

## Introducción a las Observaciones Hiperespectrales de PACE para el Monitoreo de la Calidad del Agua

Sesión 1: Introducción a la Misión PACE (Plankton Aerosol, Cloud, ocean, Ecosystem) para el Monitoreo de la Calidad del Agua

Instructor de ARSET : Amita Mehta (NASA-GSFC & UMBC-GESATR II)

Instructor Invitado: Antonio Mannino, Científico Auxiliar del Proyecto PACE, Océanos (NASA-GSFC)

25 de septiembre 2024





**Acerca de ARSET**

# Acerca de ARSET\*

- ARSET ofrece capacitaciones accesibles, relevantes y sin costo sobre satélites, sensores, métodos y herramientas de teledetección.
- Las capacitaciones incluyen una variedad de aplicaciones de datos satelitales y son personalizadas para participantes con diferentes niveles de experiencia.



AGRICULTURA



CLIMA Y RESILIENCIA



DESASTRES



CONSERVACIÓN ECOLÓGICA



SALUD Y CALIDAD DEL AIRE



RECURSOS HÍDRICOS

\*Siglas de **A**ppplied **R**emote **S**ensing **T**raining Program  
(Programa de Capacitación de Teledetección Aplicada  
en inglés)



EARTH SCIENCE  
APPLIED SCIENCES



CAPACITY BUILDING



# Acerca de las Capacitaciones de ARSET

- En línea o presenciales
- En vivo, dirigidas por instructores o autodirigidas individualmente
- Sin ningún costo
- Opciones bilingües y multilingües
- Solo usan software y datos de fuente abierta
- Cubren diferentes niveles de experiencia
- Visite la [página de ARSET](#) para aprender más.



EARTH SCIENCE  
APPLIED SCIENCES



CAPACITY BUILDING





## **Introducción a las Observaciones Hiperespectrales de PACE para el Monitoreo de la Calidad del Agua**

# Antecedentes

- EL monitoreo de la calidad del agua en estuarios costeros y lagos interiores es crucial para la gestión de los ecosistemas, la pesca y el agua potable.
- Debido a la cobertura espacial y temporal limitada de las muestras de agua in situ, se utilizan datos de teledetección para obtener parámetros de calidad del agua en océanos costeros y abiertos y cuerpos de agua continentales.
- Los sensores multiespectrales con bandas espectrales limitadas y medias ( $> 10$  nm), por ejemplo, Terra y Aqua-MODIS, JNPP y PSS VIIRS, Landsat-OLI, Sentinel-2 MSI, se utilizan ampliamente para derivar parámetros de la calidad del agua, como la concentración de clorofila-a, un indicador de la proliferación de algas.
- Sentinel-3 OLCI tiene unas cuantas bandas con un ancho de  $< 10$  nm, que también se utilizan para derivar parámetros de la calidad del agua como la concentración de clorofila-a.
- Estos sensores pueden detectar floraciones de algas pero no pueden distinguir entre floraciones de algas tóxicas y nocivas (FAN) y algas no tóxicas.



# ¿Por Qué las Observaciones Hiperespectrales?

- Las floraciones de algas nocivas (FAN) causan enfermedades en los seres humanos si consumen mariscos o agua potable contaminados o si están expuestos a las floraciones de algas nocivas al nadar (NIEHS<sup>1</sup>).
- Las observaciones hiperespectrales (ancho de banda espectral de < 10 nm) ayudan a detectar organismos FAN en el agua<sup>2</sup>.

