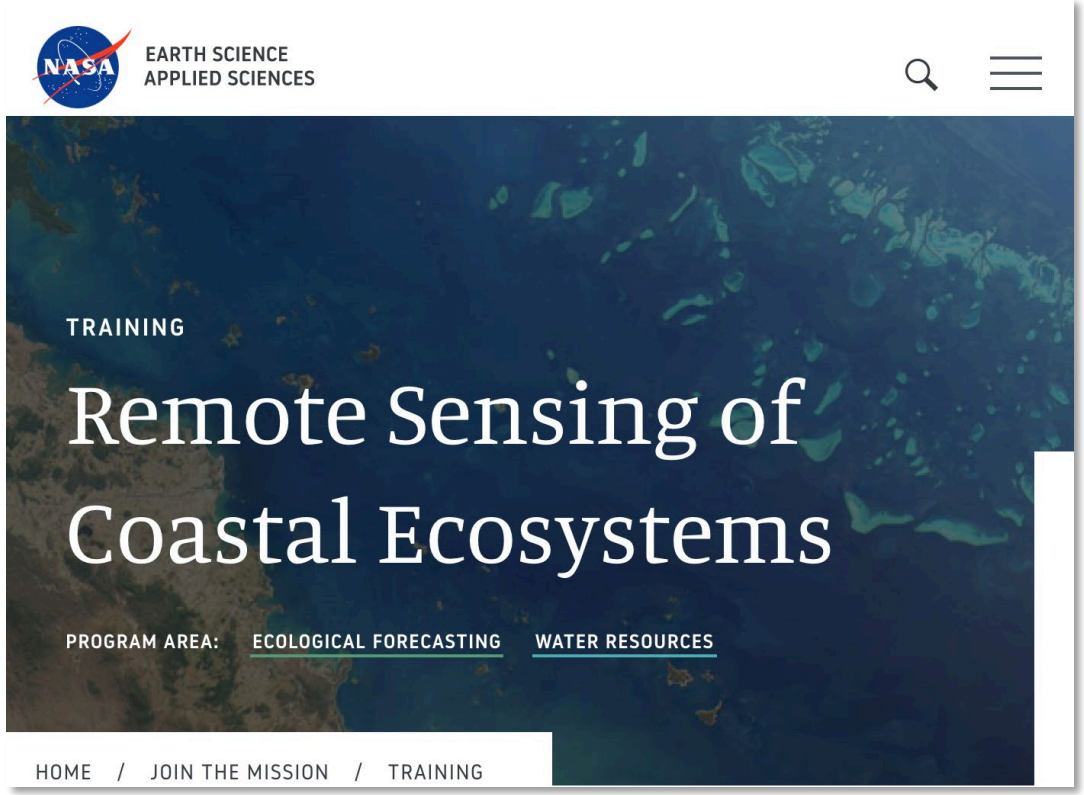
# Teledetección de Ecosistemas Costeros

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, 1ro 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 inscríbase 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



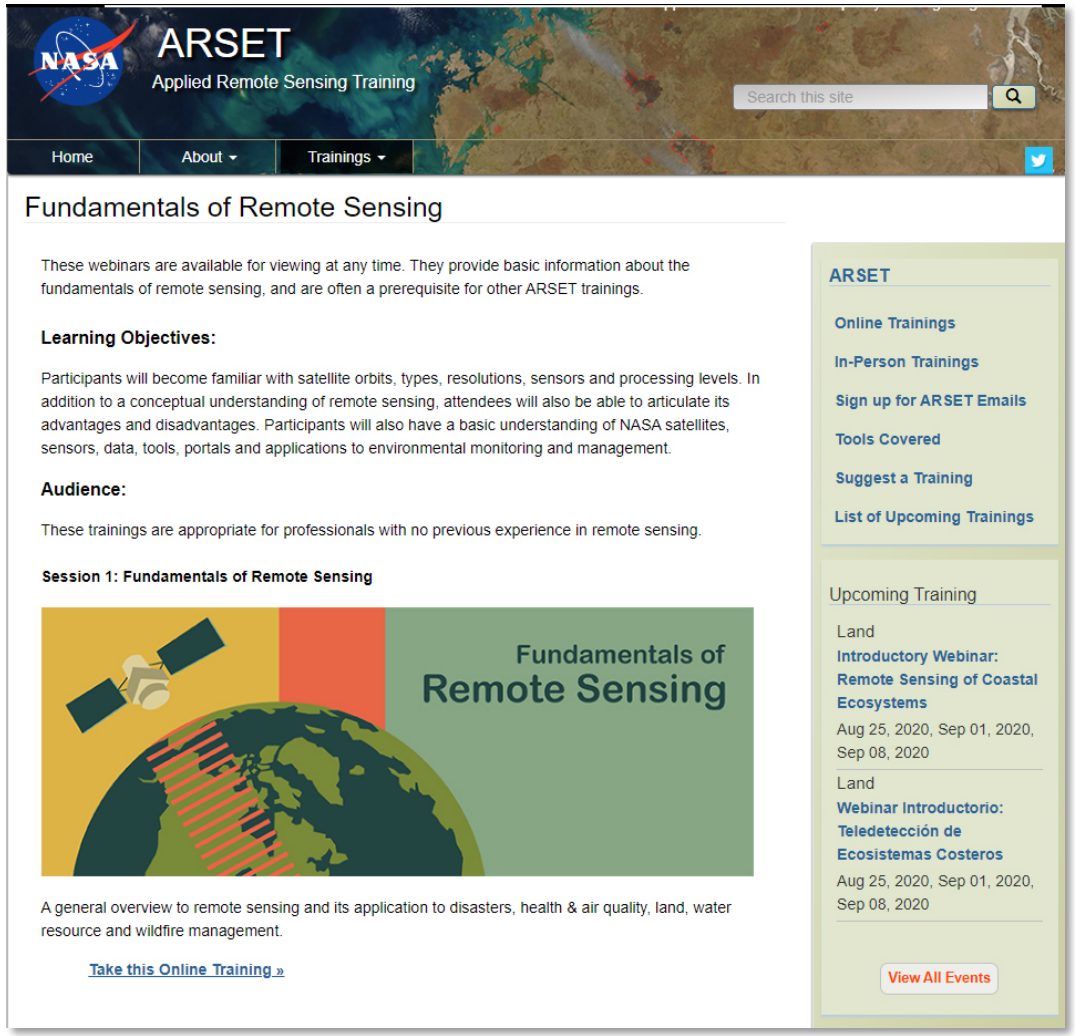
# Tarea y Certificados

- **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/teledetection-de-ecosistemas-costeros

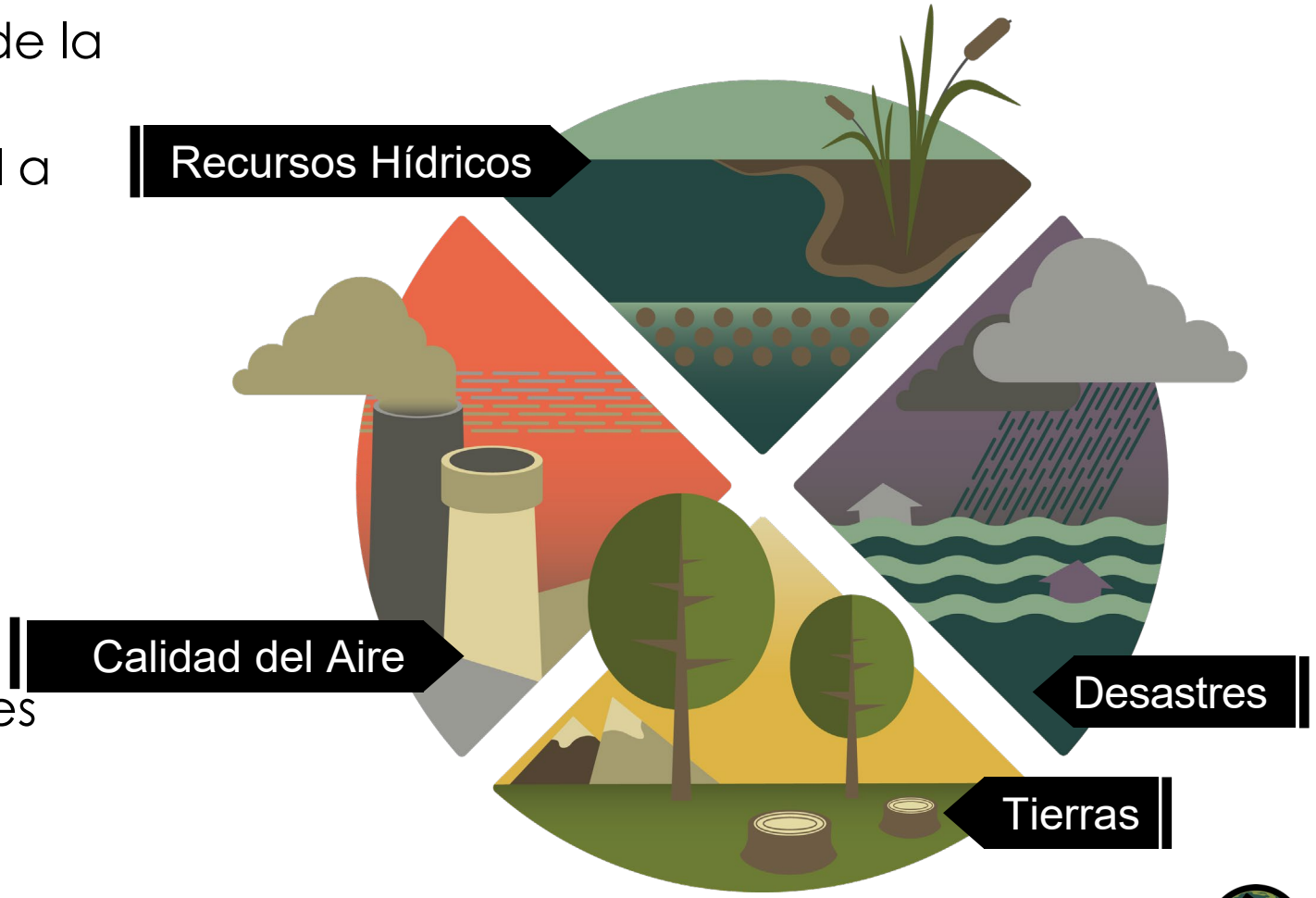


# NASA Applied Remote SEnsing Training Program (ARSET)

**(Programa de Capacitación de Teledetección Aplicada de la NASA)**

**http://appliedsciences.nasa.gov/arset**

- Parte del Programa de Fomento de Capacidades Científicas Aplicadas de la NASA
- Empoderando a la comunidad global a través de la capacitación de teledetección
- 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



