



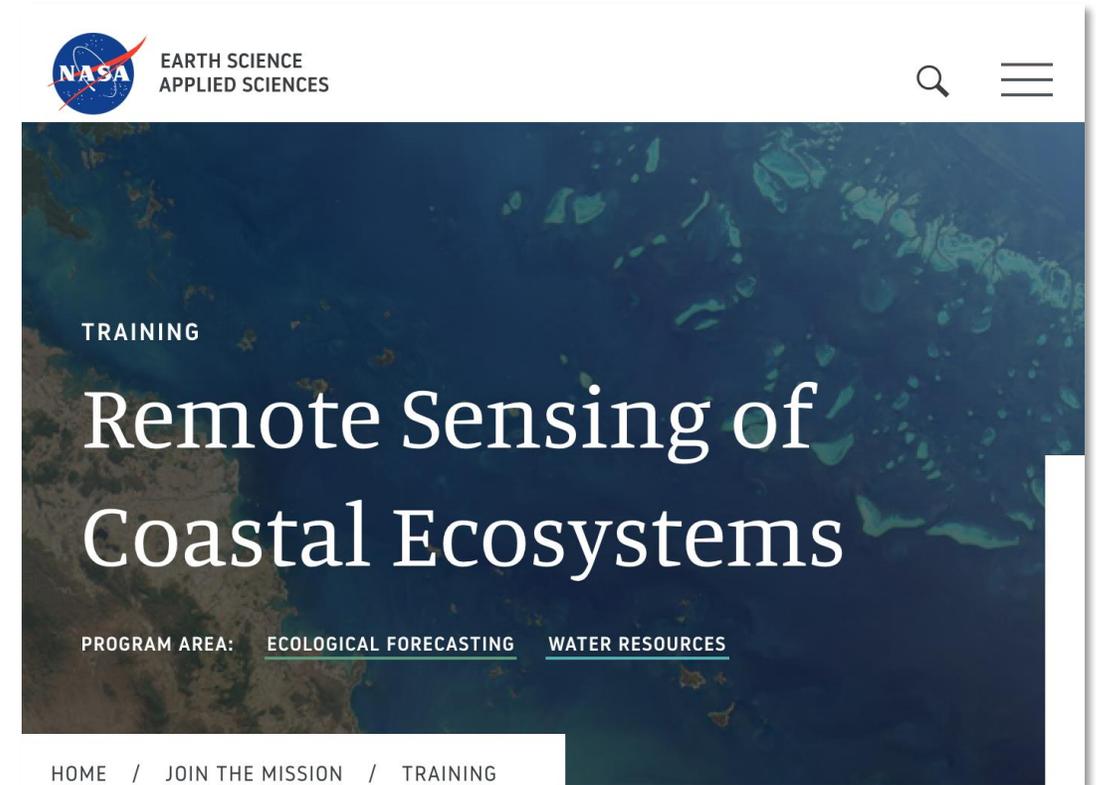
# Teledetección de Ecosistemas Costeros

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<sup>ro</sup> 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](mailto:juan.l.torresperez@nasa.gov) o
  - [amberjean.mccullum@nasa.gov](mailto:amberjean.mccullum@nasa.gov)



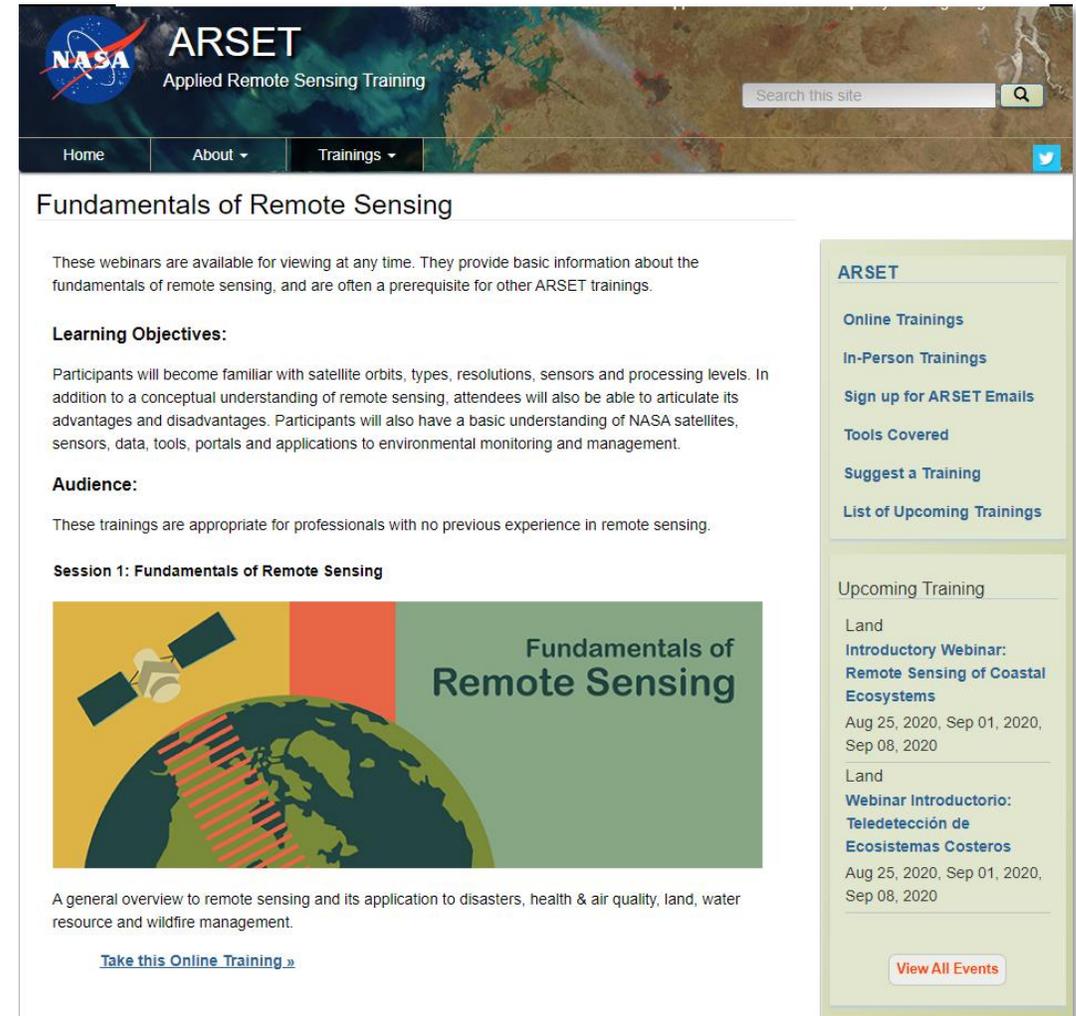
# Tarea y Certificados

- **Tarea:**
  - Se asignará una tarea
  - Debe enviar sus respuestas vía Google Forms
  - **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](mailto: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>



**NASA ARSET**  
Applied Remote Sensing Training

Search this site

Home About Trainings

## Fundamentals of Remote Sensing

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**



**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 »](#)

**ARSET**

- Online Trainings
- In-Person Trainings
- Sign up for ARSET Emails
- Tools Covered
- Suggest a Training
- List of Upcoming Trainings

Upcoming Training

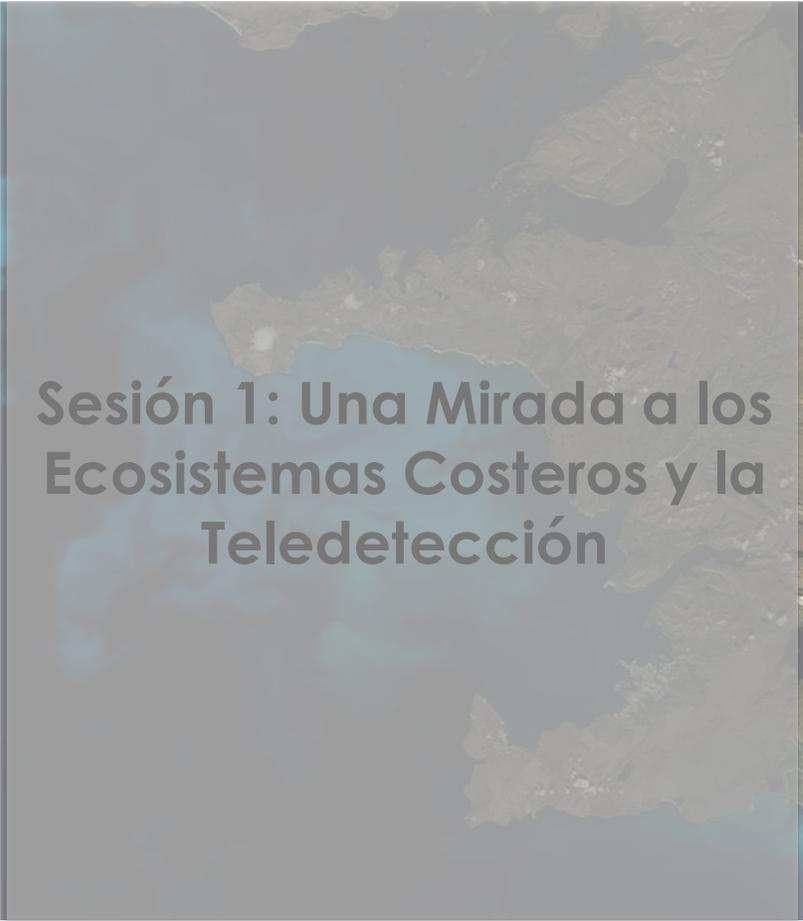
Land  
Introductory Webinar:  
**Remote Sensing of Coastal Ecosystems**  
Aug 25, 2020, Sep 01, 2020, Sep 08, 2020

Land  
Webinar Introductorio:  
**Teledetección de Ecosistemas Costeros**  
Aug 25, 2020, Sep 01, 2020, Sep 08, 2020

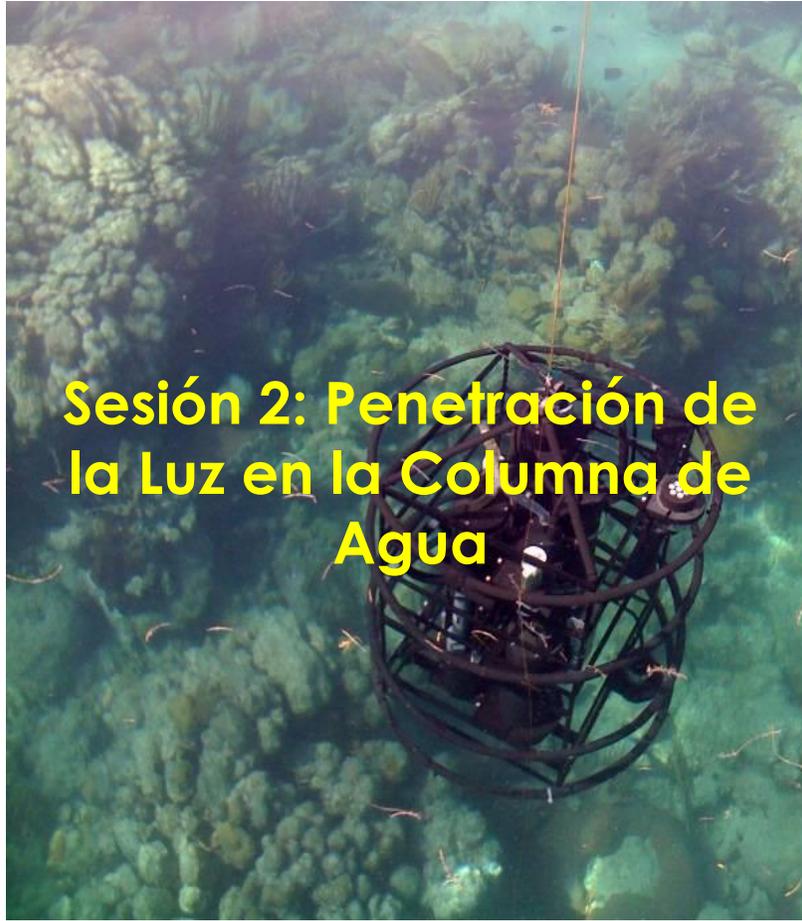
[View All Events](#)



# 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

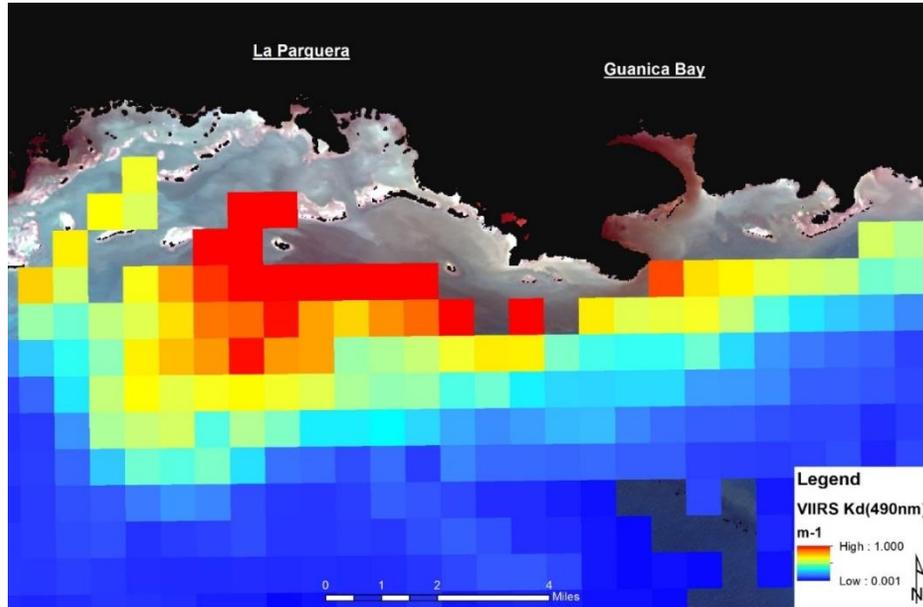


Imagen VIIRS de la turbiedad, Kd (490 nm) (Nivel 2 Calidad Científica) promediada para el 11 al 13 de noviembre a 750m

