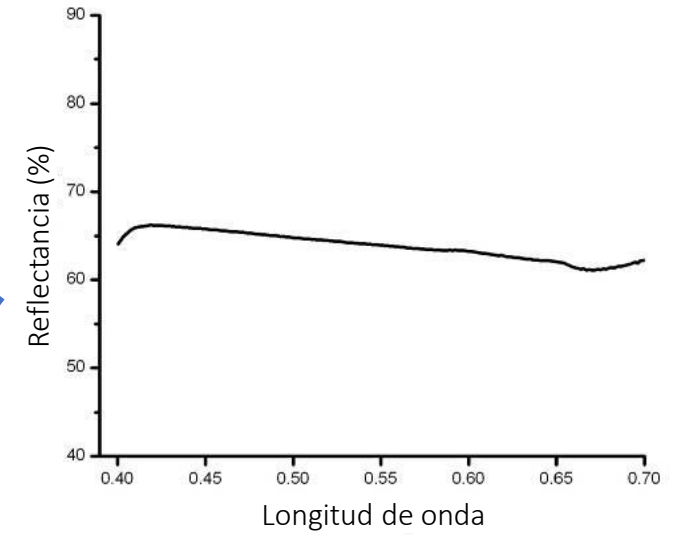
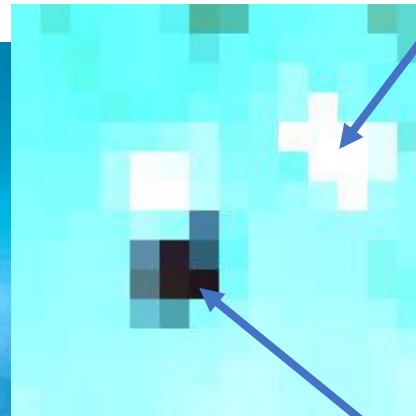
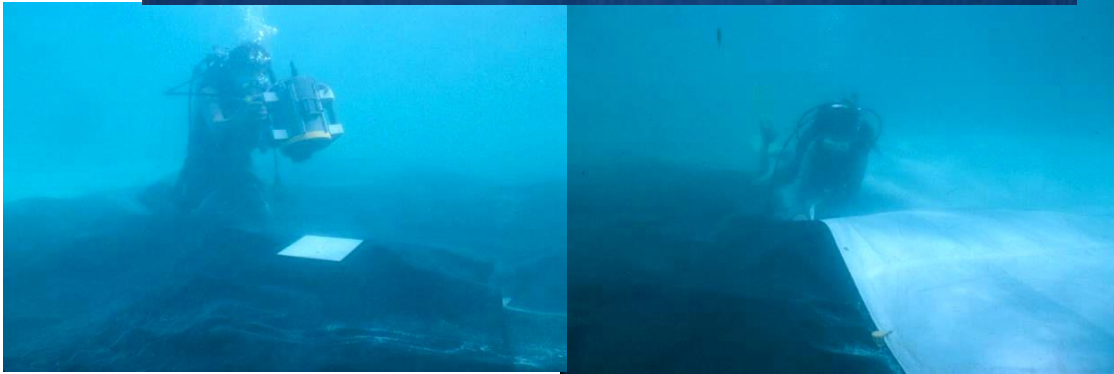
Imagen AVIRIS (Hiperespectral) con Corrección Atmosférica