# Esquema del Curso

# Objetivos de Aprendizaje

Al final de esta sesión, usted podrá:

- Identificar ecosistemas costeros mayores, particularmente de regiones tropicales y templadas
- Identificar los principales satélites y sensores utilizados en el estudio de ecosistemas costeros

Arrecife de Coral en Papúa Nueva Guinea. Fuente: USGS

# ¿Por Qué es Importante Estudiar los Ecosistemas Costeros?

- Servicios Ecosistémicos:
  - Son el hábitat de miles de especies, incluso algunas de importancia comercial
  - Protegen las costas contra la acción de las olas
  - Áreas de recreo
  - Brindan sustento para millones de personas alrededor del mundo
  - Conservación/Patrimonio Cultural

Fuente Imagen: Juan L. Torres-Pérez

# Factores Principales Afectando los Ecosistemas Costeros

**Clima**

- Ocurrencia de eventos extremos
- Aumento en el nivel del mar
- Acidificación de los océanos
- Aumentos en las temperaturas superficiales marinas y globales
- Cambios en las corrientes oceánicas
- Nuevas enfermedades o un incremento de casos de enfermedades conocidas

Coral Blanqueado; Fuente Imagen: Juan L. Torres-Pérez

Huracán María (2017); Fuente Imagen: Naval Research Laboratory NOAA

# Factores Principales Afectando los Ecosistemas Costeros

**Locales**

- Escorrentía costera
- Daños mecánicos
- Arrojar residuos ilegales
- Plásticos
- La introducción de especies invasoras

Fuente Imágenes: (Izq.) Juan L. Torres-Pérez; (Der.) Tom Moore NOAA

# Los Ecosistemas Costeros Templados y Tropicales Más Comunes

**Zonas Templadas:**

- Orillas Rocosas
- Bosques de Kelpos

**Zonas Tropicales:**

- Arrecifes de Coral
- Praderas de Yerbas Marinas
- Bosques de Manglares

Orilla rocosa en Nueva Zelanda. Fuente: Pixabay

Arrecifes de Coral, Bahía Kaneohe, Hawái.
Fuente: Juan L. Torres-Pérez

# Ecosistemas Costeros Templados

## Orillas Rocosas

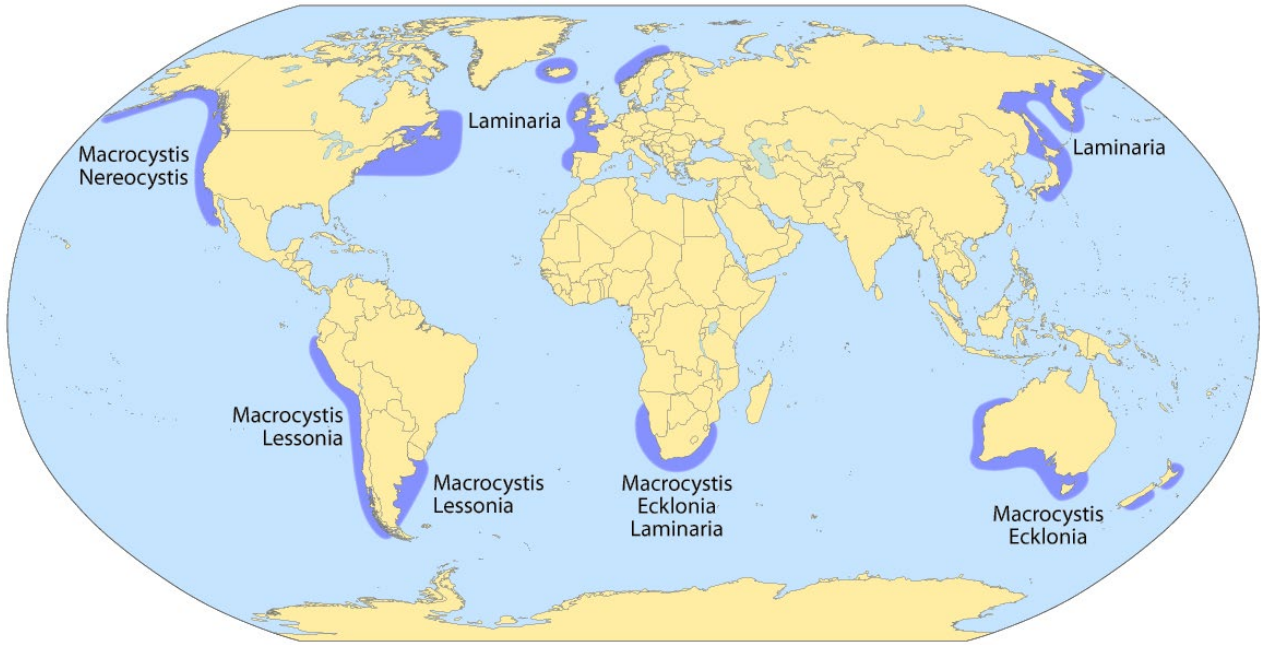
- Las orillas rocosas expuestas albergan algunos de los conjuntos de especies más diversos y productivos en zonas templadas.
- Son de 2 a 5 veces más productivas que los bosques perennes templados
- Son ecosistemas altamente heterogéneos
- Más de 300 especies descritas en la costa oeste de Norteamérica, en particular moluscos y otros invertebrados

Fuente: Juan L. Torres-Pérez

# Ecosistemas Costeros Templados

## Bosques de Kelpos

- Ocurren en aguas abiertas, poco profundas ricas en nutrientes en océanos templados y polares
- Cubren aproximadamente el 25% de las áreas costeras del mundo
- Como todo organismo marino fotosintético, el kelpo restringe su distribución a las primeras decenas de metros (usualmente hasta 40m), pero algunas especies se han encontrado a hasta 260m de profundidad en aguas excepcionalmente claras del Océano Indico y el Mediterráneo.
- Crecen bien en aguas turbulentas, pues la acción de las ondas y las corrientes oceánicas suplen nutrientes para su desarrollo y la dispersión de propágulos

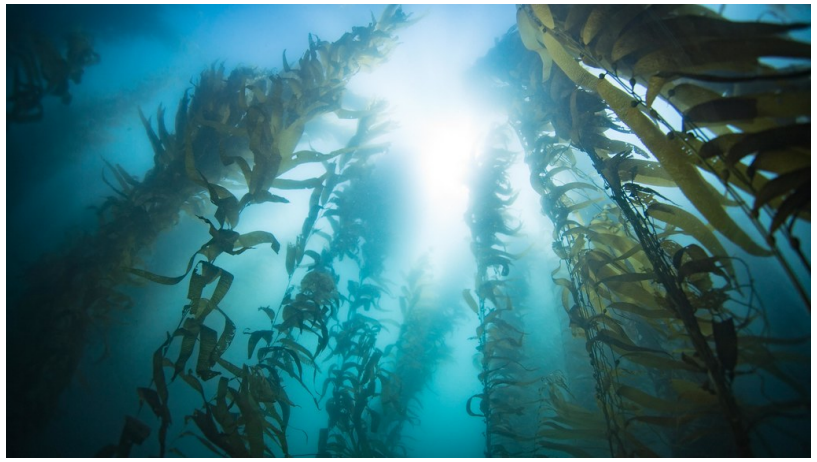


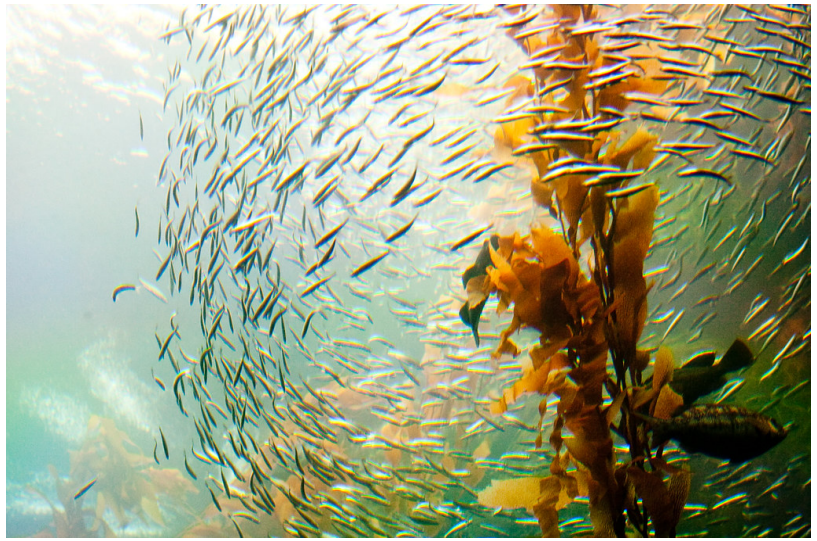

Fuente: www.commons.Wikimedia.org

# Ecosistemas Costeros Templados

## Bosques de Kelpos

- Bajo condiciones ideales, los individuos pueden crecer hasta 45 cm (18 pulgadas) al día.
- Varias especies tienen neumatocistos ("globitos" llenos de gas) que ayudan con la flotabilidad
- Albergan una diversidad de otros organismos.
- Muchos mamíferos y aves usan el bosque de kelpo como protección y fuente de alimentos.
- Son reconocidos como uno de los ecosistemas más productivos y dinámicos del planeta.