**Tabla 1 del Informe NIEHS: Health Effects of HAB Organisms**

Organismo	Tipo de Agua	Color	Toxina	Tejido Atacado	Efectos Sobre la Salud
Alexandrium sp.	Salada	Rojo o Café	Saxitoxinas	Nervios y músculos	Intoxicación paralítica por mariscos, parálisis, muerte
Karenia brevis	Salada	Rojo	Brevetoxinas	1. Sistema nervioso 2. Sistema respiratorio	1. Enfermedad gastrointestinal, calambres musculares, convulsiones, parálisis 2. Problemas respiratorios, especialmente para los asmáticos
Pseudo-nitzschia	Salada	Rojo o Café	Ácido Domoico	Sistema nervioso	Intoxicación amnésica por mariscos, vómitos, diarrea, confusión, convulsiones, pérdida permanente de la memoria a corto plazo o muerte
Microcystis	Dulce	Azul-Verde	Microsistina	Hígado	Enfermedad gastrointestinal, daño hepático

<sup>1</sup>National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS). "Algal blooms". National Institute of Environmental Health Sciences: Environmental Health Topics. (2021, September 8)

<sup>2</sup><https://www.space4water.org/news/exploring-exciting-potential-hyperspectral-imaging-water-quality-monitoring>



# PACE: Observaciones Hiperespectrales Globales Diarias

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

- Misiones pasadas de la NASA con sensores hiperespectrales: EO Hyperion, HICO.
- Misión actual de la NASA con sensores hiperespectrales: EMIT.
- En febrero de 2024, la NASA lanzó PACE, la misión hiperespectral más reciente:
  - [Ocean Color Instrument \(OCI\)](#) tiene bandas entre el rango de longitud de onda de 314.55 a 894.602 nm con un ancho de banda de 5 nm y 8 bandas en el rango infrarrojo de onda corta.
  - PACE-OCI mejorará la detección de algas tóxicas y ayudará a monitorear la salud de los océanos costeros y abiertos, y [cuerpos de agua interiores](#) que se pueden resolver mediante la huella de OCI (>1 km<sup>2</sup>). [En EE.UU., se puede resolver entre 150 y 200 lagos con OCI.](#)
- PACE también cuenta con polarímetros (HARP2 y SPEXone). La combinación de [observaciones oceánicas y aéreas](#) nos ayudará a entender cómo los aerosoles podrían afectar el crecimiento del fitoplancton en el océano.





# Objetivos de Aprendizaje de Esta Capacitación

Al final de esta capacitación, los participantes podrán:

- Repasar las capacidades de las misiones hiperespectrales pasadas y actuales útiles para aplicaciones de calidad del agua.
- Analizar las características clave del nuevo satélite PACE de la NASA y los sensores hiperespectrales, incluyendo sus ventajas y limitaciones.
- Acceder, analizar y visualizar datos de nivel 2 y 3 de PACE para el monitoreo de la calidad del agua en áreas de interés seleccionadas utilizando el software SeaDAS y Jupyter Notebook.
- Evaluar la aplicabilidad de los parámetros de la calidad del agua de nivel 2 y 3 de PACE para evaluar la calidad del agua en grandes cuerpos de agua.



# Prerrequisitos

- [Fundamentos de la Percepción Remota \(Teledetección\)](#)
- [Introducción a las Observaciones de Teledetección para el Monitoreo de la Calidad del Agua en los Estuarios](#)
- [Capacitación sobre SeaDAS](#)
- [Jupyter Notebooks](#) y [Python 3.X](#) instalados en su propia computadora **(Opcional)**



# Esquema de la Capacitación

## Sesión 1

**Introducción a la Misión PACE (Plankton Aerosol, Cloud, ocean, Ecosystem) para el Monitoreo de la Calidad del Agua**

**25 de septiembre de 2024**

**14:00-15:30 PM  
Hora Este de EE.UU.**

## Sesión 2

Resumen General, Acceso y Análisis de los Datos de PACE Ocean Color

2 de octubre de 2024

14:00-15:30 PM Hora Este de EE.UU.

## Sesión 3

Acceso y Visualización de Datos de PACE/OCI Usando Python/Jupyter Notebook

9 de octubre de 2024

14:00-15:30 PM Hora Este de EE.UU.