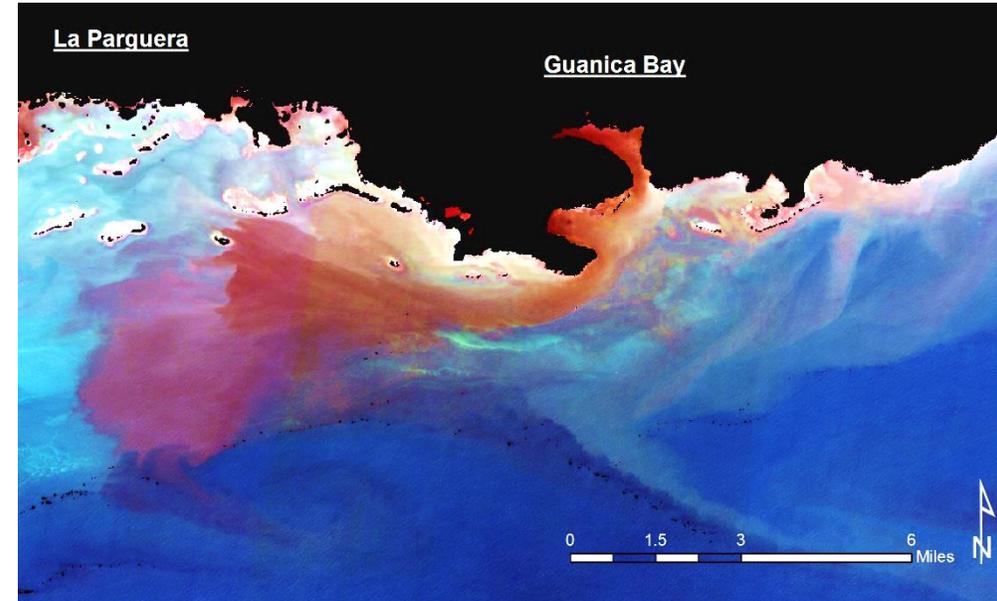
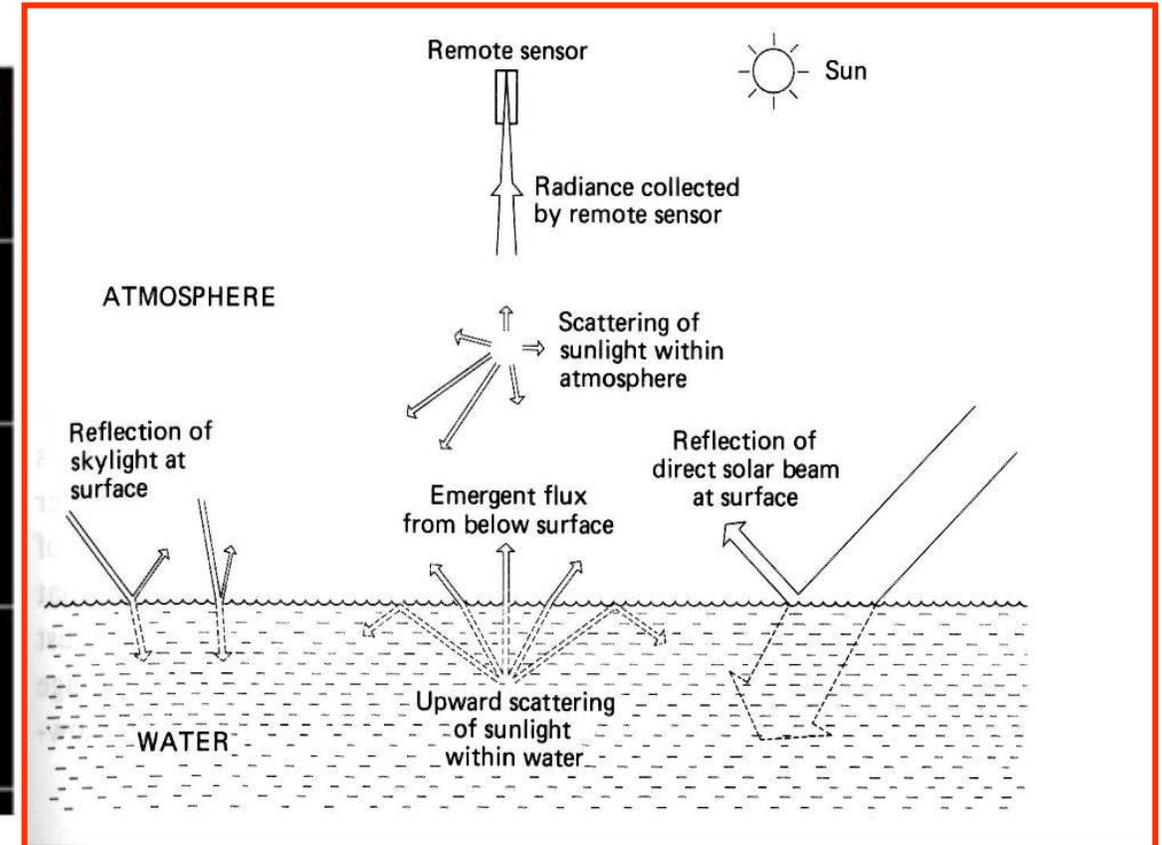
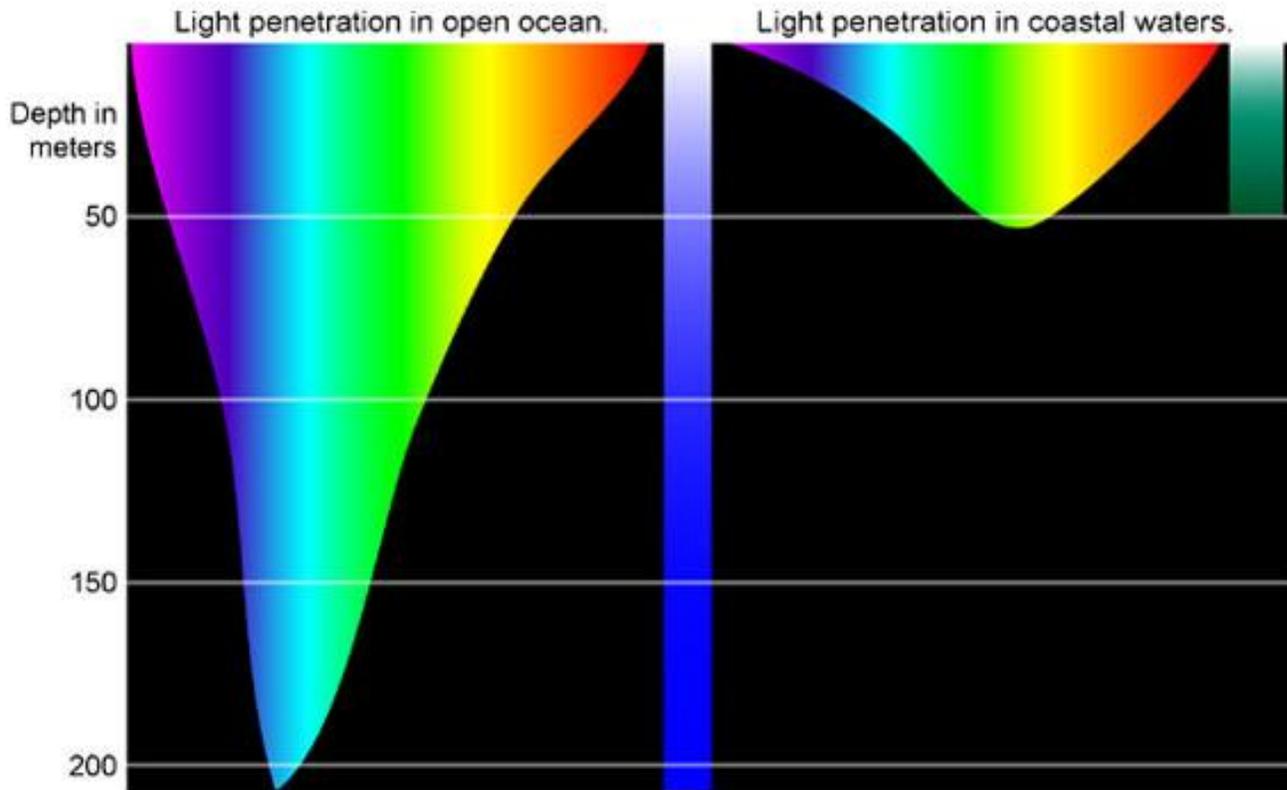