Fuente: Lab. de Oceanografía
Bio-óptica de la U. de Puerto Rico

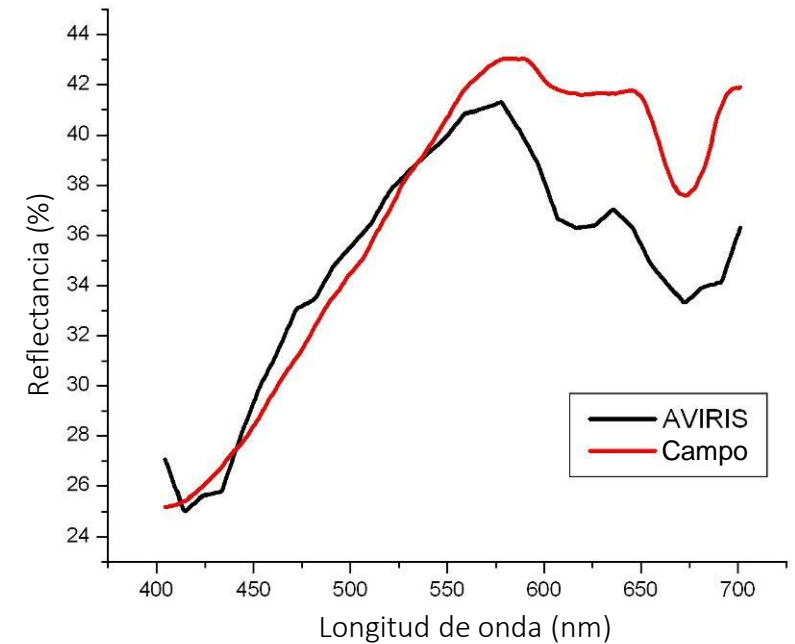


Objetivos Submarinos para Calibración en un Campo Plano Para la Corrección de la Columna de Agua



Validación de la Corrección de la Columna de Agua

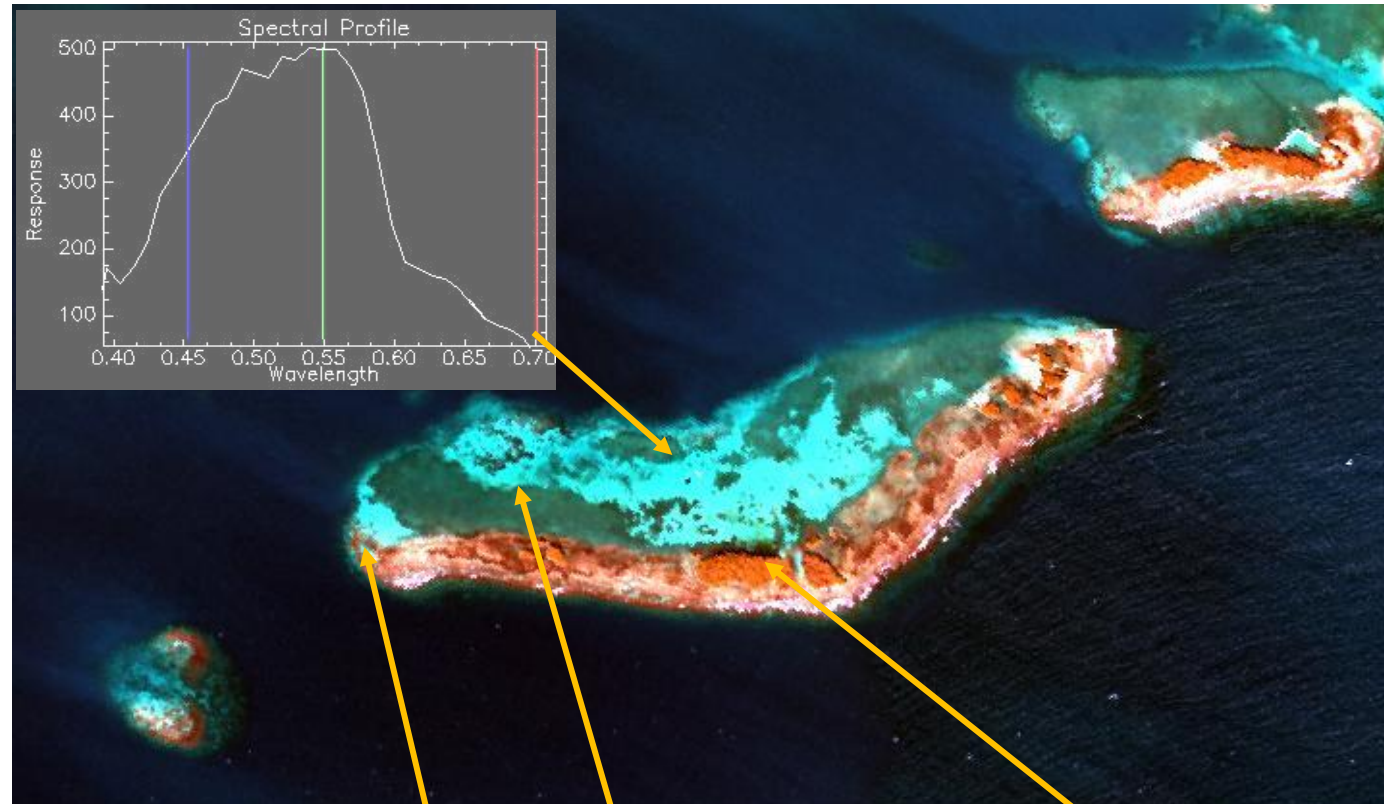
- AVIRIS (Hiperespectral) concuerda con valores de datos de campo dentro del 10% de 400 a 600 nm y hasta el 18% entre 600 y 700 nm.
- Las características espectrales se conservan, corresponden principalmente a la absorción de pigmentos por capas de microbios.