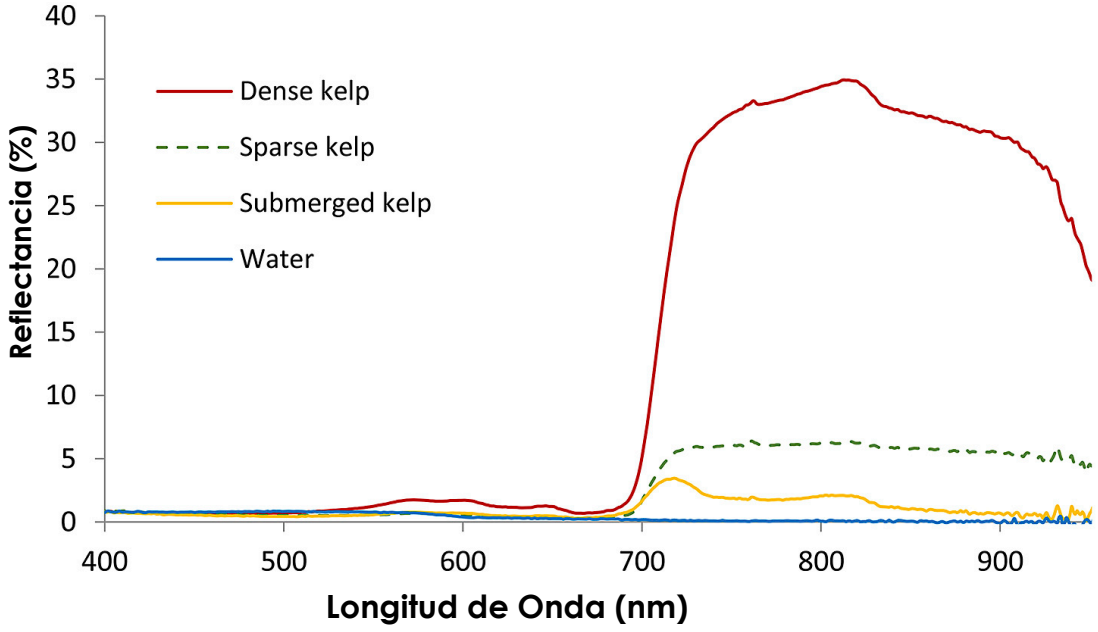


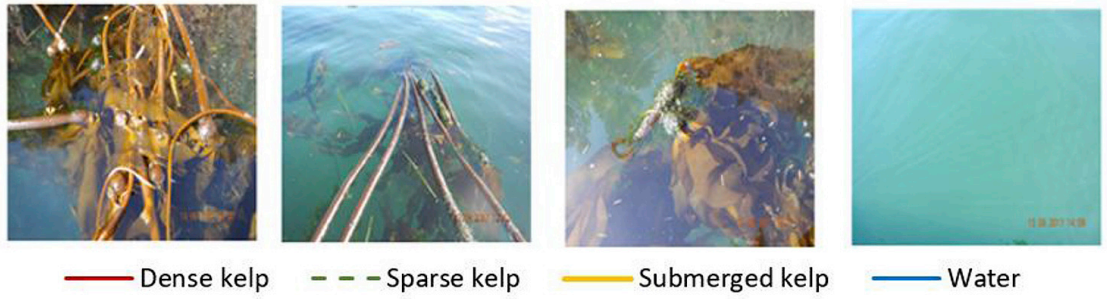


Fuente: www.flickr.com

# Discriminación de Kelpos en la Superficie del Agua

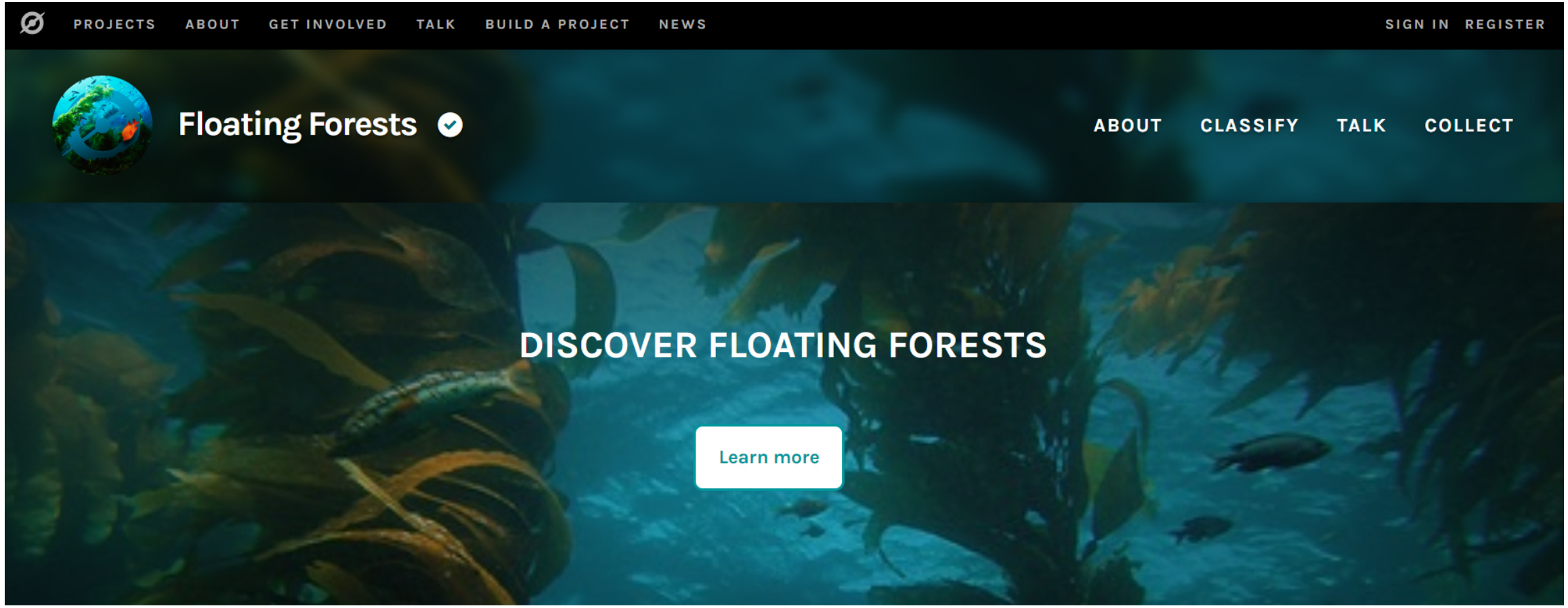
- El kelpo denso en la superficie acuática refleja fuertemente en el infrarrojo cercano.
- Las señales del kelpo disperso y sumergido muestran una alta influencia de la absorción del infrarrojo cercano por parte del agua aun en los primeros centímetros de la columna de agua.
- Las señales también son influenciados por la presencia de fitoplancton, sedimentos suspendidos y Materia Orgánica Disuelta Coloreada (CDOM).




Schroeder et al (2019) Global Ecol. Cons.

# Floating Forests* – Un Proyecto de Ciencia Ciudadana Subvencionado por NASA




https://www.zooniverse.org/projects/zooniverse/floating-forests

Get started

Classify Kelp on the Edge: Baja

Classify Urban Kelp

Find Urban Kelp

*Bosques Flotantes en inglés

# Ecosistemas Costeros Tropicales

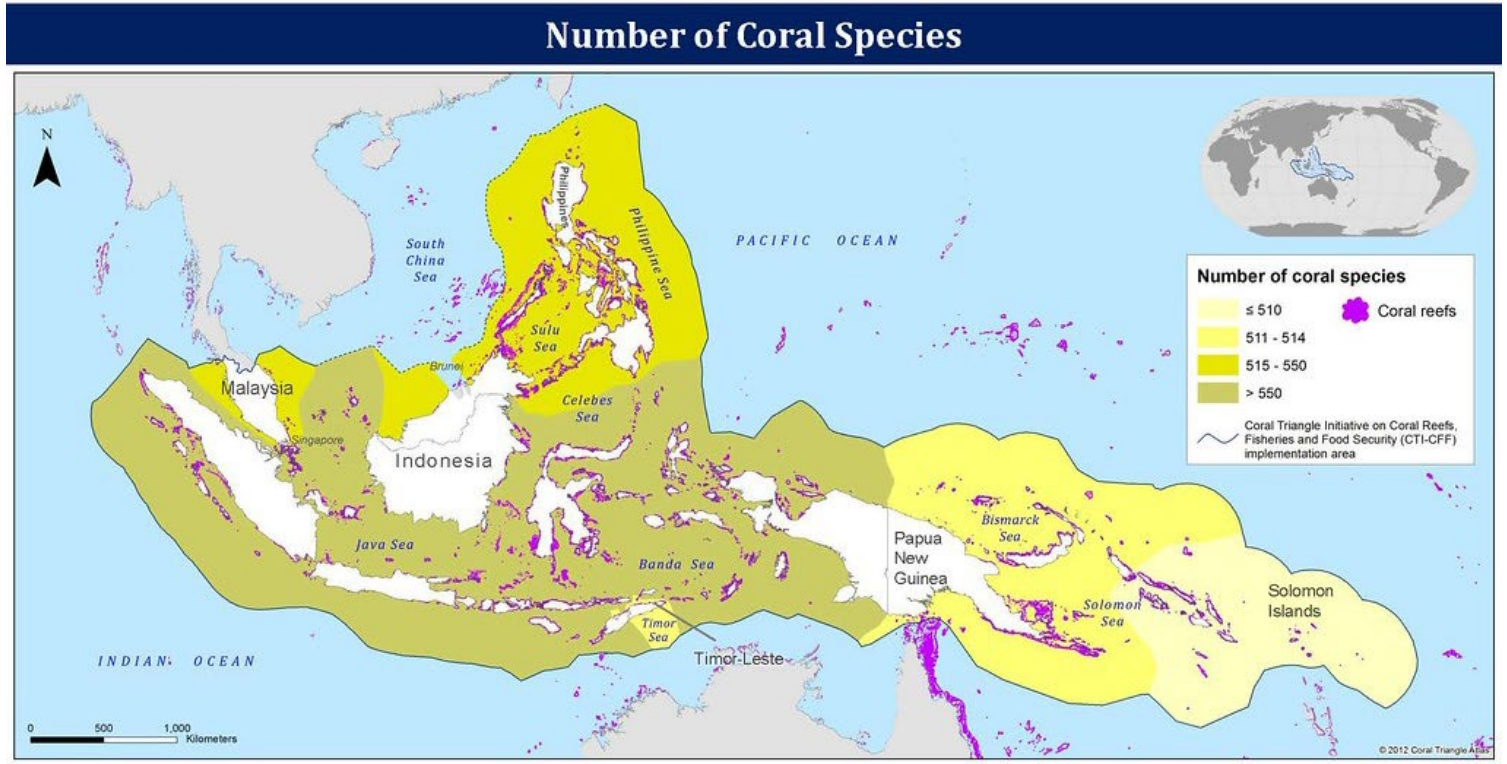
## Arrecifes de Coral

- Son probablemente los ecosistemas más diversos del planeta
- Existen típicamente entre 30°N y 30°S de la línea ecuatorial
- Se desenvuelven en aguas claras relativamente cálidas (25 - 29°C)
- Son bastante difíciles de mapear debido a su alta heterogeneidad
- Normalmente se extienden más allá de las profundidades que se pueden observar de manera fiable mediante la teledetección