Imagen Landsat 8 OLI (con máscara para el suelo) para el 12 de noviembre de 2014



# Penetración de la Luz en el Océano



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

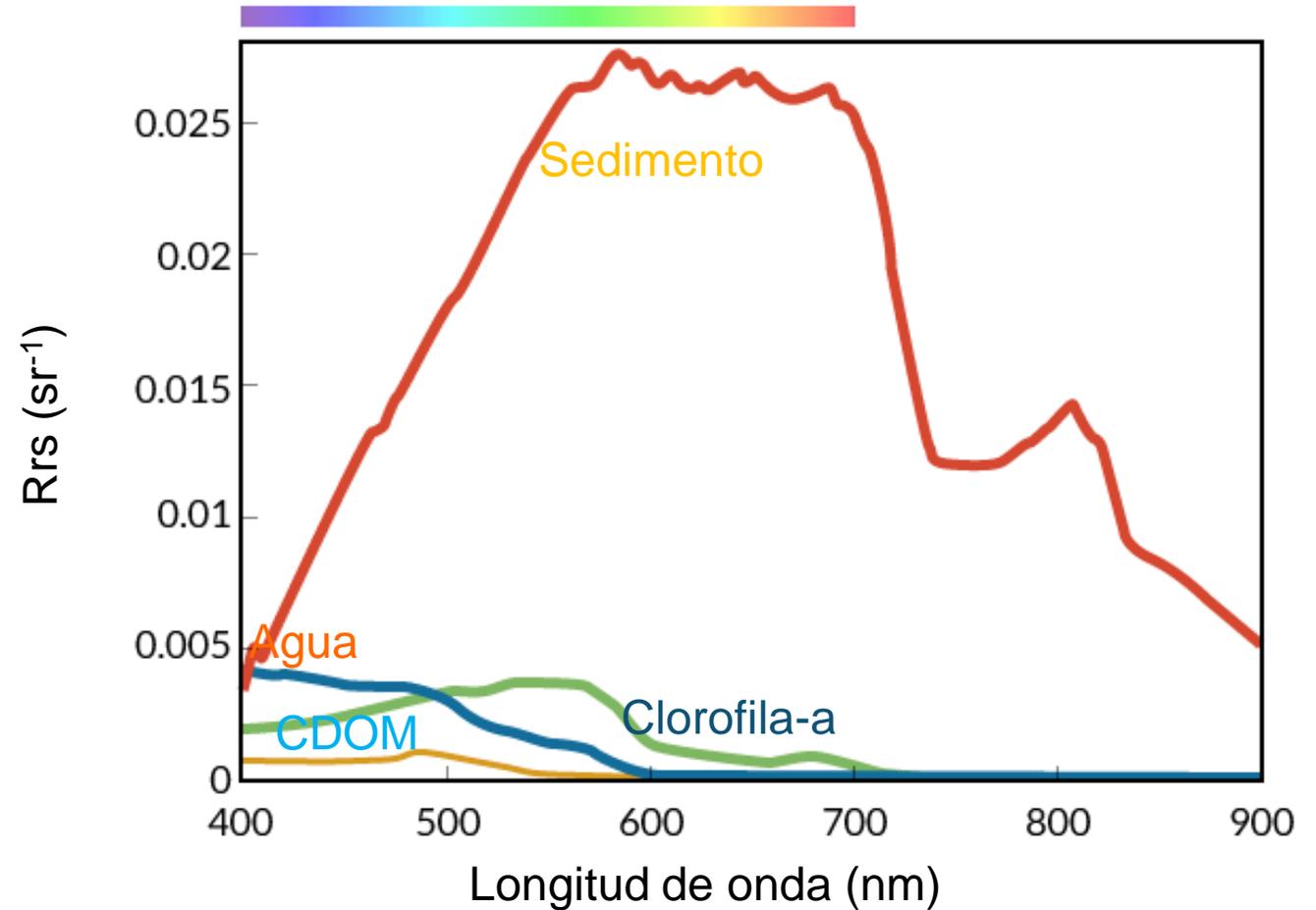


# ¿Qué nos dice el color del agua?



# 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

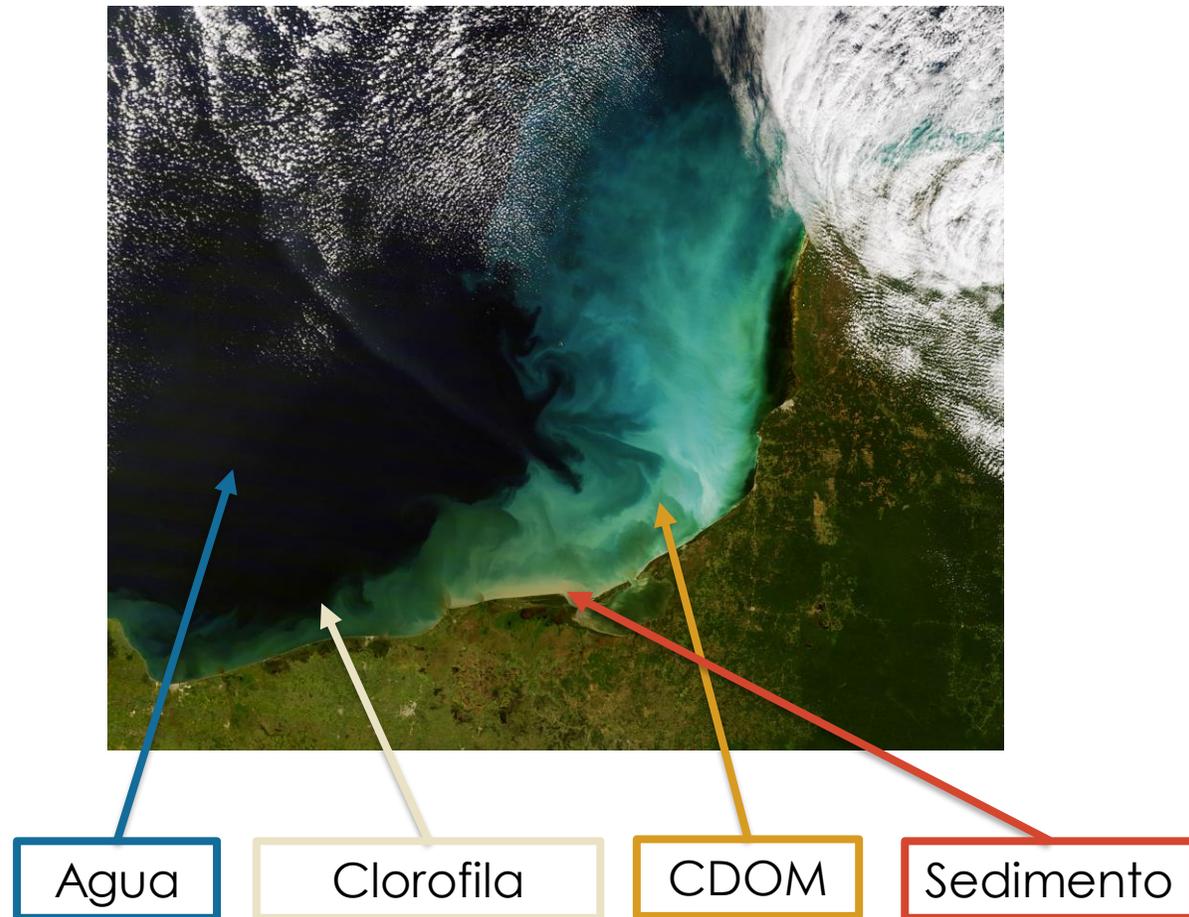


# Propiedades Ópticas Inherentes (IOPs) y el 'Color' del Agua

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

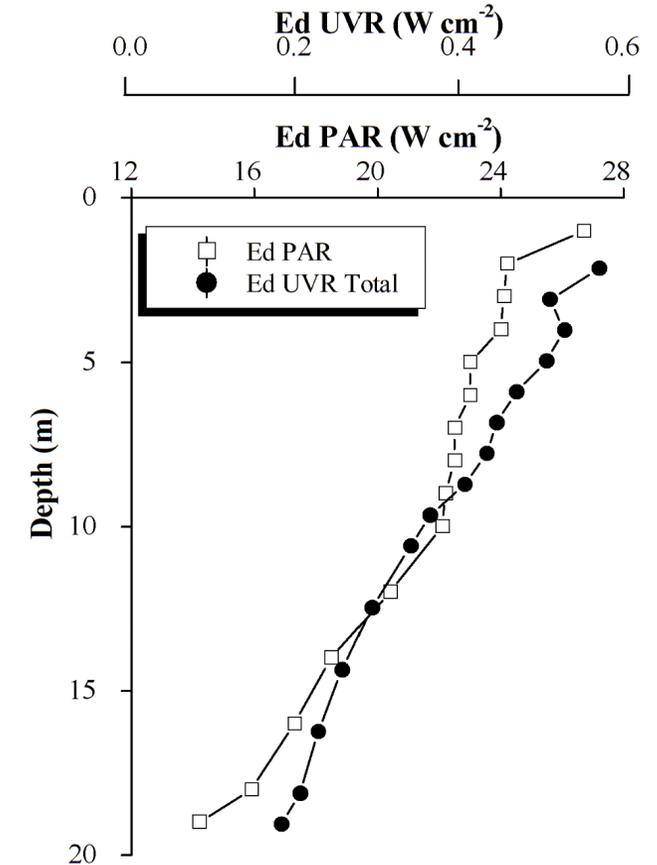
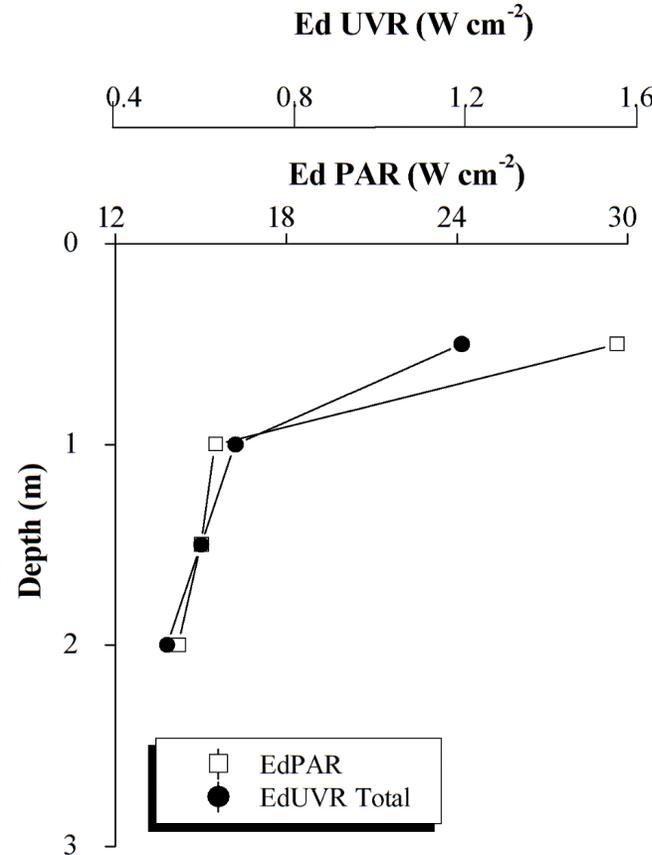
- $K_d$  (PAR) es el mejor parámetro óptico para caracterizar cuerpos de agua en relación a la disponibilidad de PAR.

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:

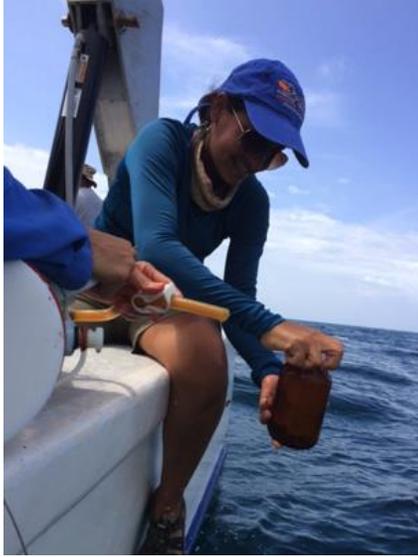
$$K_d = \frac{1}{z_2 - z_1} \ln \frac{E_d(z_1)}{E_d(z_2)}$$



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



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



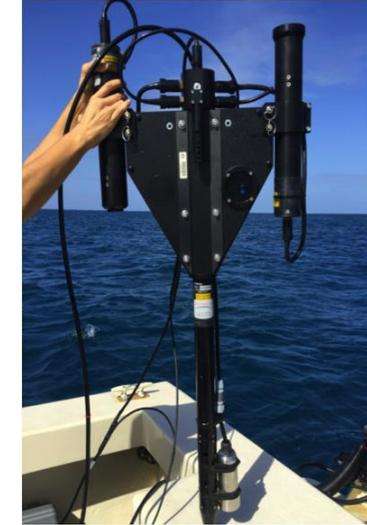
Se utilizan muestras de agua superficial para medir CDOM, Material Suspendido Total y Clorofila.



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 ( $R_{rs}$ ).



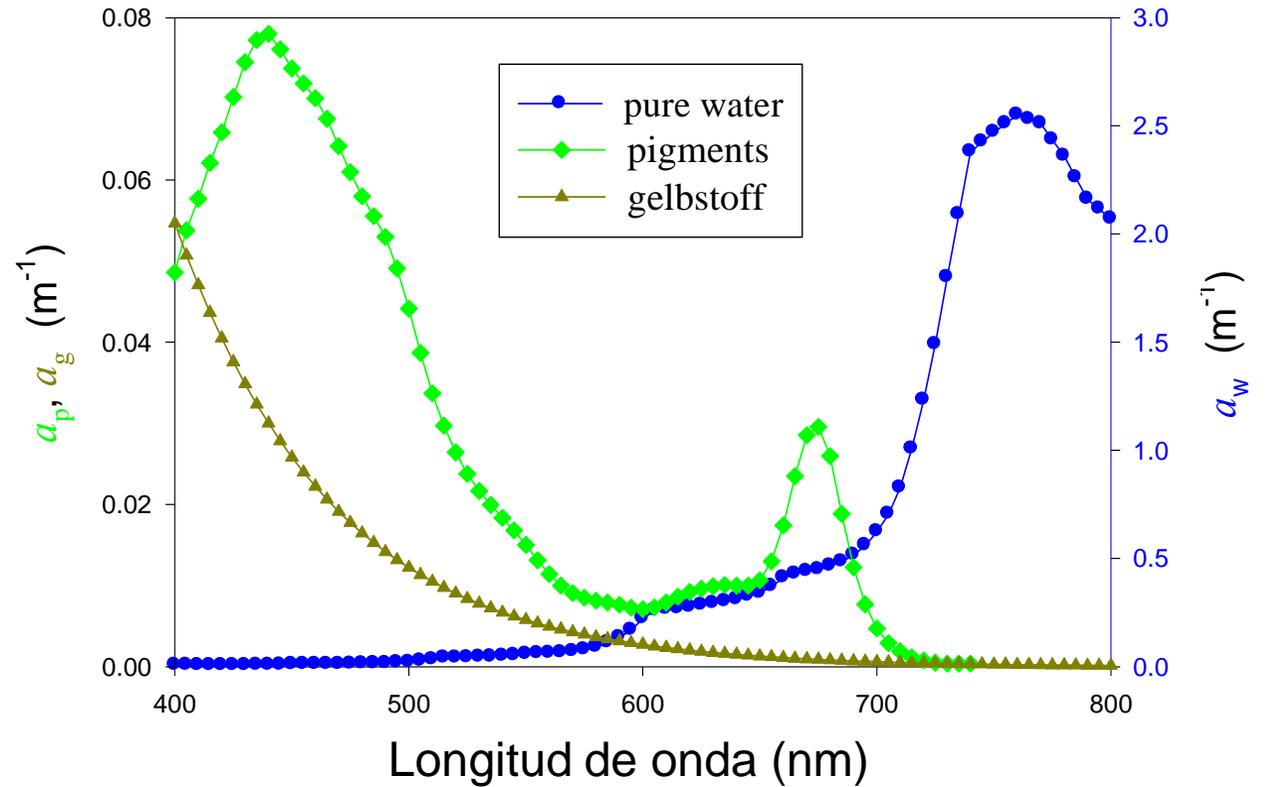
Espectrorradiómetro HyperPro Profiling- se utiliza para derivar el coeficiente de atenuación vertical ( $K_d$ )