## Tarea

Abre el 9 de octubre – Fecha límite: 24 de octubre – Publicado en la Página Web de la Capacitación

Se otorgará un certificado de finalización de curso a quienes asistan a todas las sesiones en vivo y completen la tarea asignada antes de la fecha límite.





Sesión 1  
**Introducción a la Misión PACE para el Monitoreo de la Calidad  
del Agua**

# Sesión 1- Objetivos

Al final de la 1<sup>era</sup> Sesión, los participantes podrán:

- Repasar las misiones hiperespectrales anteriores y actuales útiles para aplicaciones de la calidad del agua.
- Identificar las características del satélite hiperespectral PACE de la NASA y los instrumentos útiles para el monitoreo de la calidad del agua de grandes lagos y estuarios.
- Identificar las ventajas y limitaciones del uso de datos PACE/OCI para el monitoreo de la calidad del agua.



# Cómo Hacer Preguntas

- Por favor escriba su pregunta en la casilla denominada “Questions” y la responderemos al final de esta sesión.
- No dude en escribir sus preguntas durante la presentación. Intentaremos responder todas las preguntas durante la sesión de preguntas y respuestas al final de esta sesión.
- Las demás preguntas las responderemos en el documento de preguntas y respuestas, el cual será publicado en la página de esta capacitación aproximadamente una semana después que termine.



# Parte 1 – Instructores

## Amita Mehta

Instructora de ARSET  
NASA-GSFC y UMBC-GESTAR II



## Antonio Mannino

Instructor Invitado  
Científico Auxiliar del Proyecto  
PACE, Océanos (NASA-GSFC)





## Introducción a las Observaciones Hiperespectrales de PACE para el Monitoreo de la Calidad del Agua

Sesión 1: Introducción a la Misión PACE para el Monitoreo de la Calidad del Agua

Antonio Mannino (NASA Goddard Space Flight Center)