Imagen IKONOS de la Reserva Natural La Parguera.
Fuente: Laboratorio de Oceanografía Bio-óptica, U. de Puerto Rico

# Arrecifes de Coral

- Hay más de 700 especies de corales duros descritas hasta el momento
- El Indo-Pacífico tiene el mayor número de especies
- El Caribe tiene aproximadamente la 10ª parte de especies de coral de las que tiene el Indo-Pacífico
  - Es una cuenca mucho menos antigua
  - El cierre del Istmo de Panamá en el Plioceno Tardío (hace ~6-7M de años) restringió el flujo de genes entre las cuencas del Caribe y el Pacífico



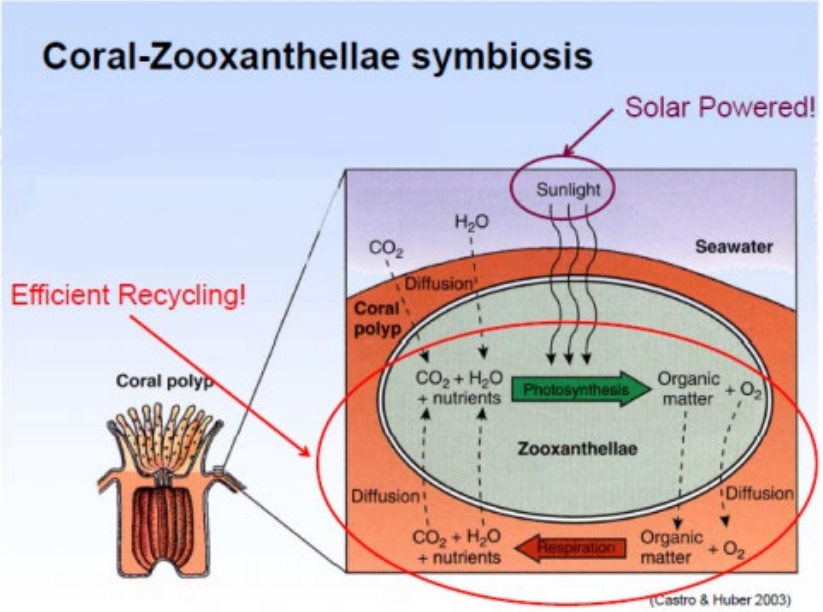

**Sources:** Number of coral species – Indonesia, Philippines, Papua New Guinea, Solomon Islands and Timor-Leste from Veron (2009) *Coral Geographic: a spatial database;* Malaysia from the *State of the Coral Triangle Report (SCTR) for CT countries;* Coral reefs – UNEP-WCMC (2010) *Global Distribution of Coral Reefs.*

Fuente: USAID

# Arrecifes de Coral

- Los corales tienen la habilidad de crear ecosistemas complejos gracias a su relación simbiótica con un dinoflagelado microscópico, conocido comúnmente como zooxantelas.
  - Proveen la mayoría (80-90%) de los requisitos nutricionales del coral
- Muchos otros organismos dentro del ecosistema del arrecife también son fotosintéticos (p. ej., algas, yerbas marinas) y tienen pigmentos similares.
  - P. ej., clorofilas, carotenos y xantofilas

Colonia de *Montastraea cavernosa* (PR)
Fuente imagen: Juan L. Torres-Pérez

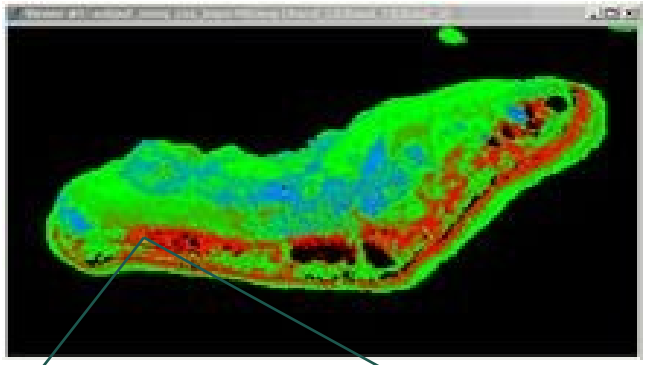


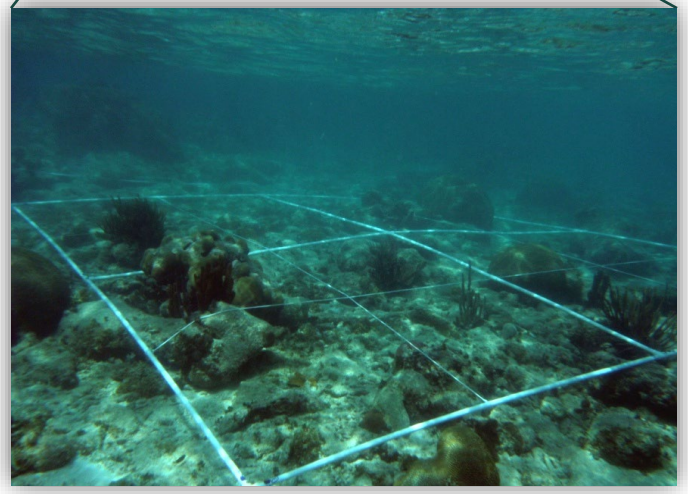
# Arrecifes de Coral – Complejidad en Cada Pixel

**<u>Dentro de cualquier píxel, podría haber:</u>**

- Corales Duros
- Praderas de yerbas Marinas
- Corales blandos
- Algas
- Escombros de corales muertos
- Arena
- Esponjas
- Etc.

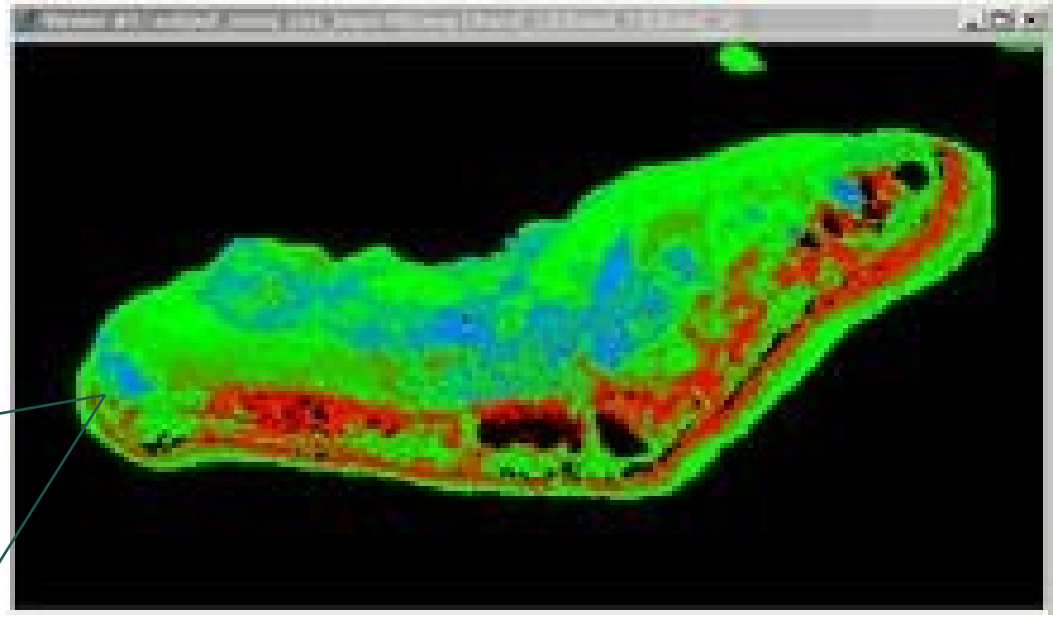
Fuente: Laboratorio de Oceanografía Bio-óptica, U. de Puerto Rico