# 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

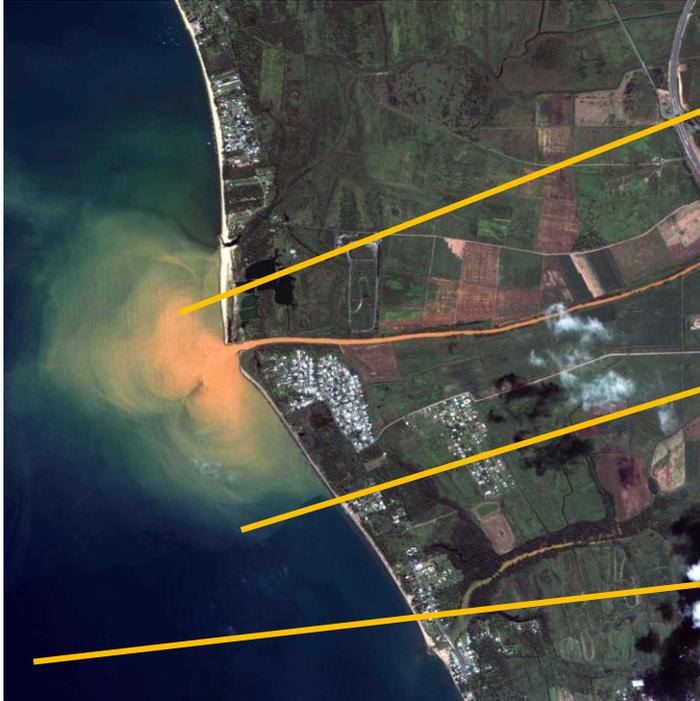
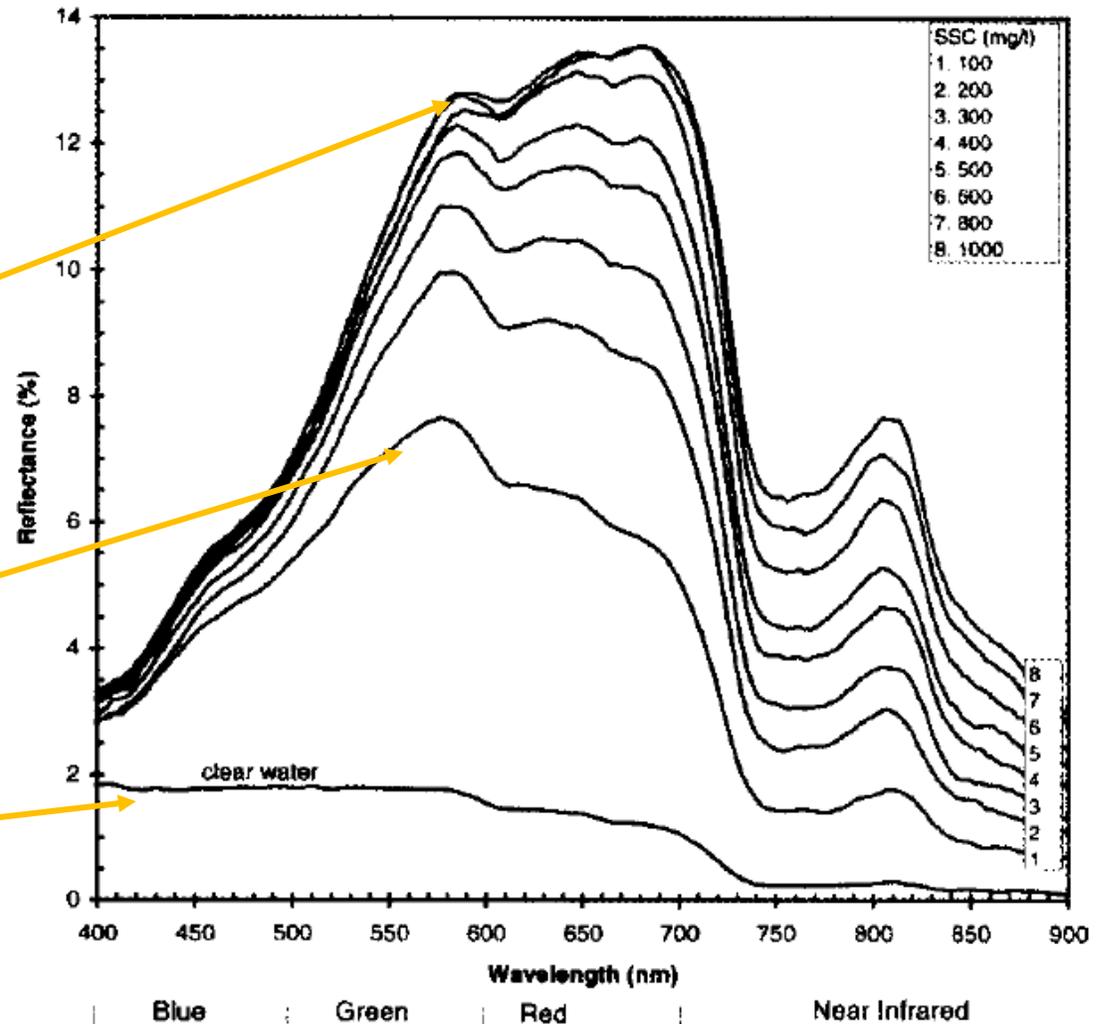


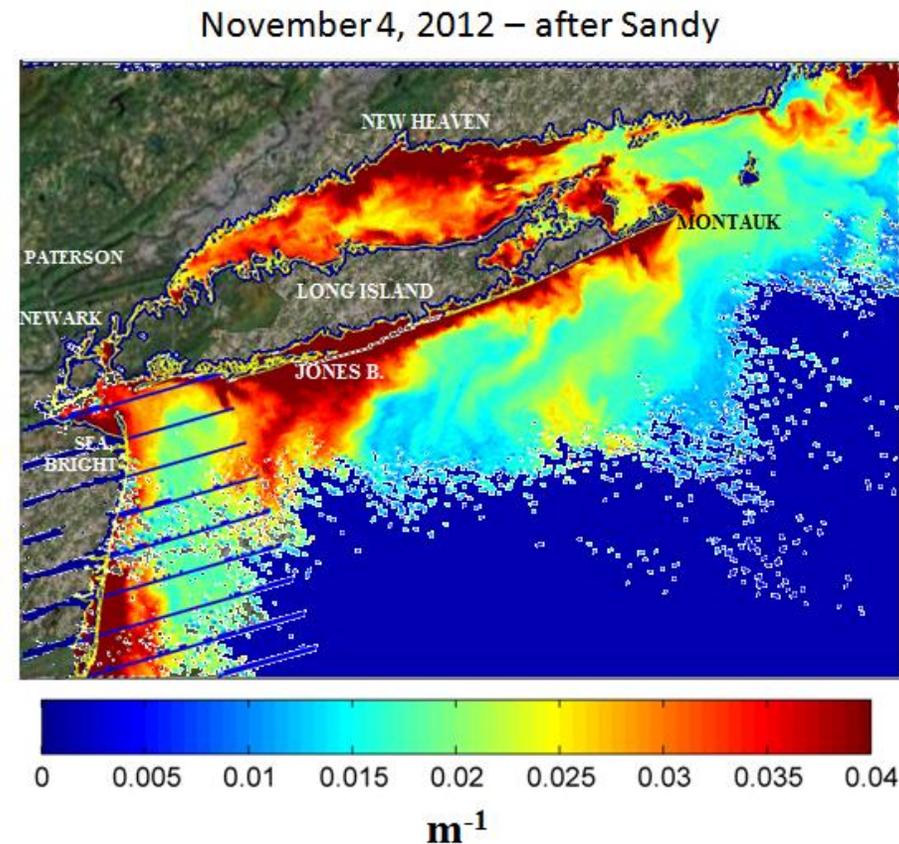
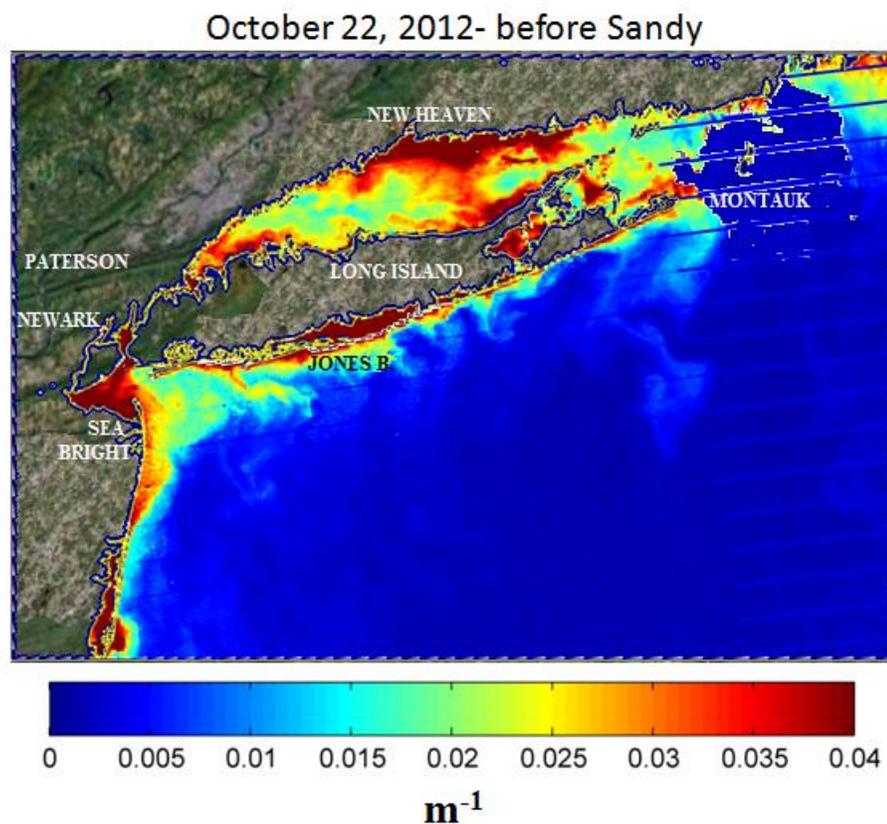
Imagen IKONOS de floración en el río Añasco (Costa Oeste de PR). Fuente: Lab. de Oceanografía Bio-óptica de la Univ. de Puerto Rico



De: Lodhi et al. 1998

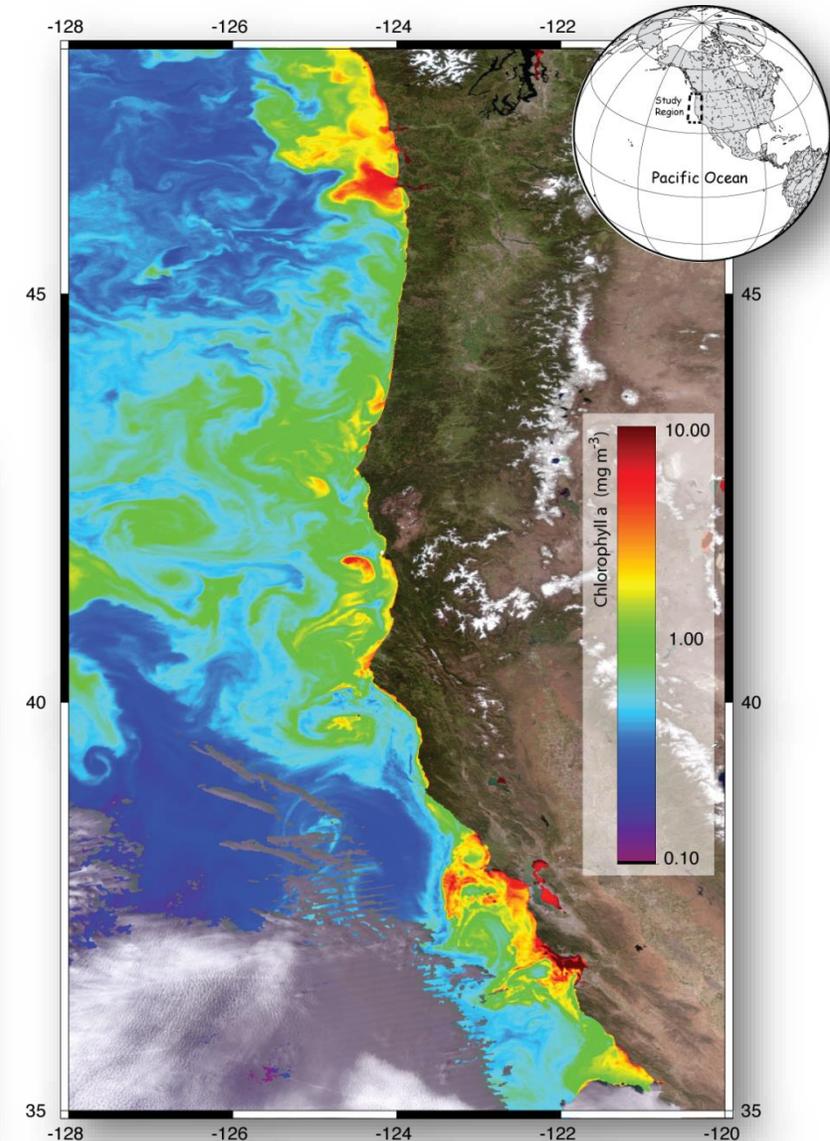
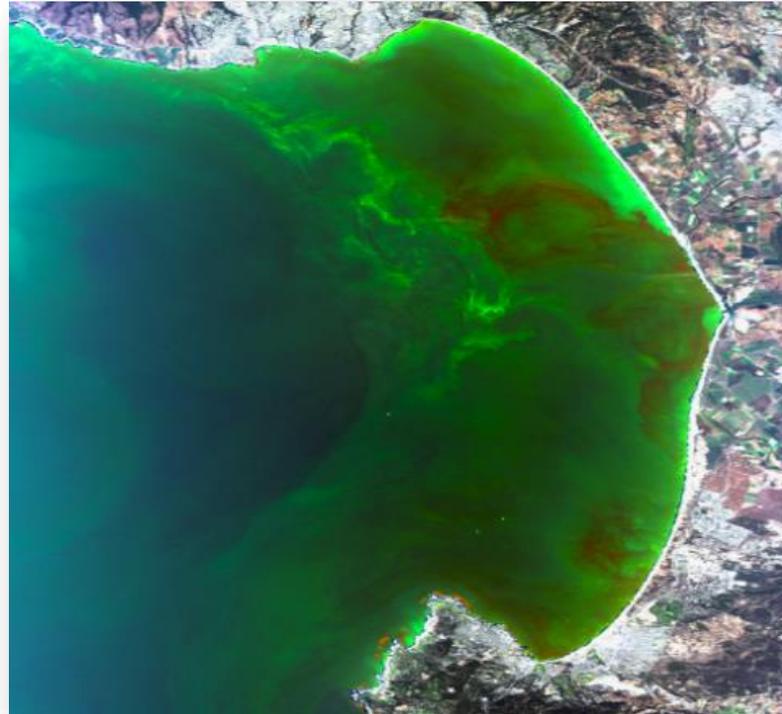