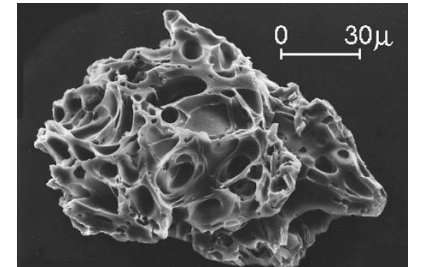
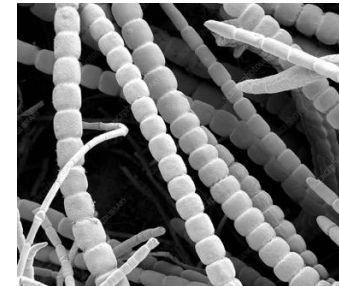
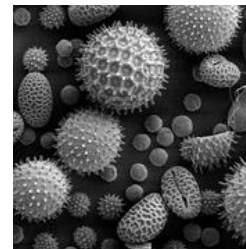
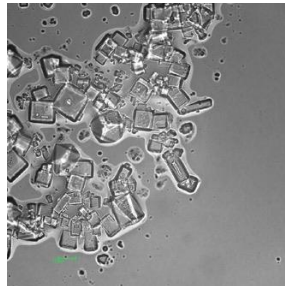
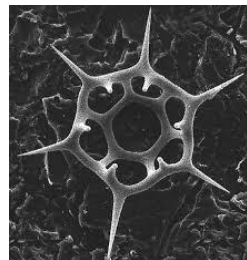