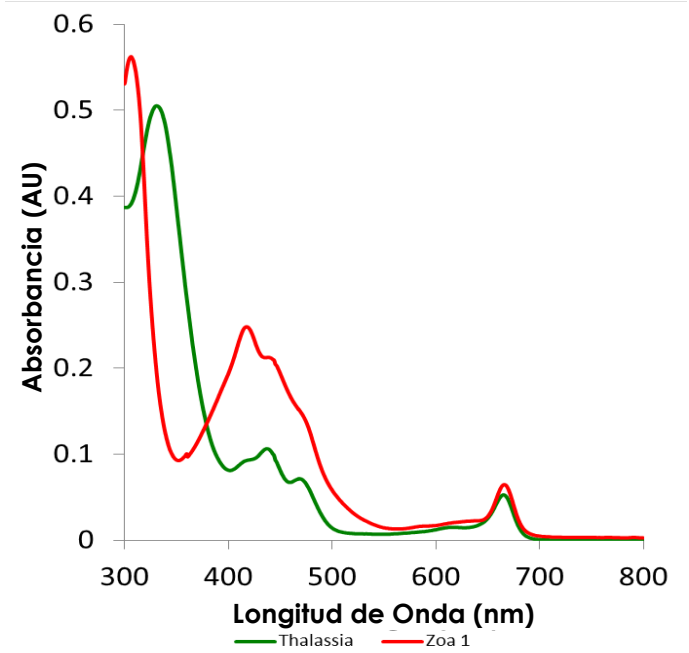




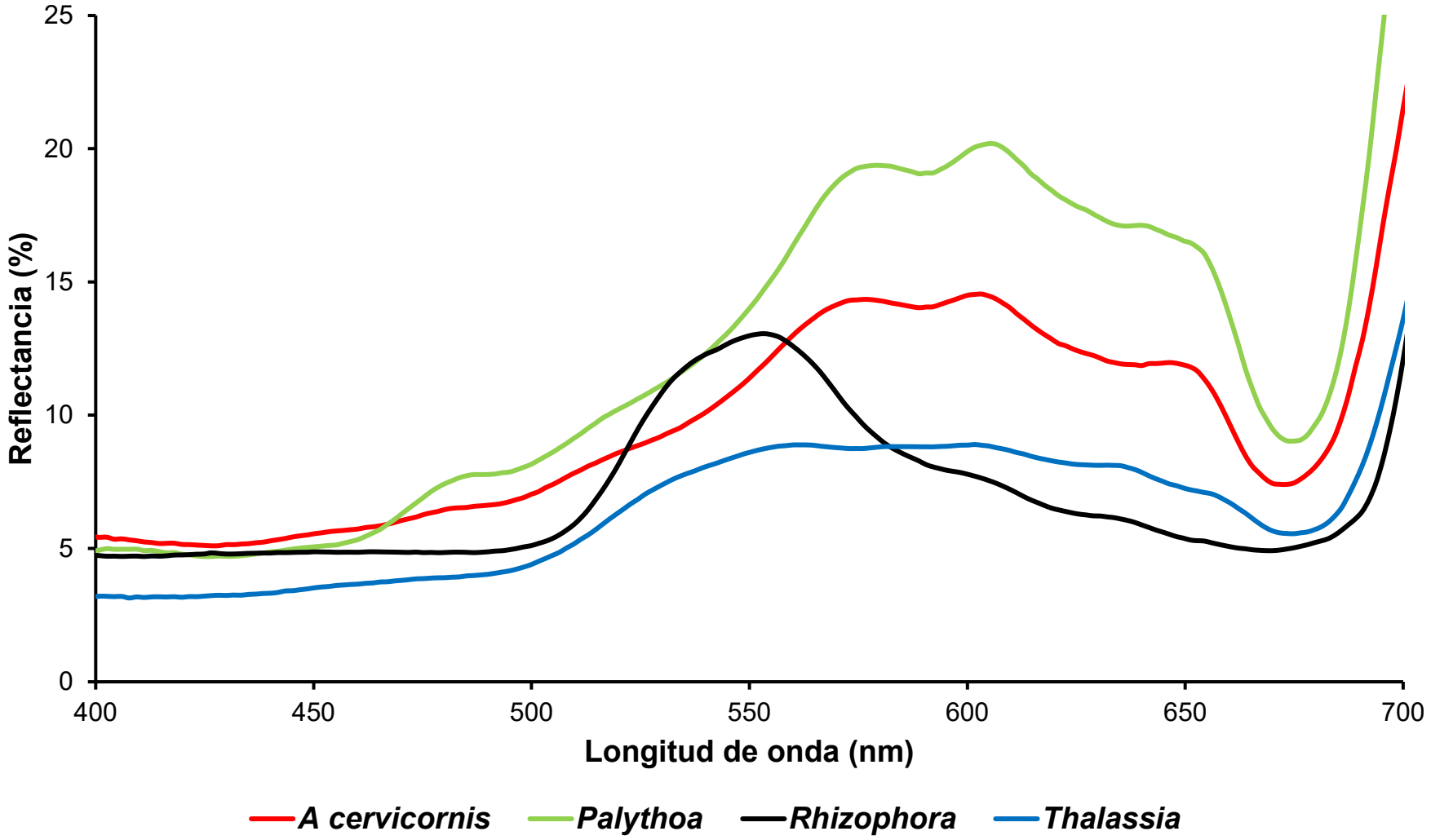
# El Contenido de 1 Pixel

- Los componentes bénticos pueden tener colores similares pero puede que sean espectralmente diferentes.





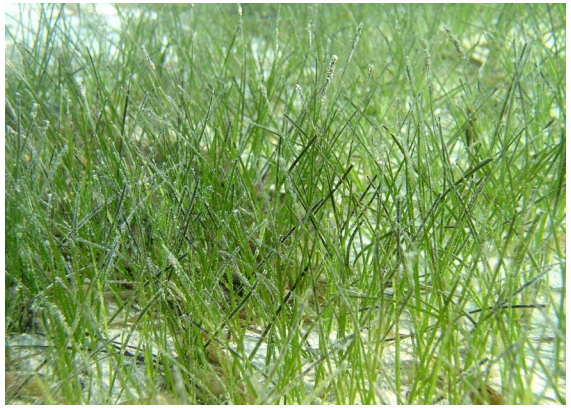
# Comparación Espectral de Diferentes Componentes de Arrecifes de Coral



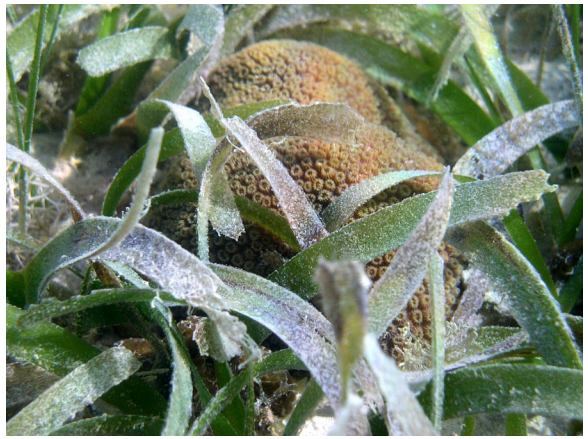

Torres-Pérez (No publicado)

# Praderas de Yerbas Marinas

- Ecosistemas muy importantes en aguas poco profundas en zonas tropicales
- Importantes para el secuestro de carbono
- Los sistemas de las raíces ayudan con la estabilización de sedimentos y nutrientes
- Proveen hábitat para la reproducción y criadero, así también como una fuente directa de alimentos para peces y mariscos comercial y ecológicamente importantes y especies en peligro

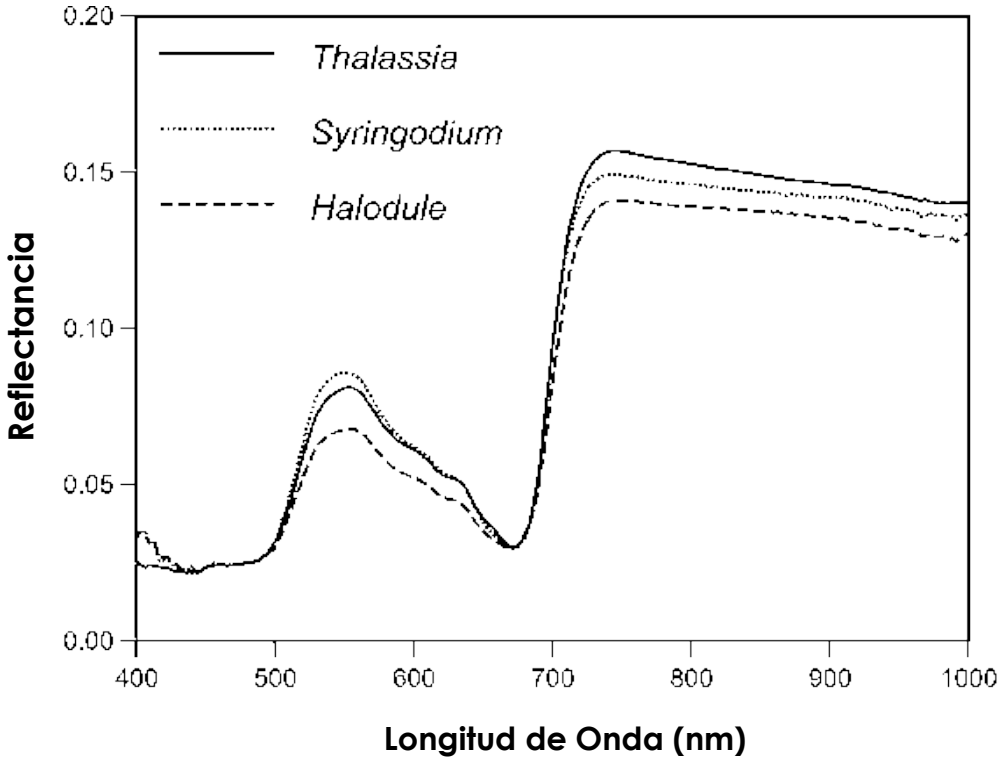


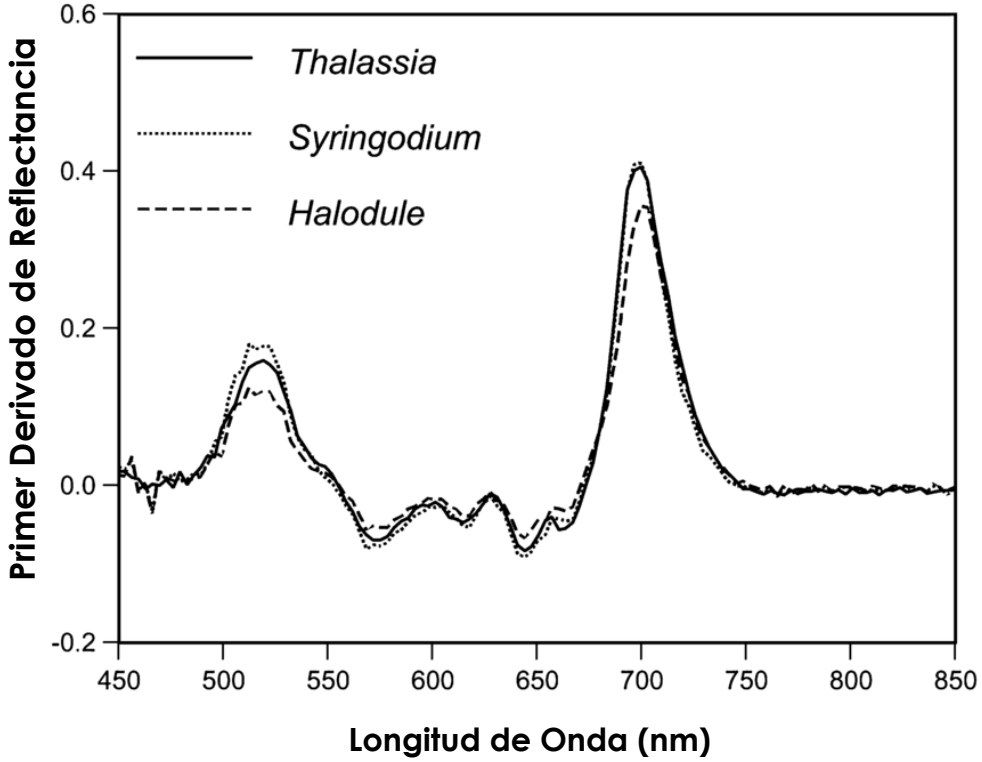
Izq.: Hierba de Tortuga (*Thalassia testudinum*); Der.: Hierba de Manatí (*Syringodium filiforme*). Fuente: Juan L. Torres-Pérez