# Datos Satelitales de VIIRS Detectaron un Aumento de Retrodispersión por Partículas Suspendidas Después del Huracán Sandy



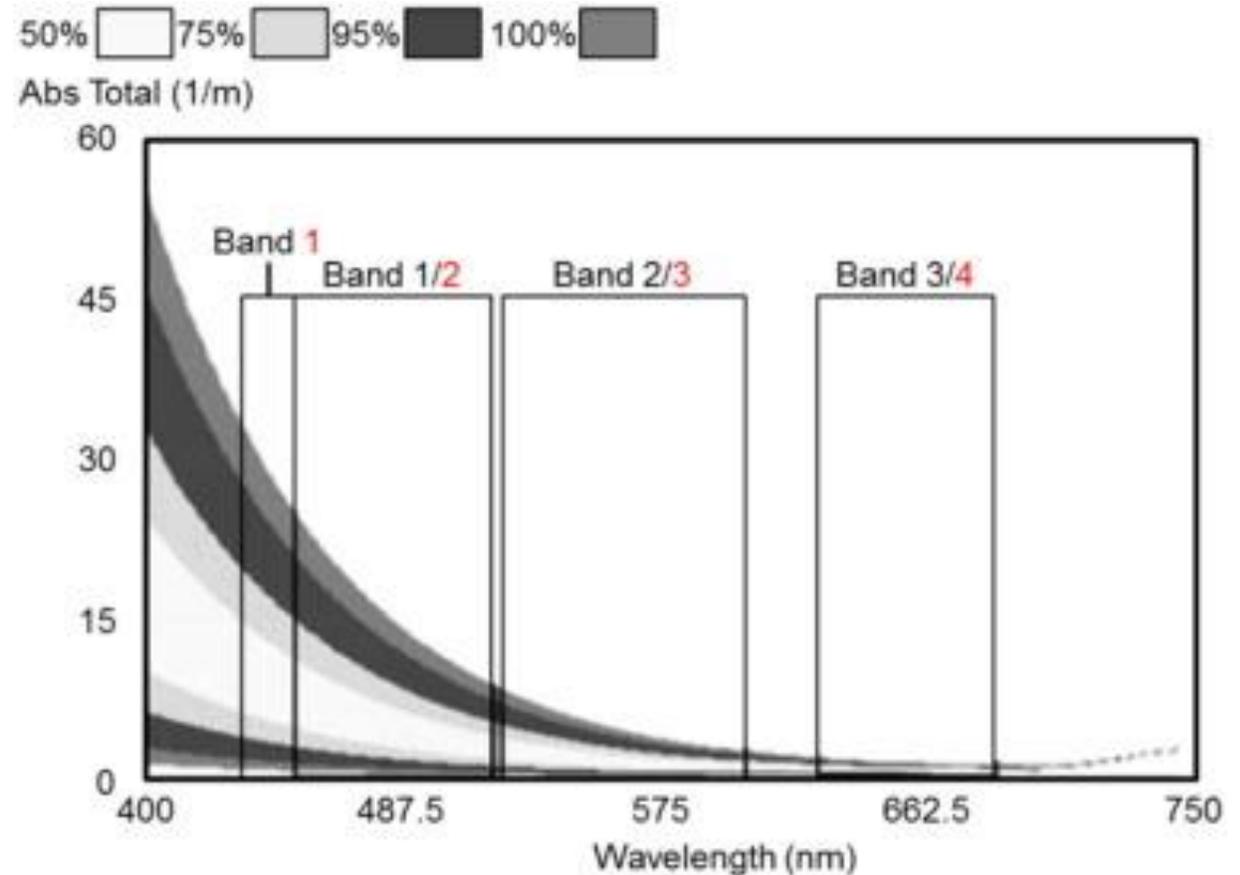
# Clorofila-a

- 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

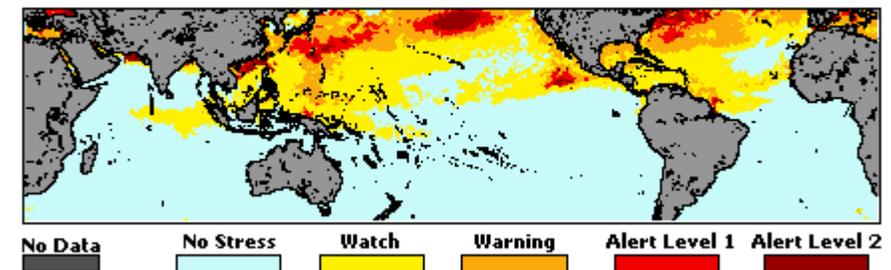
- **Directo** – El mismo arrecife es el blanco de la teledetección.
  - Para tratar propiedades bénticas, características geomorfológicas, complejidad de hábitat etc.
- **Indirecto** – Se centra en el medio ambiente oceánico y atmosférico alrededor del arrecife.
  - SST y eventos de blanqueamiento
  - 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.

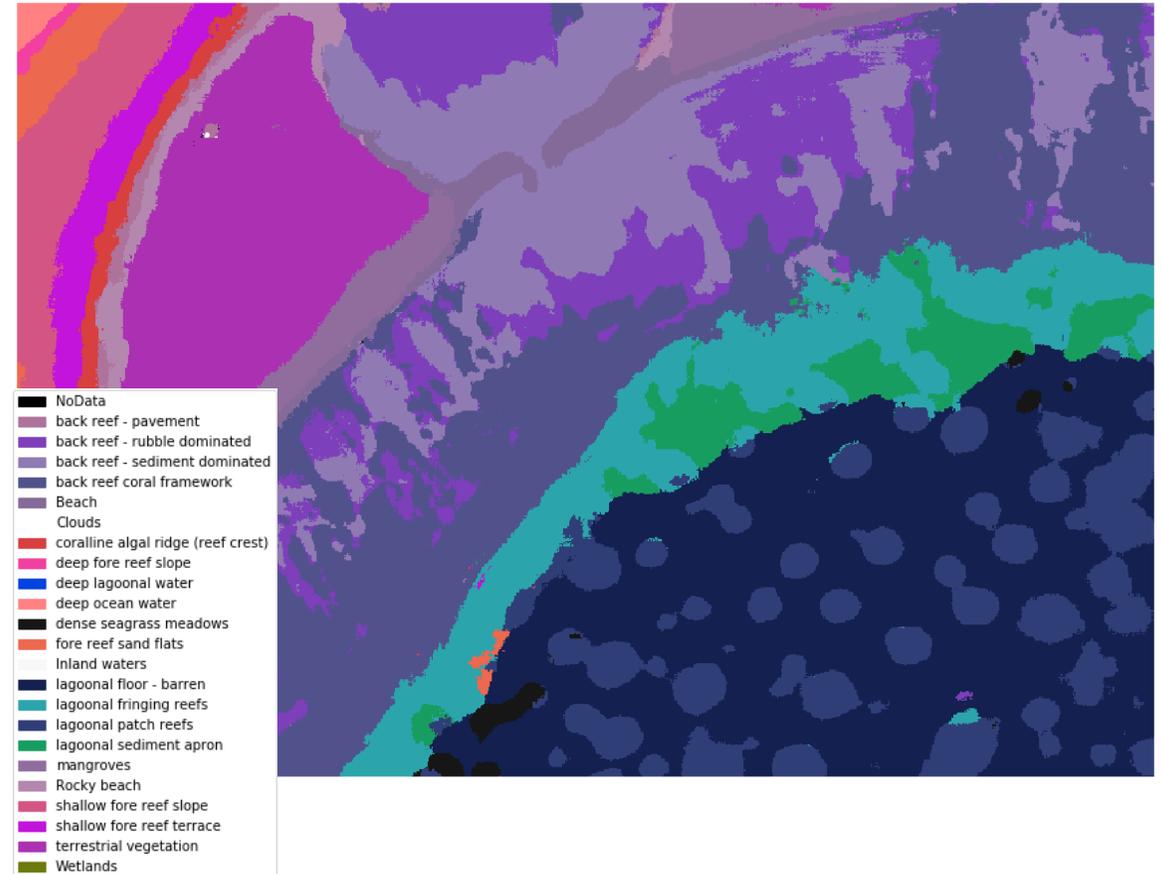


Fuente: Khaled Bin Sultan Living Oceans Foundation y  
NASA ARC Laboratory for Advanced Sensing



# 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.

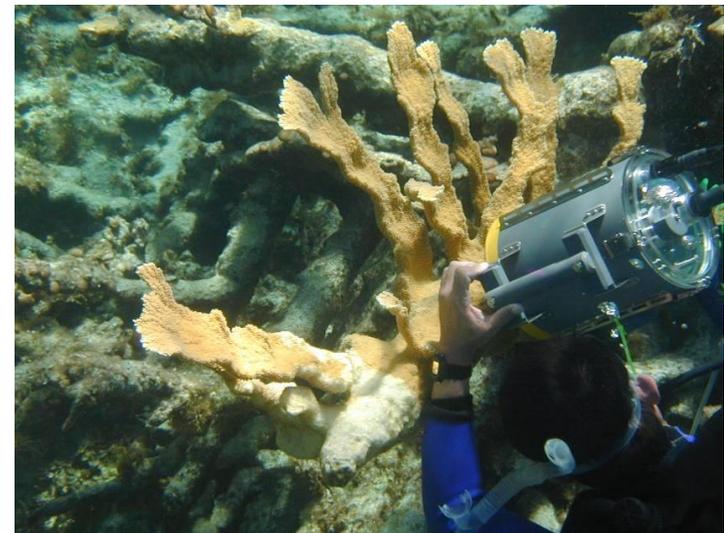


Fuente: Khaled Bin Sultan Living Oceans Foundation y NASA ARC Laboratory for Advanced Sensing