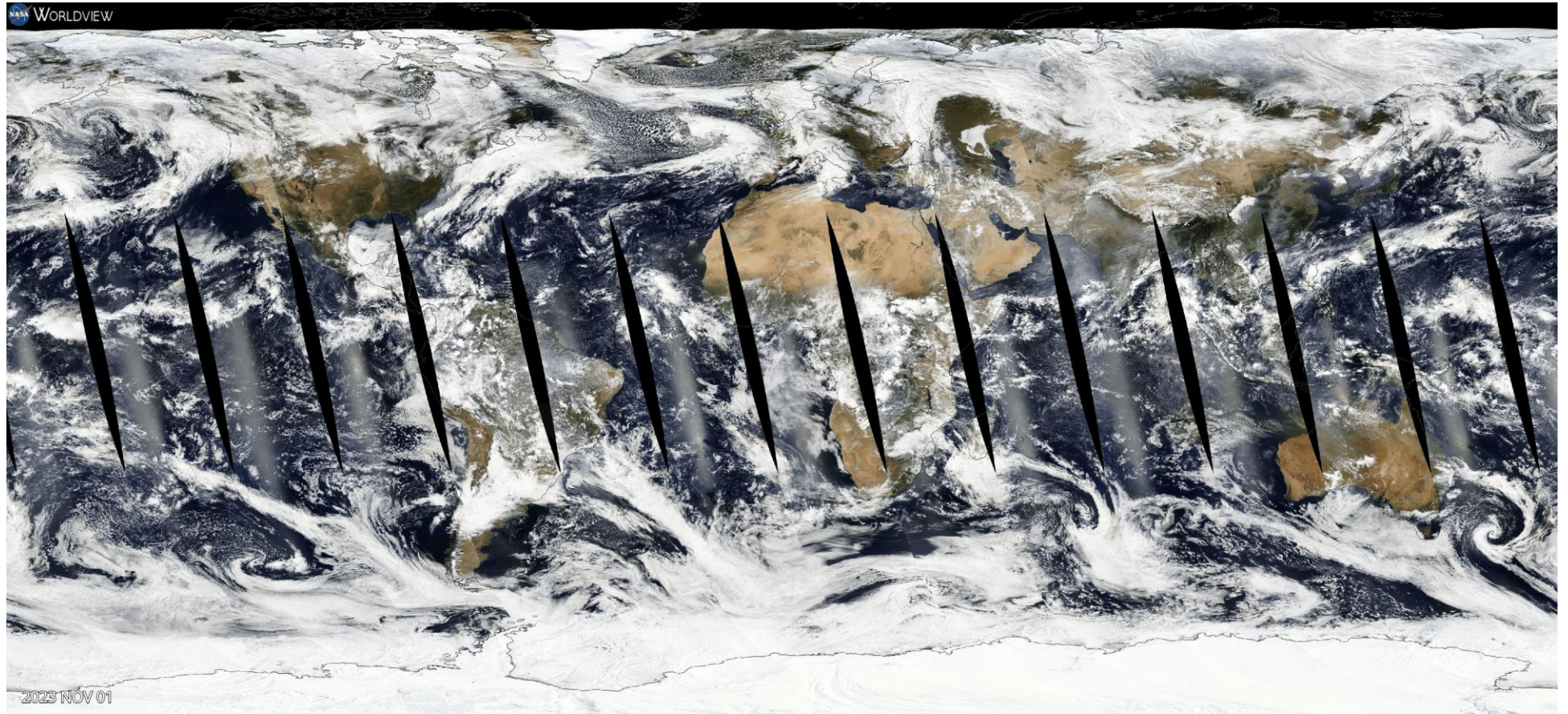
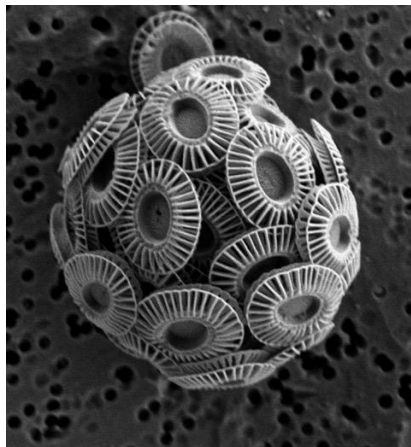
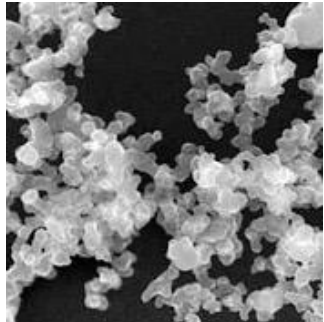
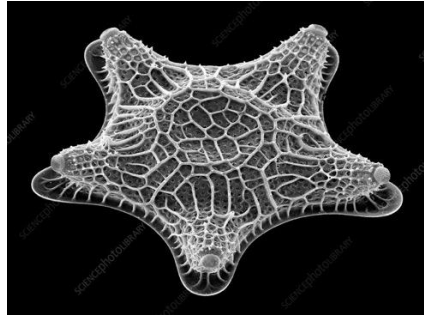
Reconocimientos: Jeremy Werdell y el Proyecto PACE