Izq.: Coral Estrella (*Orbicella annularis*); Der. Estrella Cojín (*Oreaster reticulatus*). Fuente: Juan L. Torres-Pérez

# Praderas de Yerbas Marinas

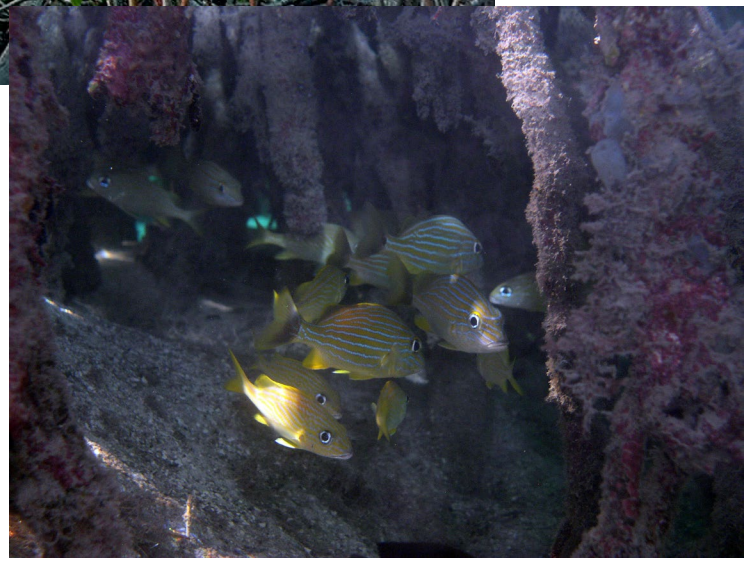



Extracto de: Thorhaug et al 2005 Int. J. Remote Sens.

# Bosques de Manglares

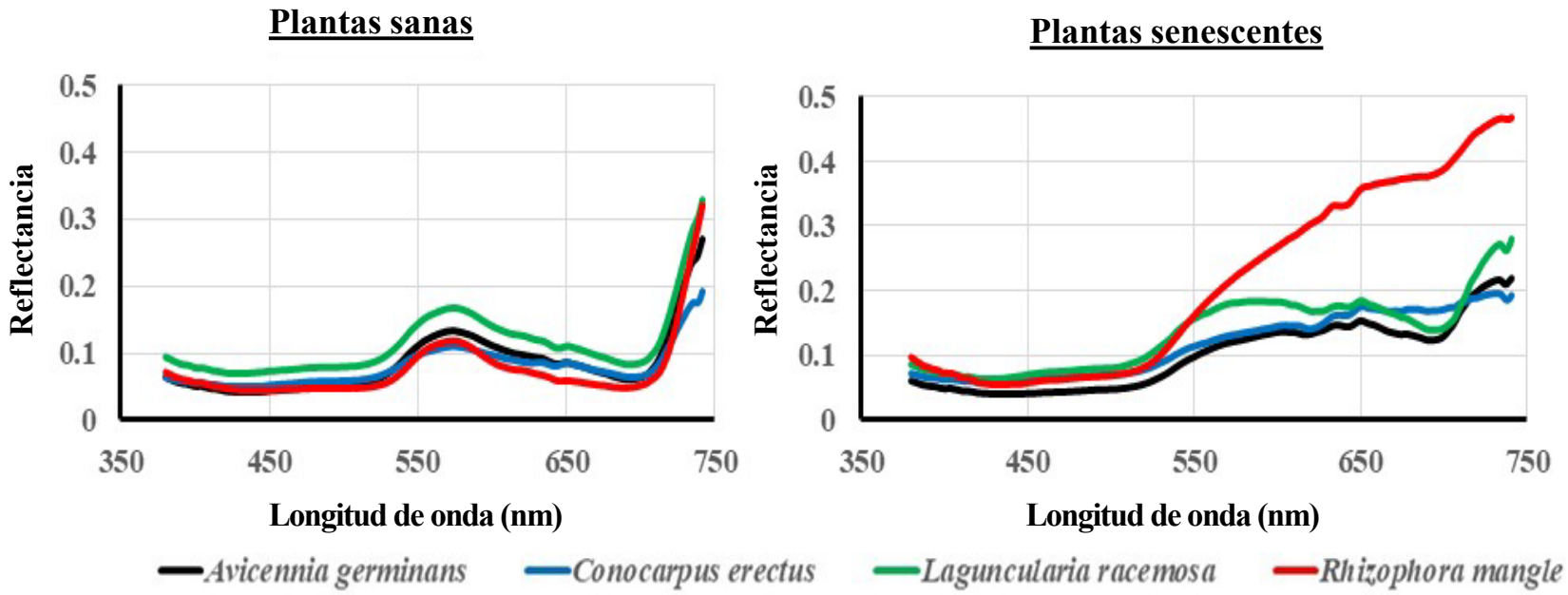
- Los manglares son halófitos (plantas que toleran la sal) que se han adaptado para poder vivir en zonas costeras.
- Al igual que las praderas de yerbas marinas, los manglares proporcionan muchos servicios ecosistémicos (estabilización de sedimentos, áreas de crianza para especies de peces y mariscos y protección de la zona costera).
- Los manglares capturan más carbono que los bosques tropicales.
- Los manglares típicamente son dominados por unas cuantas especies con una zonación basada en la resistencia a la concentración de sal en el suelo.
- El manglar rojo normalmente vive en contacto con el océano.



Superior: Manglar rojo (*Rhizophora mangle*); Inferior: comunidad de peces en raíces de manglares. Fuente: Juan L. Torres-Pérez

# Bosques de Manglares

- Las especies son espectralmente similares.
- Los datos espectrales sirven para discriminar entre doseles sanos y enfermos o senescentes.




Torres-Pérez (No publicado)

# Satélites Comúnmente Utilizados para Evaluar Ecosistemas Terrestres

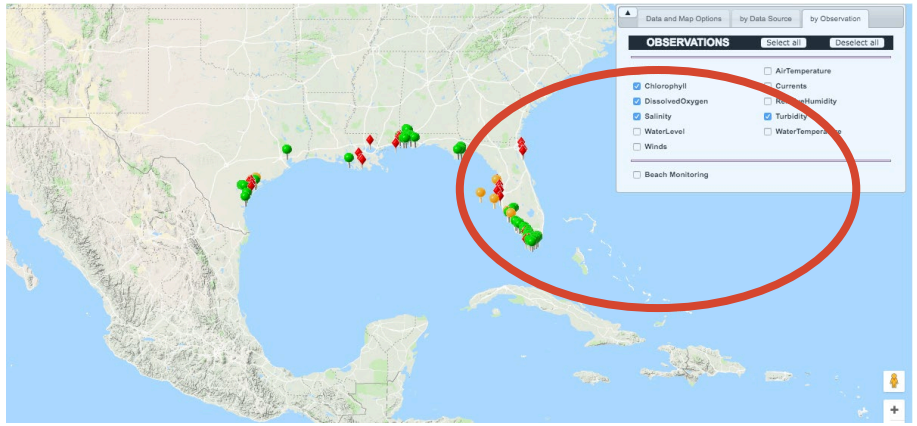
# Consideraciones al Elegir Datos Satelitales

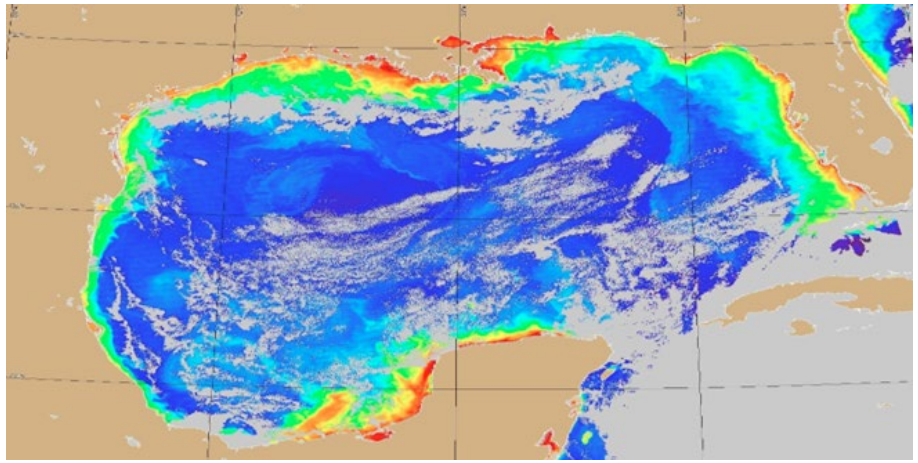
- Resolución temporal de la adquisición de datos – Diaria? Semanal? Mensual?
- Resolución espacial – depende del satélite: metros a km
- Resolución espectral – multiespectral vs. hiperespectral
  - ¿Dónde en el espectro electromagnético están las bandas de los satélites? Visible? IR? IR onda corta?
- Longevidad de la misión satelital
  - Landsat tiene el historial de datos satelitales más largo (desde los 1970).
- Condiciones geográficas y atmosféricas en el sitio de estudio
  - Los ecosistemas costeros en general suelen ser pequeños (praderas de yerbas marinas) o angostos (playas)
  - Las zonas tropicales normalmente tienen una mayor cobertura de nubes durante todo el año
- ¿Los datos están libremente disponibles o hay algún costo asociado con su adquisición?
- ¿Están planificando misiones en el futuro?
  - Surface Biology and Geology (SBG)
  - Plankton, Aerosol, Cloud, Ocean Ecosystem (PACE)

# Ventajas de las Observaciones Satelitales

- Están disponibles para regiones grandes
  - Son la única fuente a nivel mundial para algunos parámetros
- Hay series temporales largas y continuidad de datos
  - Hacen seguimiento al progreso
  - Establecen líneas de base y tendencias
- Consistencia y comparabilidad
  - Entre múltiples países
- Diversidad de mediciones
  - Muchos diferentes parámetros
- Complementan los métodos estadísticos tradicionales
  - Corroboración con datos tomados *in situ*
- Por lo general de acceso gratuito y abierto