# Caracterización Espectral In situ de Componentes Bénticos

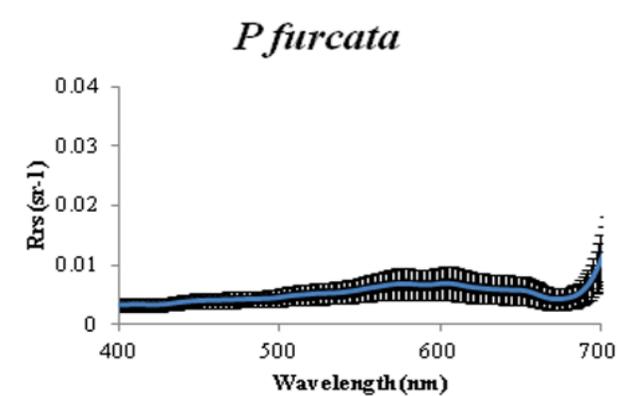
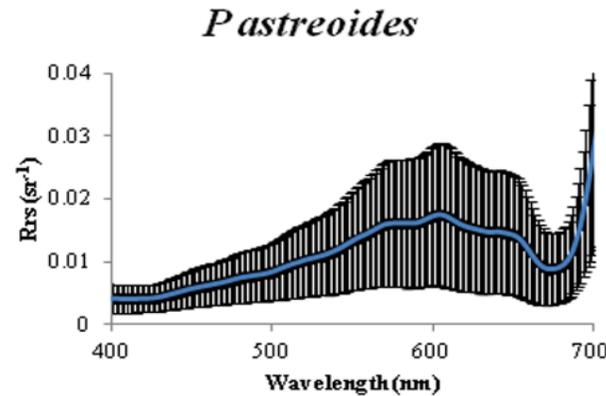
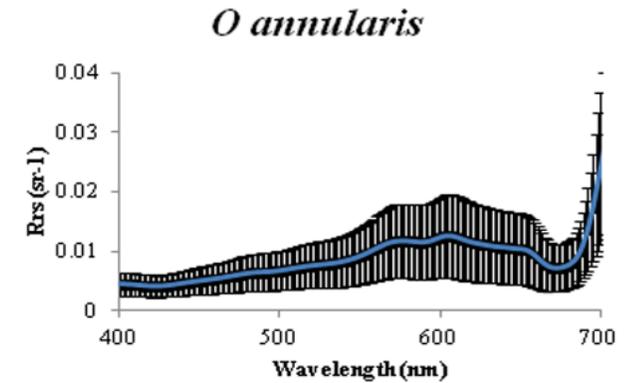
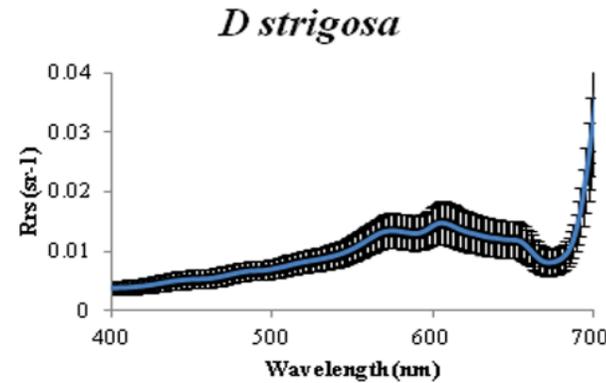
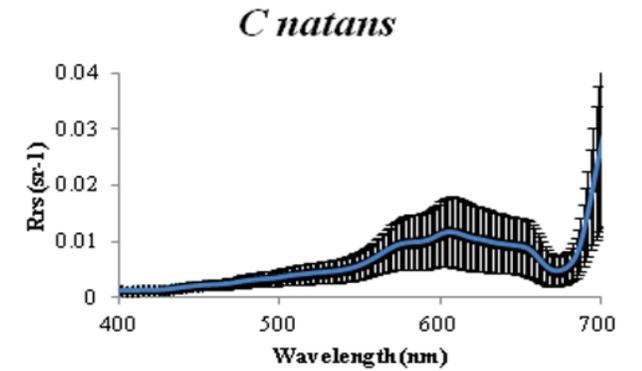
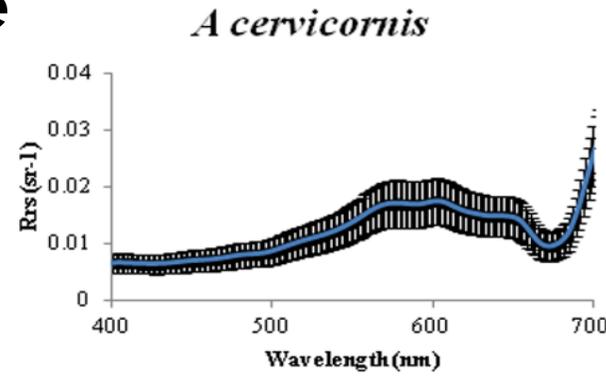
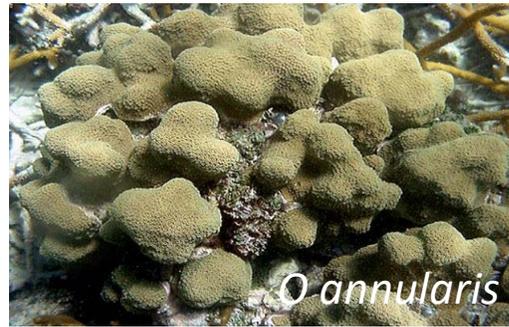
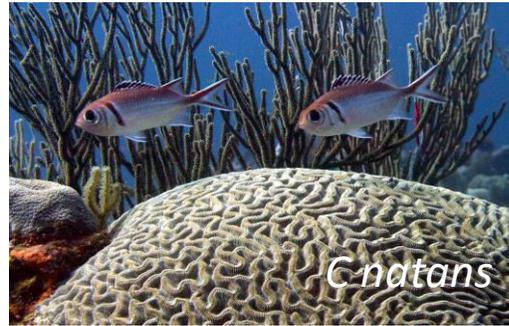
- Existe la necesidad de una mejor discriminación espectral de los componentes bénticos de los arrecifes
- Ayuda en la calibración/validación de imágenes satelitales o aéreas
- Es una herramienta no invasiva para evaluar la salud de organismos bénticos (corales, kelpos)
- Se puede utilizar en estudios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



Torres-Pérez et al. 2015. PLoSONE



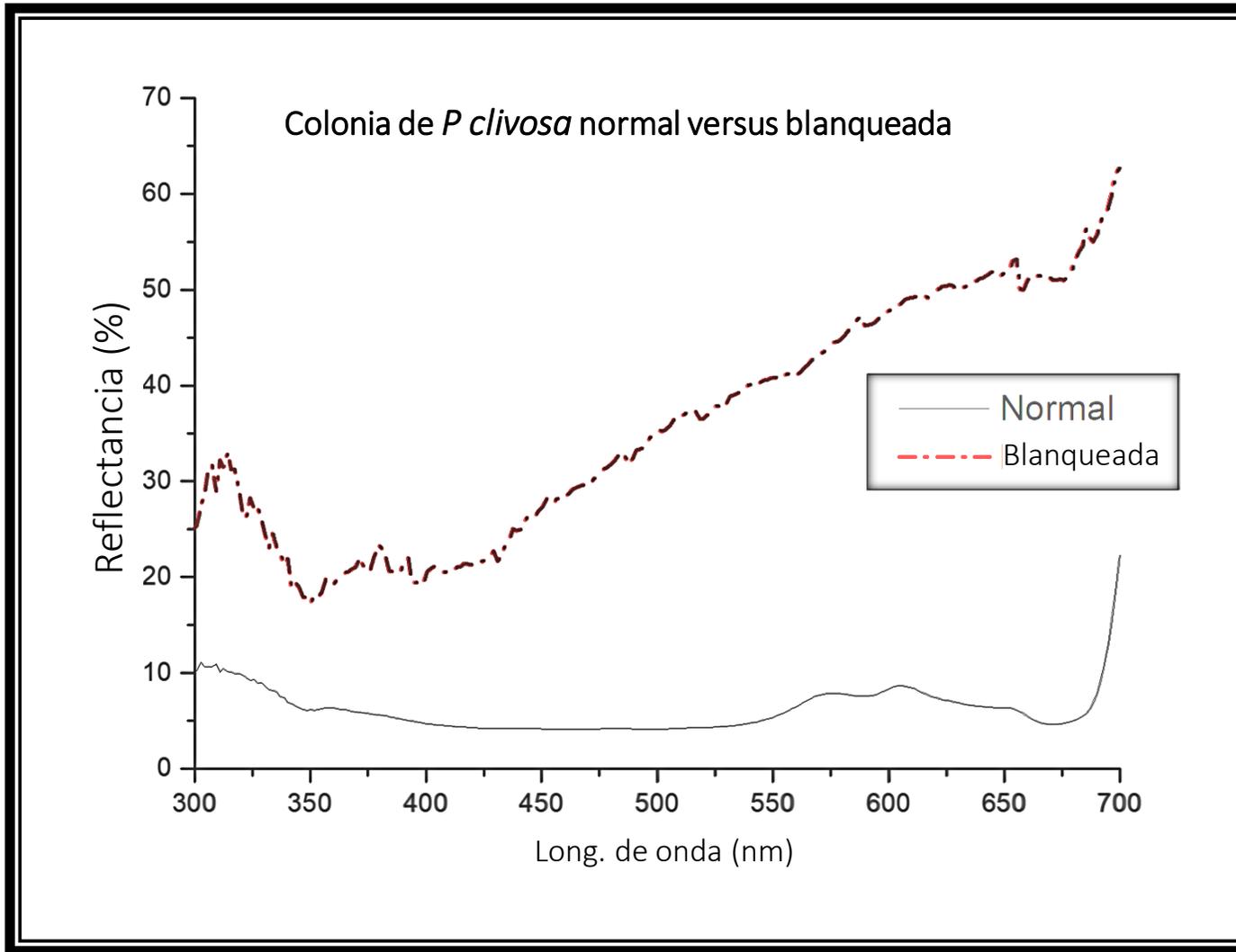
# Caracterización Espectral In situ de Componentes Bénticos



Torres-Pérez et al. 2015. PLoS ONE



# Caracterización Espectral del Estrés



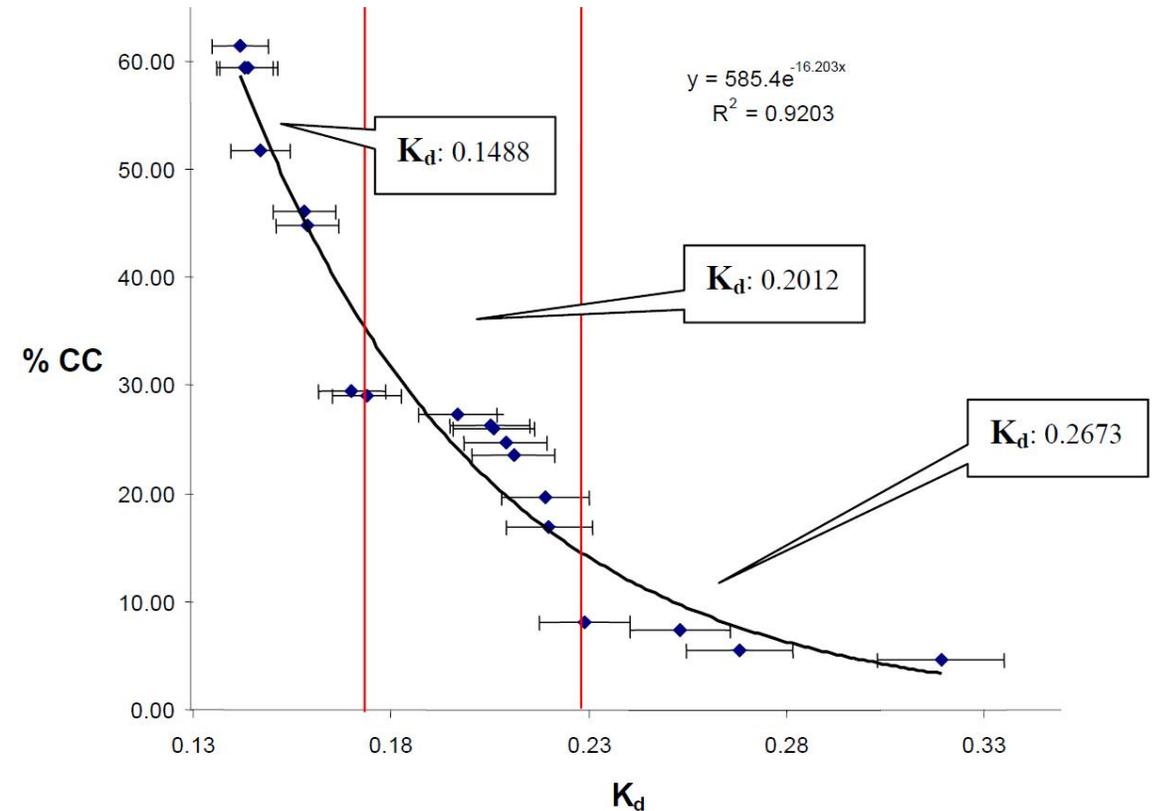
Sup.: Colonia de coral cerebro sana. Inf.: Colonia de coral cerebro blanqueada.  
Fuente: Torres-Pérez



# 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

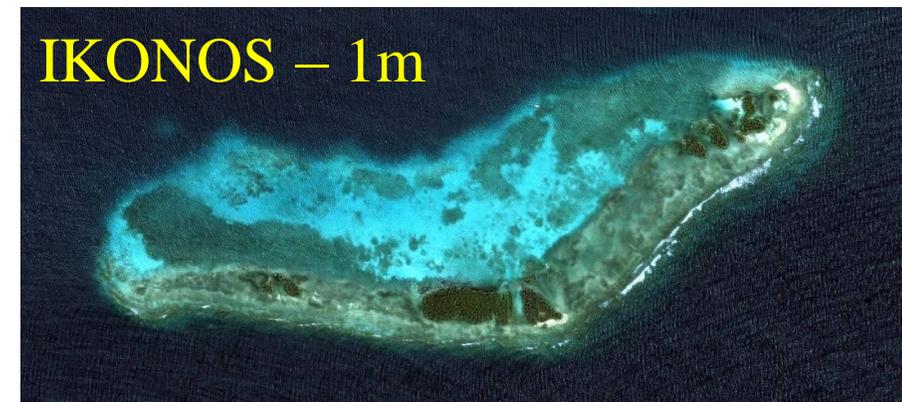
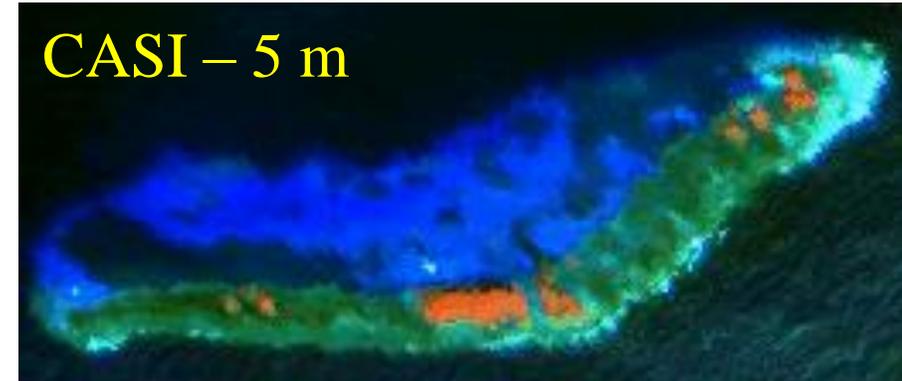