Fuente: Lab. de Oceanografía
Bio-óptica de la U. de Puerto Rico



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



Fuente: Lab. de Oceanografía Bio-óptica de la U. de Puerto Rico

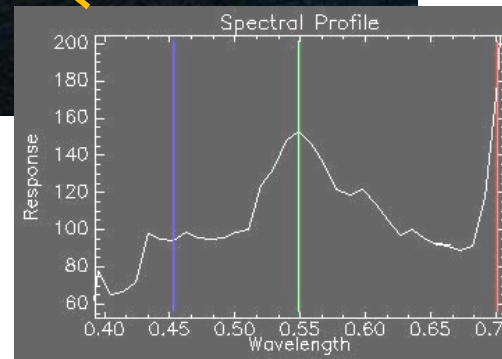
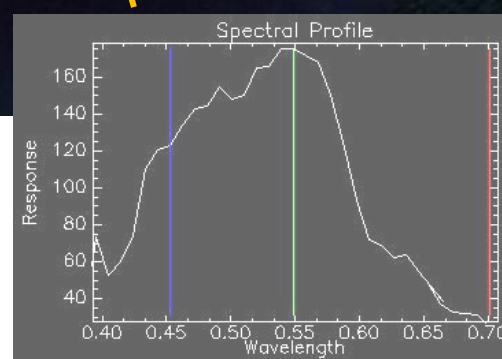
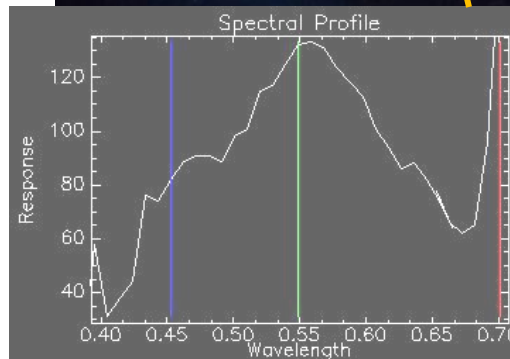