Muestreo en el Agua en Ubicaciones Limitadas



Fuente Imágenes (sup.) http://data.gcoos.org; (inf.) Imagen de 2013 de MODIS mostrando niveles elevados de clorofila-a

# Misiones Satelitales Anteriores para la Zona Costera

**Coastal Zone Color Scanner (CZCS)**

- Fue lanzado en 1978 a bordo del satélite Nimbus-7 (órbita casi polar heliosíncrona)
- Hasta 1986
- Diseñado específicamente para el seguimiento a los océanos y otros cuerpos de agua
- Principalmente para color oceánico y temperatura
- Cobertura global cada 6 días
- 6 bandas: 4 visibles, IR cercana, térmica
- Resolución espacial de 825m

**Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS)**

- Fue lanzado en 1997 a bordo de la plataforma SeaStar
- La misión terminó en diciembre de 2010
- Diseñado para monitorear el océano
- 8 bandas espectrales: 6 visibles (400-700nm) y 2 IR cercanas
- Resolución espacial disponible a 1.1 y 4.5 km
- Tiempo de revisita: 1 día
- Se utilizó para estimar la producción primaria, los proceso de los fitoplánctones y otros

# Misiones Satelitales Actuales

- Landsat 7 (15/4/1999 – Hoy)
- Landsat 8 (1/2/2013 – Hoy)
- Terra (18/12/1999 – Hoy)
- Aqua (4/5/2002 – Hoy)
- Suomi National Polar Partnership (SNPP) (21/11/2011 – Hoy)
- Sentinel-2A (23/6/2015 - Hoy)
- Sentinel-2B (7/3/2017 – Hoy)
- Sentinel-3A (16/2/2016 – Hoy)

# Satélites y Sensores para el Monitoreo de Ecosistemas Costeros

| Satélites | Sensores | Resolución |
|---|---|---|
| Landsat 7 | Enhanced Thematic Mapper (ETM+) | Franja de 185 km; 15 m, 30 m, 60 m; tiempo de revisita de 16 días |
| Landsat 8 | Operational Land Imager (OLI) | Franja de 185 km; 15 m, 30 m, 60 m; tiempo de revisita de 16 días |
| Terra & Aqua | MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) | Franja de 2330 km; 250 m, 500 m, 1 km; tiempo de revisita 1-2-días |
| Suomi NPP | Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) | Franja de 3040 km; 375 m – 750 m; tiempo de revisita de 1 a 2 días |
| Sentinel 2A y 2B | Multi Spectral Imager (MSI) | Franja de 290 km; 10 m, 20 m, 60 m; tiempo de revisita de 5 días |
| Sentinel 3A | Ocean and Land Color Instrument (OLCI) | Franja de 1270 km; 300 m; tiempo de revisita de 27 días |

# Multiespectral vs. Hiperespectral

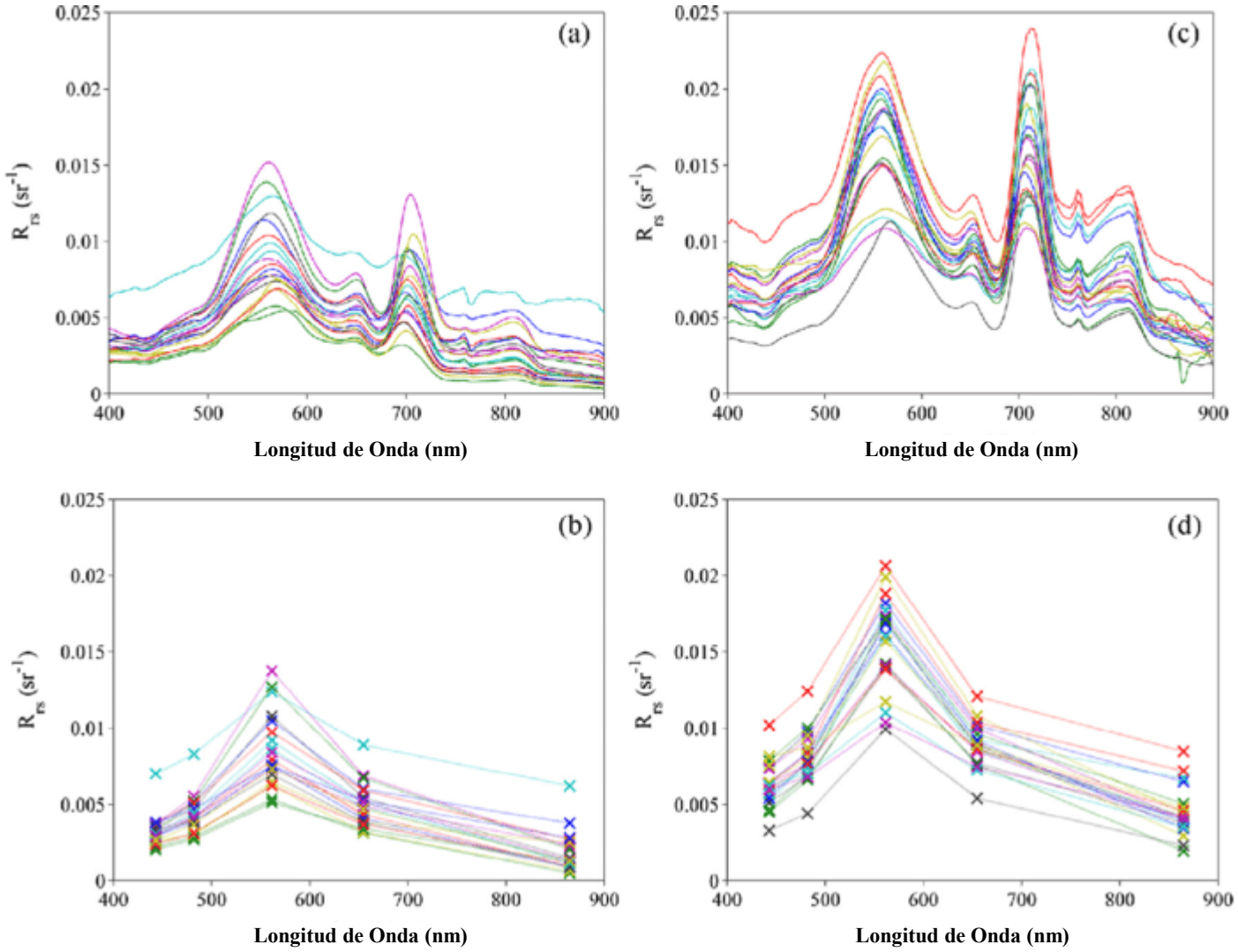
**Multiespectral**

- Ha sido lo normal para sensores satelitales
- Limitado en cuanto al número de bandas espectrales que se pueden utilizar
- Tiene la ventaja de la longevidad de los conjuntos de datos en algunos casos (Landsat, MODIS)
- Resolución temporal bastante alta (días a semanas)

**Hiperespectral**

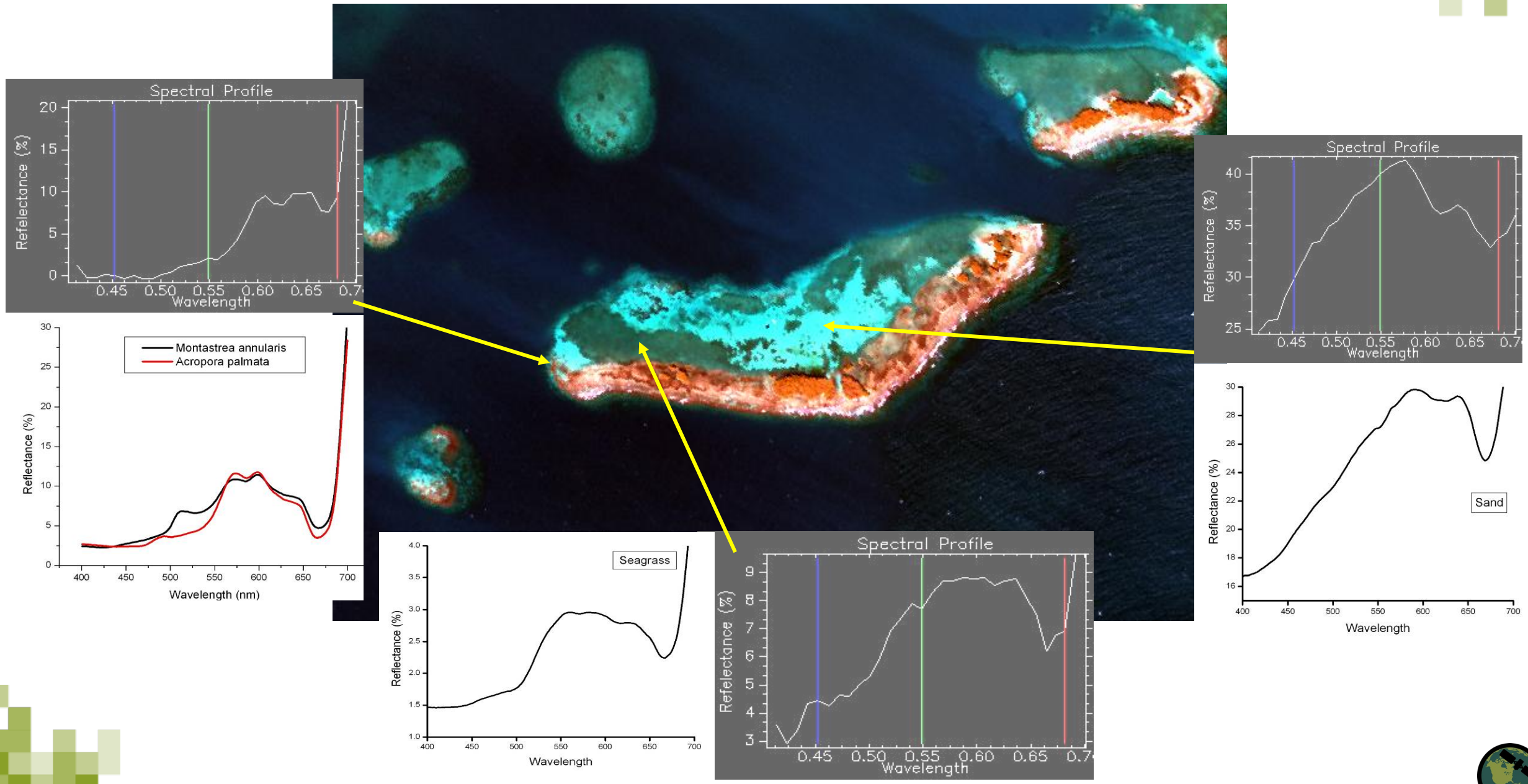
- Hasta el momento, muy limitado en cuanto a los números de sensores de base satelital
- Hyperion – a bordo de la nave espacial EO-1 (retirado del servicio en 2017); resolución de 30m, 220 bandas @10nm de ancho de banda
- Algunos son para misiones específicas
  - (Hyperspectral Imager for the Coastal Ocean a bordo de la Estación Espacial Internacional)
    - Conjunto de datos limitados (2009-2014)
- Sensores aéreos
  - Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS)
  - AVIRIS-New Generation (AVIRIS-NG)
  - Portable Remote Imaging Spectrometer (PRISM)
- Ultimamente, se ve muy prometedor el desarrollo de cámaras hiperespectrales para aeronaves no tripuladas (Unmanned Airborne Systems o UAS)

# Multiespectral vs. Hiperespectral




Comparación de Concentraciones de Material Suspendida Total. Fuente: Bernardo et al 2017 Adv. Space Res.