25 de septiembre de 2024



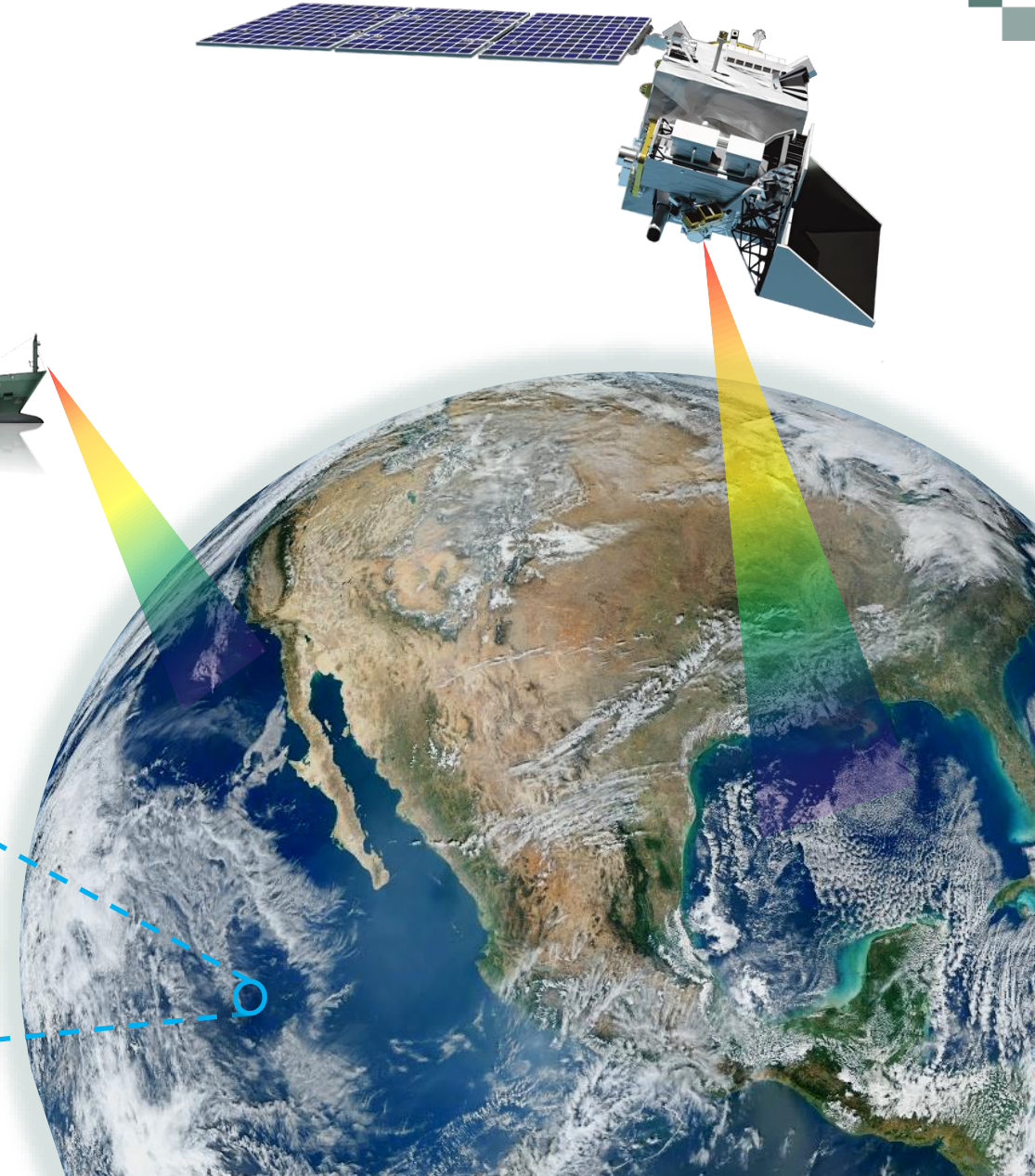


# PACE Verá Cosas Invisibles (Microscópicas) Desde el Espacio.



# ¿Por Qué PACE?

- ¿Por qué los satélites?
- ¿Por qué el fitoplancton (y los aerosoles)?
- ¿Por qué PACE?