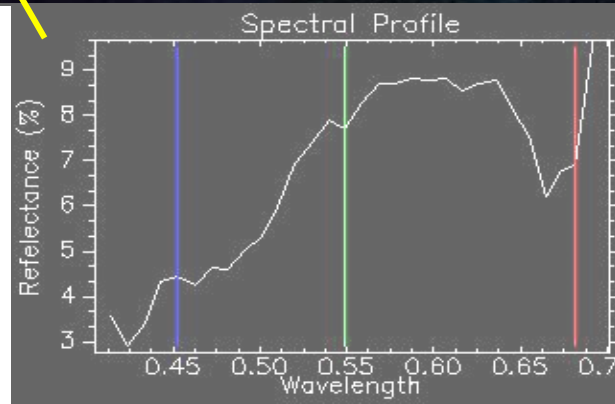
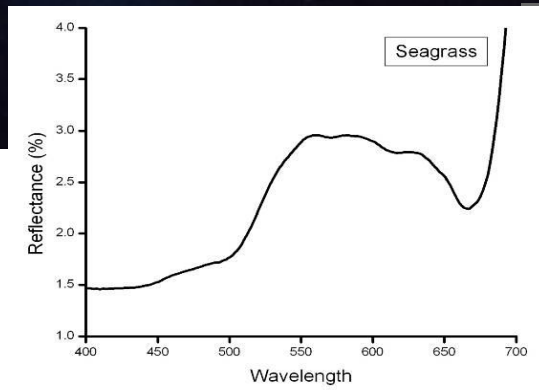
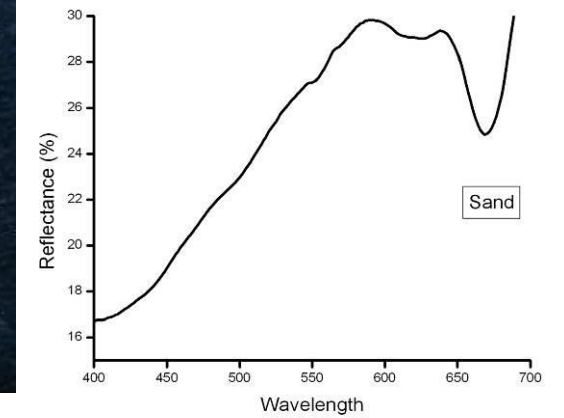
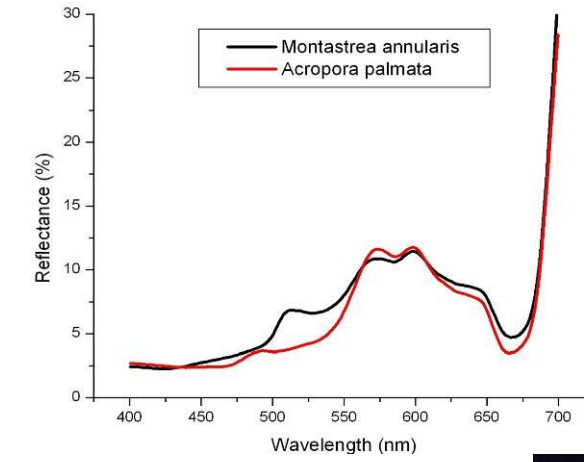
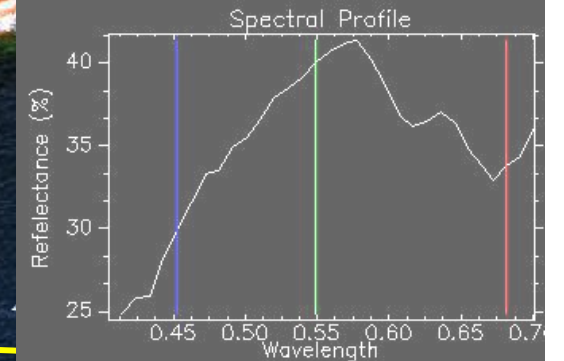
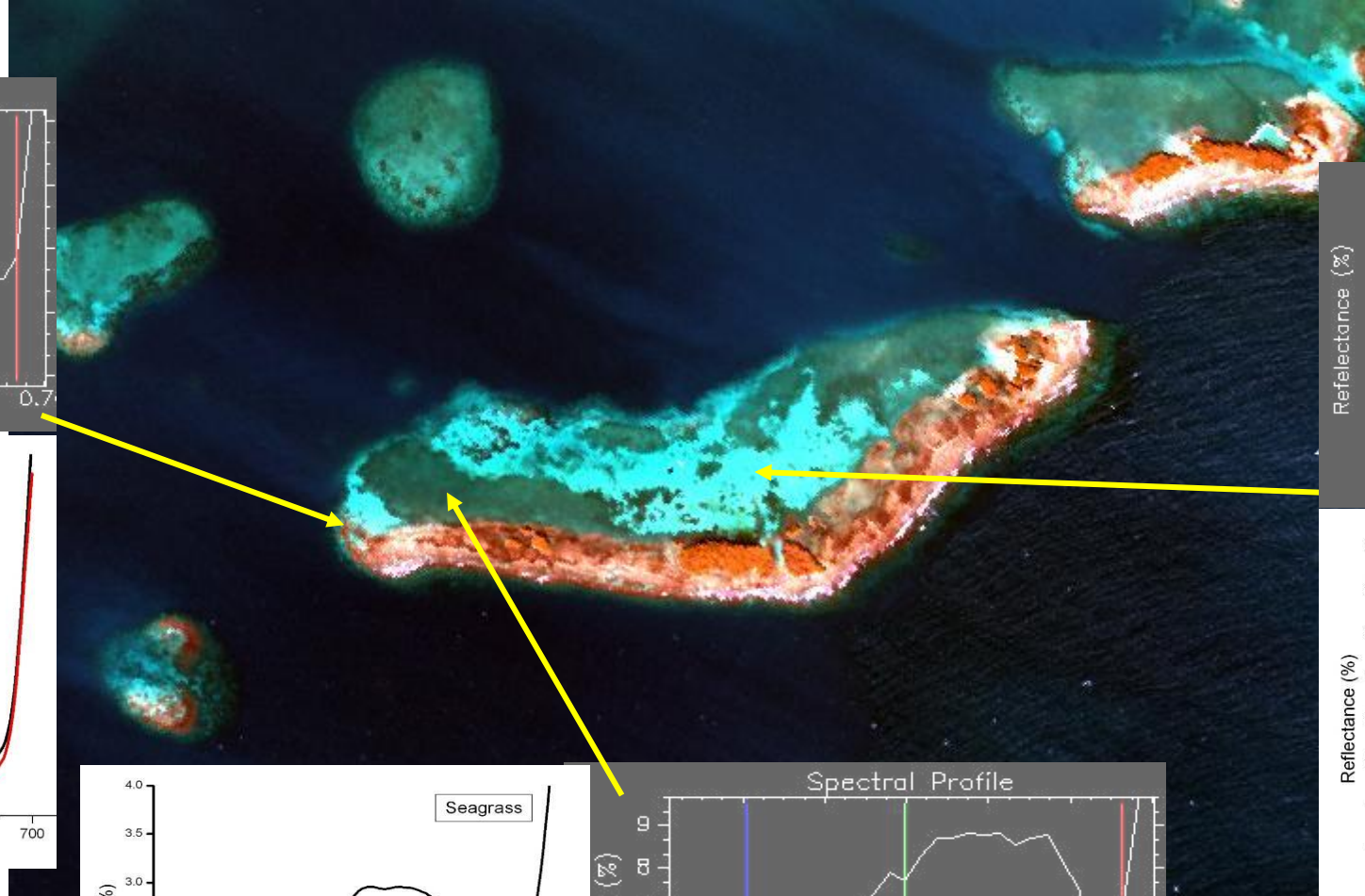
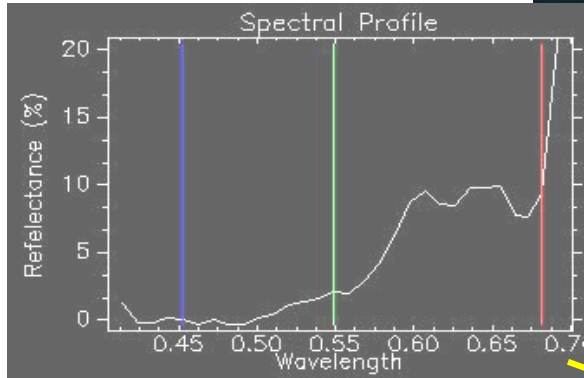