Fuente: Univ. PR Bio-optical Oceanography Lab



# 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

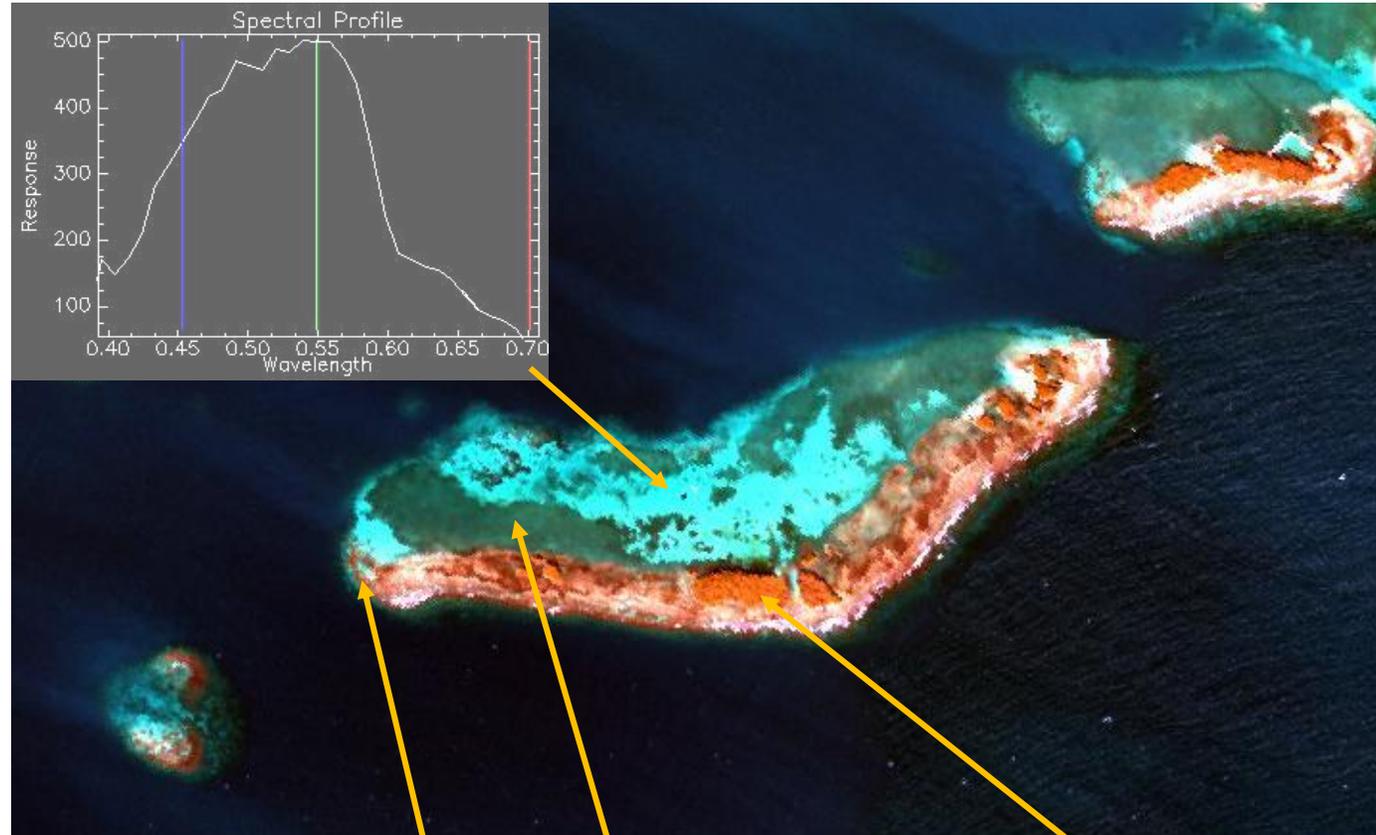
- Están limitadas a las primeras decenas de metros de profundidad.
- Aun en aguas muy claras, la atenuación de la luz afecta la recuperación de información béntica.
- Las comunidades más profundas pueden ser extensas y estar fuera del alcance de las imágenes de teledetección satelital.
- La caracterización 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



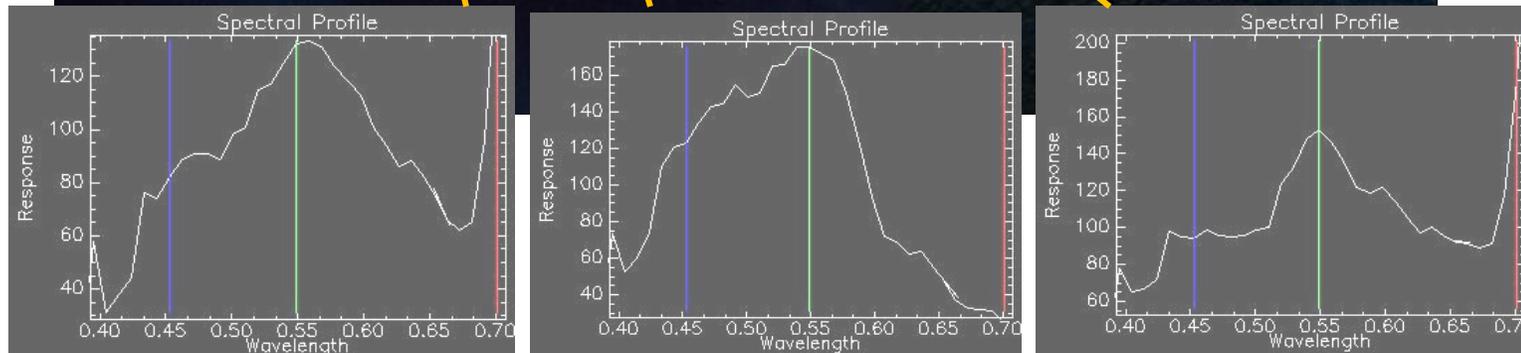
Imagen IKONOS del Sudoeste de Puerto Rico. Fuente: Lab. de Oceanografía Bio-óptica de la U. de Puerto Rico



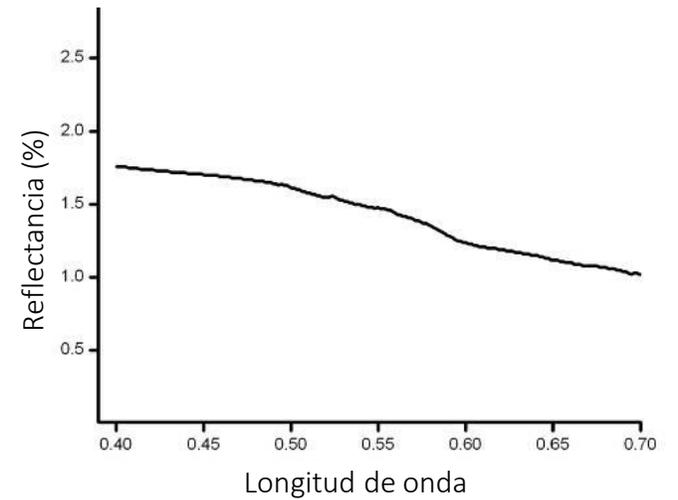
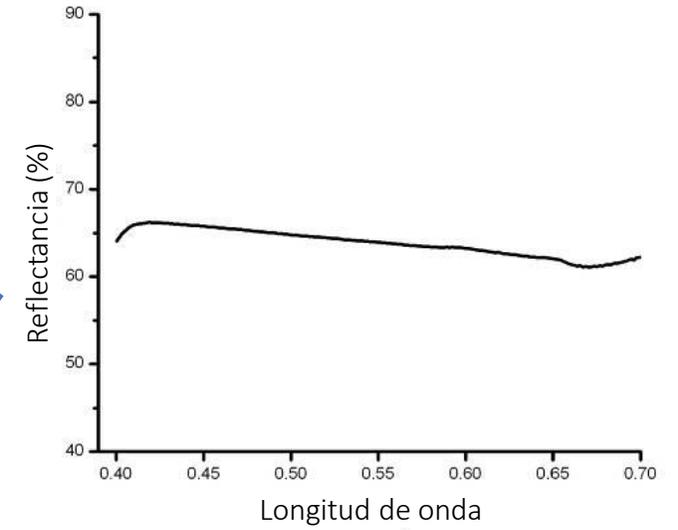
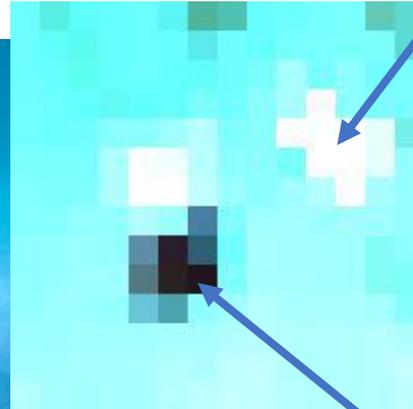
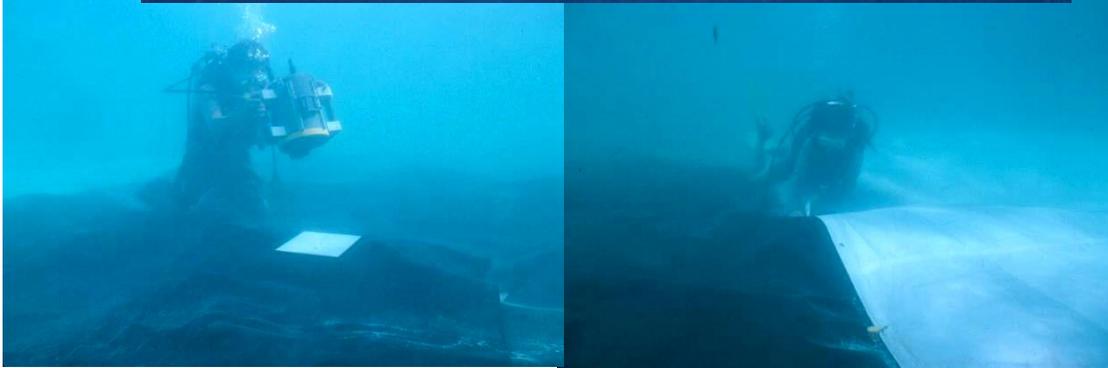
# Imagen AVIRIS (Hiperespectral) con Corrección Atmosférica