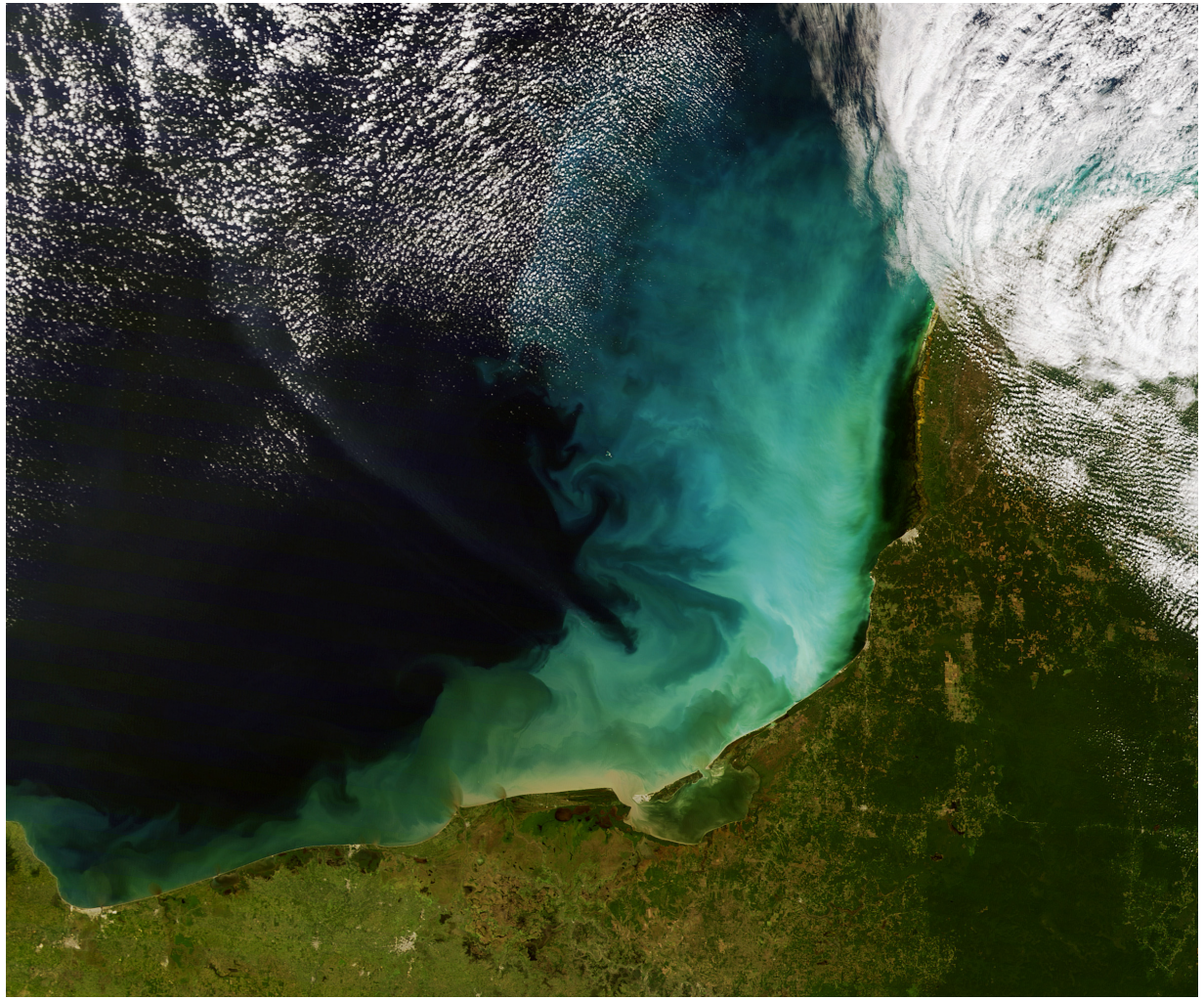
# Imagen (Hiperespectral de AVIRIS) con Corrección Atmosférica



# Evaluación Indirecta de Ecosistemas Sumergidos

# Indicadores de la Calidad del Agua Medibles por Satélites

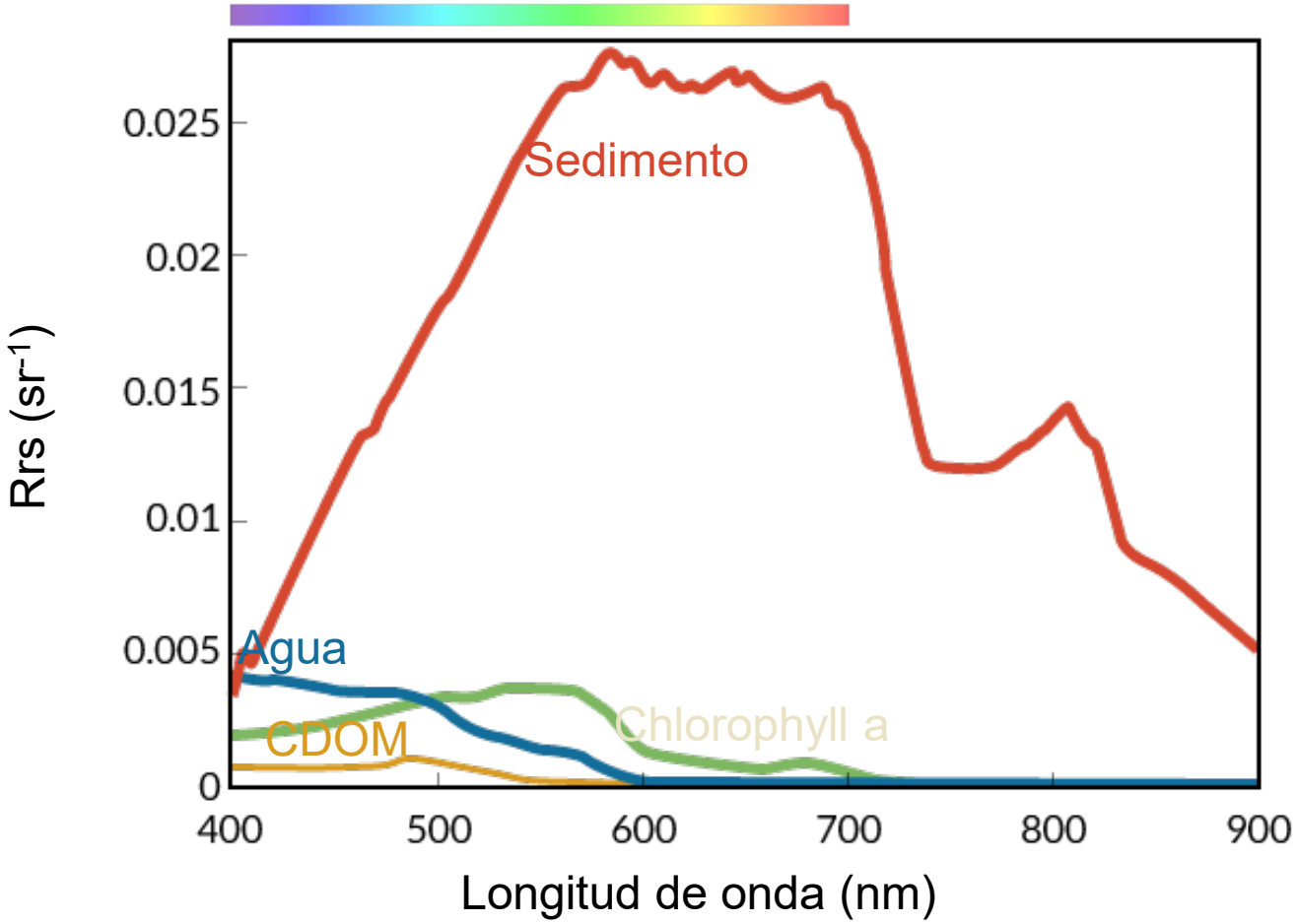
- Materia Orgánica Disuelta Coloreada (CDOM)
- Temperatura Superficial Marina (Sea Surface Temperature o SST)
- Clorofila-a (fitoplancton)
- Salinidad
- Sólidos Suspendidos Totales (TSS o Total Suspended Solids) o Material Suspendido Total (Total Suspended Matter o TSM)
- Altura de la Línea de Fluorescencia
- Profundidad Eufótica



Península de Yucatán. Fuente: GSFC

# 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)
- Espectrales
- Propiedades ópticas
  - Propiedades ópticas inherentes (IOP)
  - Propiedades ópticas aparentes (AOP)



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

Absorción de la luz (a) por parte de fotoplancton (ph), sedimento (s), agua (w) y CDOM

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

Dispersión de la luz (b) por partículas en dirección de avance ($b_f$) y en sentido contrario ($b_b$) $b = b_f + b_b$

CDOM | Clorofila | Agua | Sedimento

Siguiente Sesión (1ro de sept.): Penetración de la Luz en el Agua

# 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!