Imagen AVIRIS (Hiperespectral) con Corrección Atmosférica (Después de la Corrección de la Columna de Agua)



Fuente Lab. de Oceanografía
Bio-óptica de la U. de Puerto Rico



Para Resumir

- La presencia de constituyentes de origen terrestre, suspendidos, o disueltos en aguas costeras dificulta el uso de datos de teledetección para el estudio de ecosistemas en aguas de poca a mediana profundidad.
- El color del agua brinda mucha información sobre la composición de materiales disueltos y suspendidos en la columna de agua.
- La mayor parte del tiempo, se necesitan datos de campo para validar los datos espectrales de los sensores.
- Aun en aguas costeras “claras” como aquellas que normalmente se encuentran en el trópico, la atenuación de la luz ocurre rápido en la columna de agua y obtener información para una clasificación béntica es un desafío.





La Próxima Sesión (8 de septiembre):
Teledetección de la Línea de la Costa

Contactos

- Contactos de ARSET para el tema de hoy
 - Amber McCullum: AmberJean.Mccullum@nasa.gov
 - Juan Torres-Perez: juan.l.torresperez@nasa.gov
- Preguntas generales sobre ARSET
 - Ana Prados: aprados@umbc.edu
- Página web de ARSET:
 - <http://appliedsciences.nasa.gov/arset>



Preguntas

- Por favor teclee sus preguntas en la caja para preguntas.
- Publicaremos las preguntas y las respuestas en la página web de la capacitación después de la conclusión del curso.





¡Gracias!