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

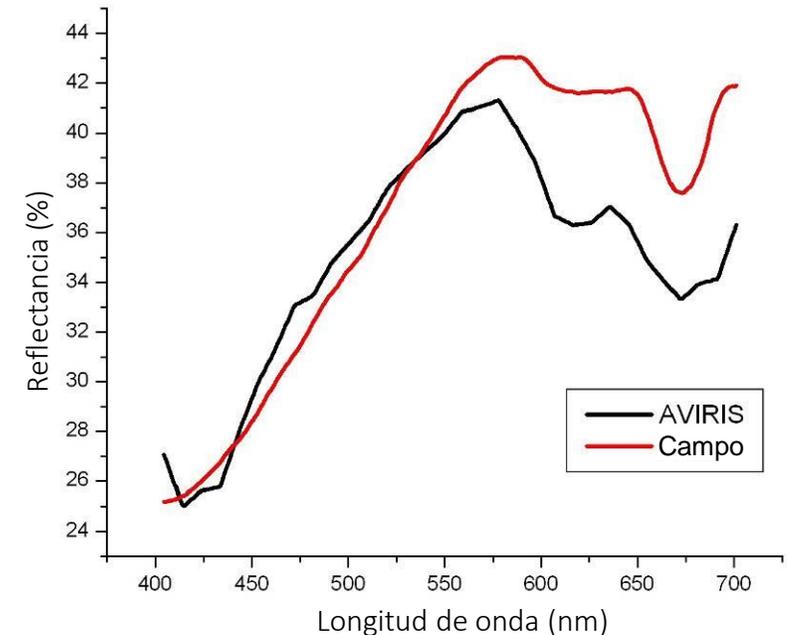


# Objetivos Submarinos para Calibración en un Campo Plano Para la Corrección de la Columna de Agua



# Validación de la Corrección de la Columna de Agua

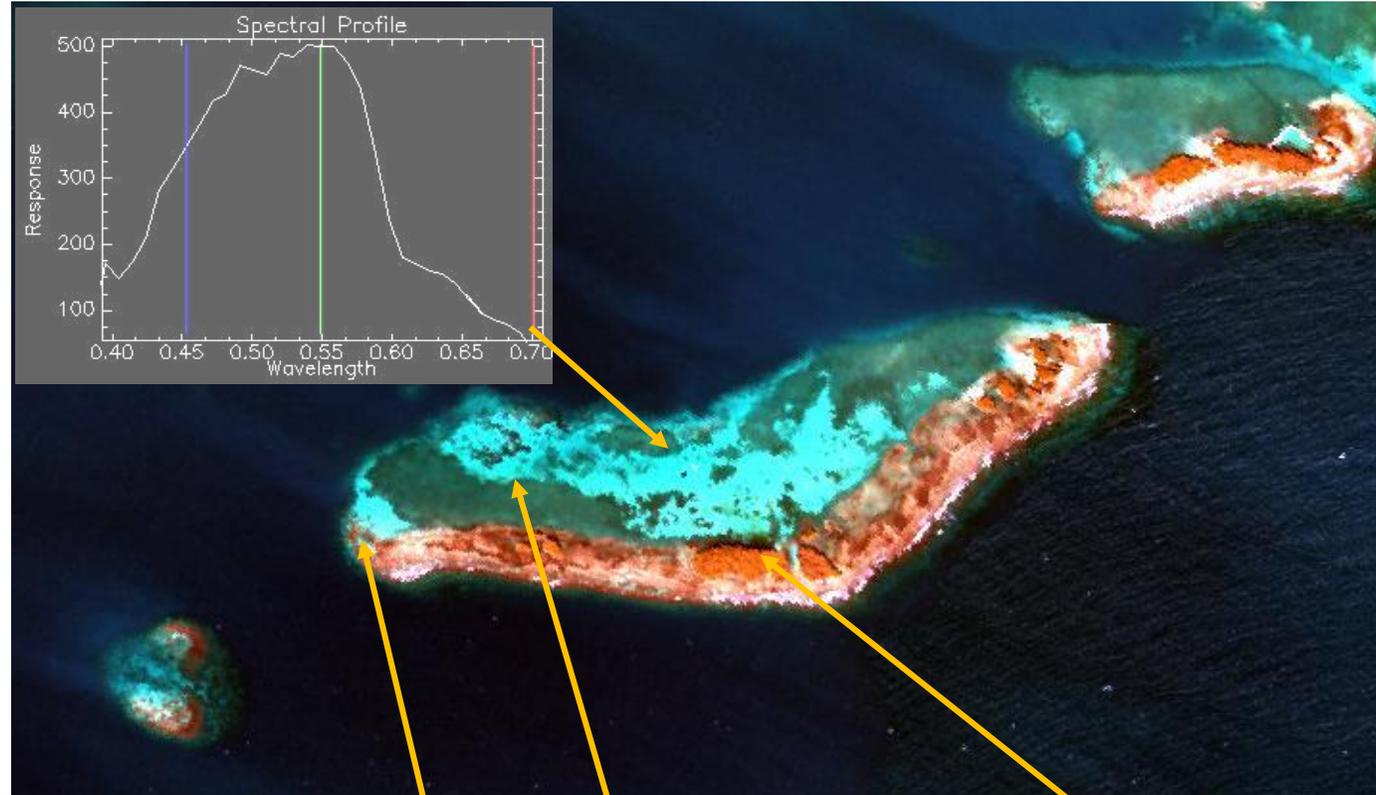
- AVIRIS (Hiperespectral) concuerda con valores de datos de campo dentro del 10% de 400 a 600 nm y hasta el 18% entre 600 y 700 nm.
- Las características espectrales se conservan, corresponden principalmente a la absorción de pigmentos por capas de microbios.



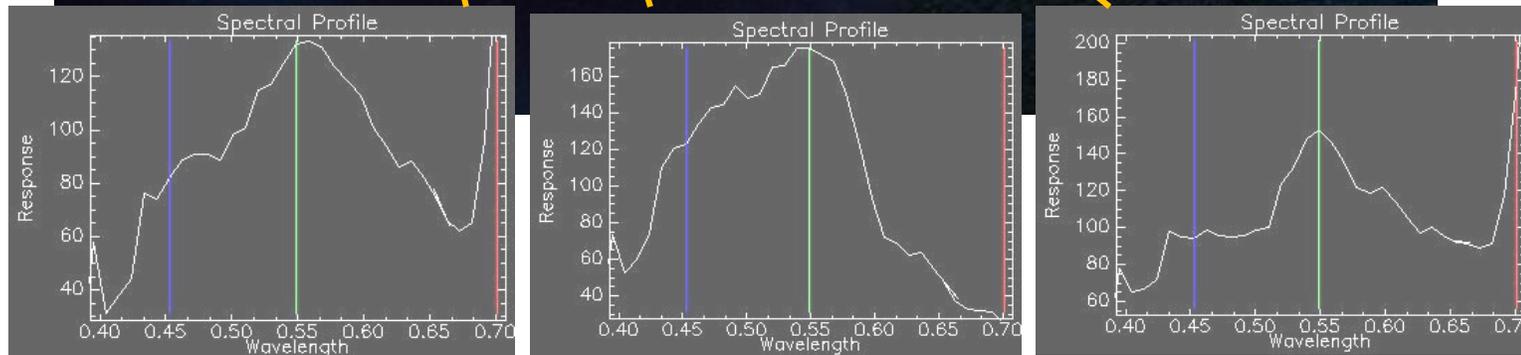
Fuente: Lab. de Oceanografía  
Bio-óptica de la U. de Puerto Rico



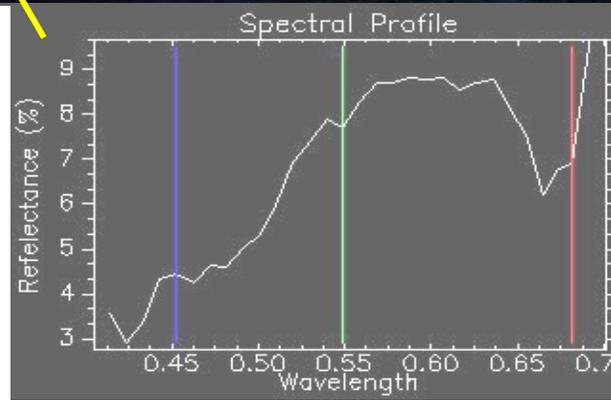
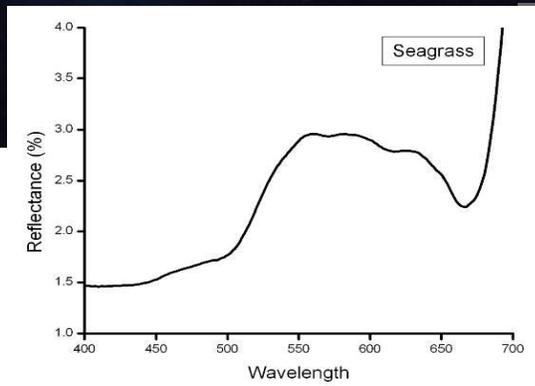
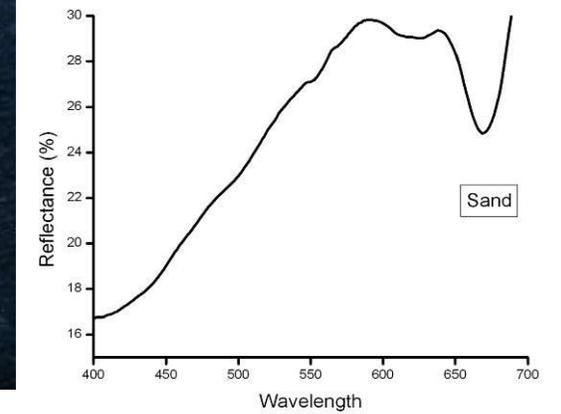
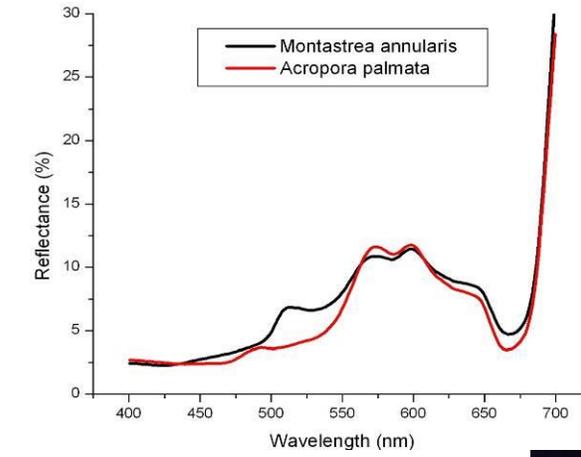
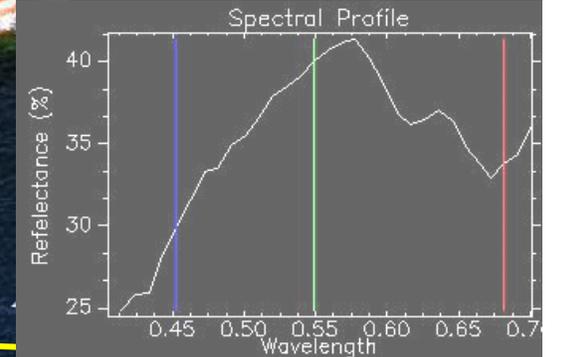
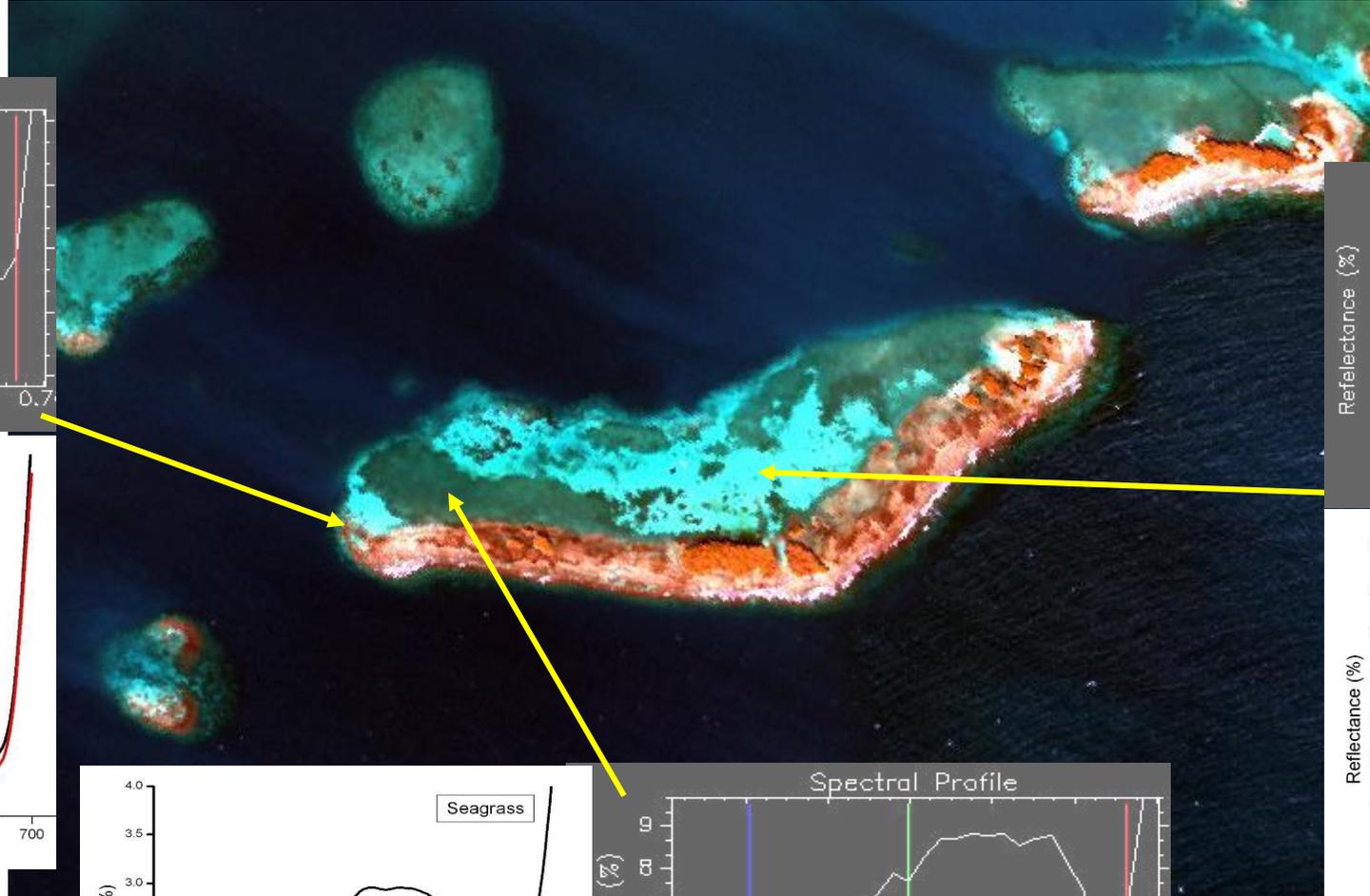
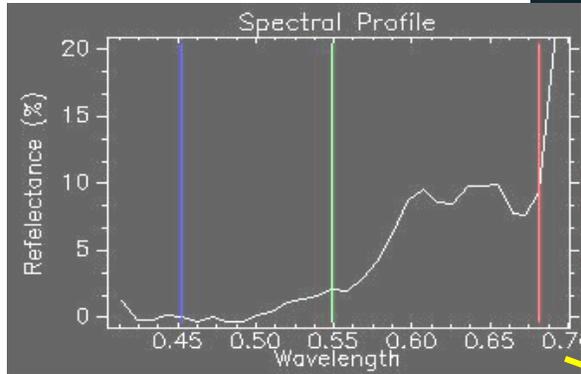
# Imagen AVIRIS (Hiperespectral) con Corrección Atmosférica (Antes de la Corrección de la Columna de Agua)



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](mailto:AmberJean.Mccullum@nasa.gov)
  - Juan Torres-Perez: [juan.l.torresperez@nasa.gov](mailto:juan.l.torresperez@nasa.gov)
- Preguntas generales sobre ARSET
  - Ana Prados: [aprados@umbc.edu](mailto: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!**