# Fitoplancton

**DIATOM**

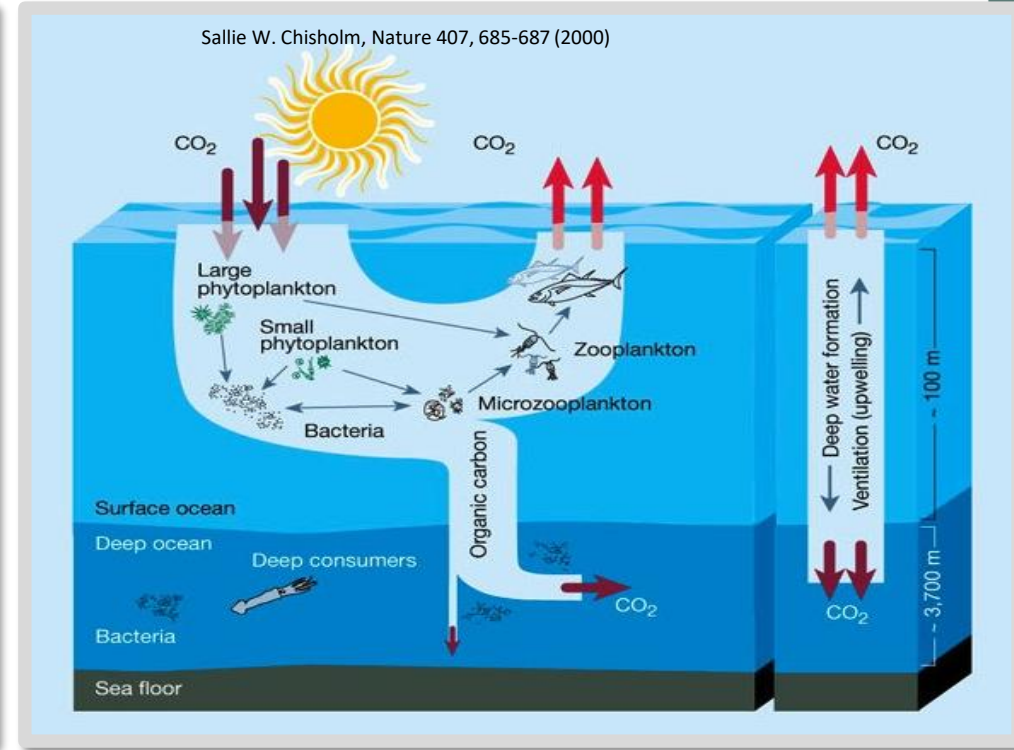
**DINOFLAGELLATE**

**SILICOFLAGELLATE**

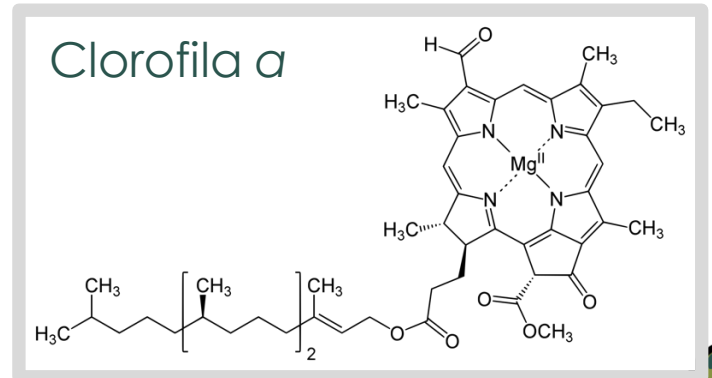
**PICOEUKARYOTES**

**COCCOLITHOPHORE**

*Ljubescic*



**Un Cocolithóforo:**  
 0.01 mm  
 1,000 células/mL



# El Fitoplancton: ¿Amigo o Enemigo?



A satellite image from NOAA shows an aerial view of Lake Erie's massive 2011 algae bloom.

PHOTOGRAPH BY NASA/EARTH OBSERVATORY



## Algae outbreak suffocates thousands of sardines in Oman

Residents of Sidab village teamed up to clean the area before the smell of dead fish spread



Image Credit: Twitter

The sardines had choked to death due to the lack of oxygen in the seawater.

Published: 12:27 May 6, 2017  
Gulf News

GULF NEWS



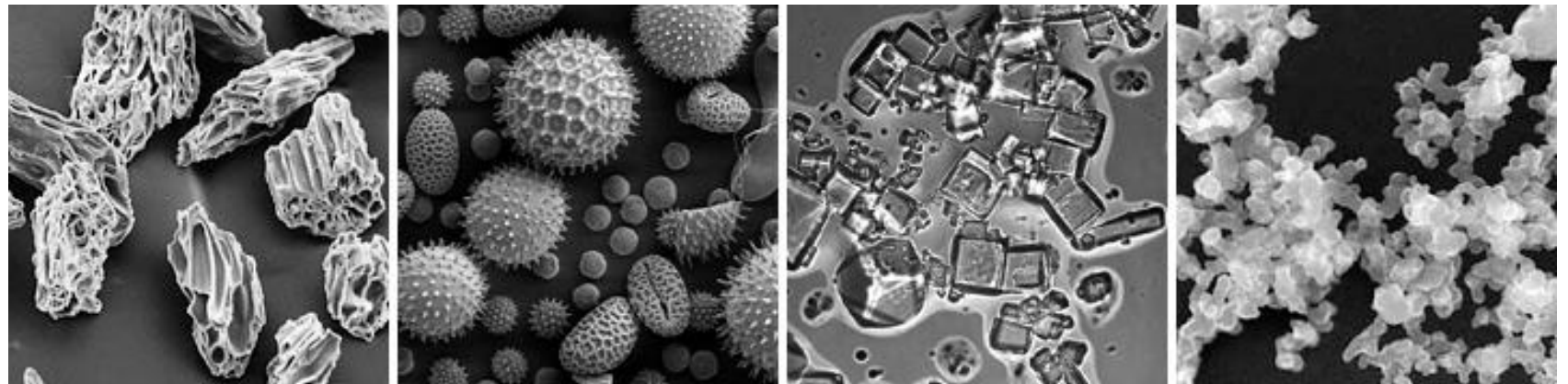
# Los aerosoles son altamente variables y tienen muchas fuentes



Derechos reservados (de izq. a der.) Western Sahara Project, Jonathan Jessup, Vox, Árni Friðriksson (recortada) y Jeremy Bishop.

## ...y tienen un impacto en el clima

- Las nubes (líquido y hielo) son técnicamente un tipo de aerosol, pero nos referimos a ellas por separado como una categoría especial.

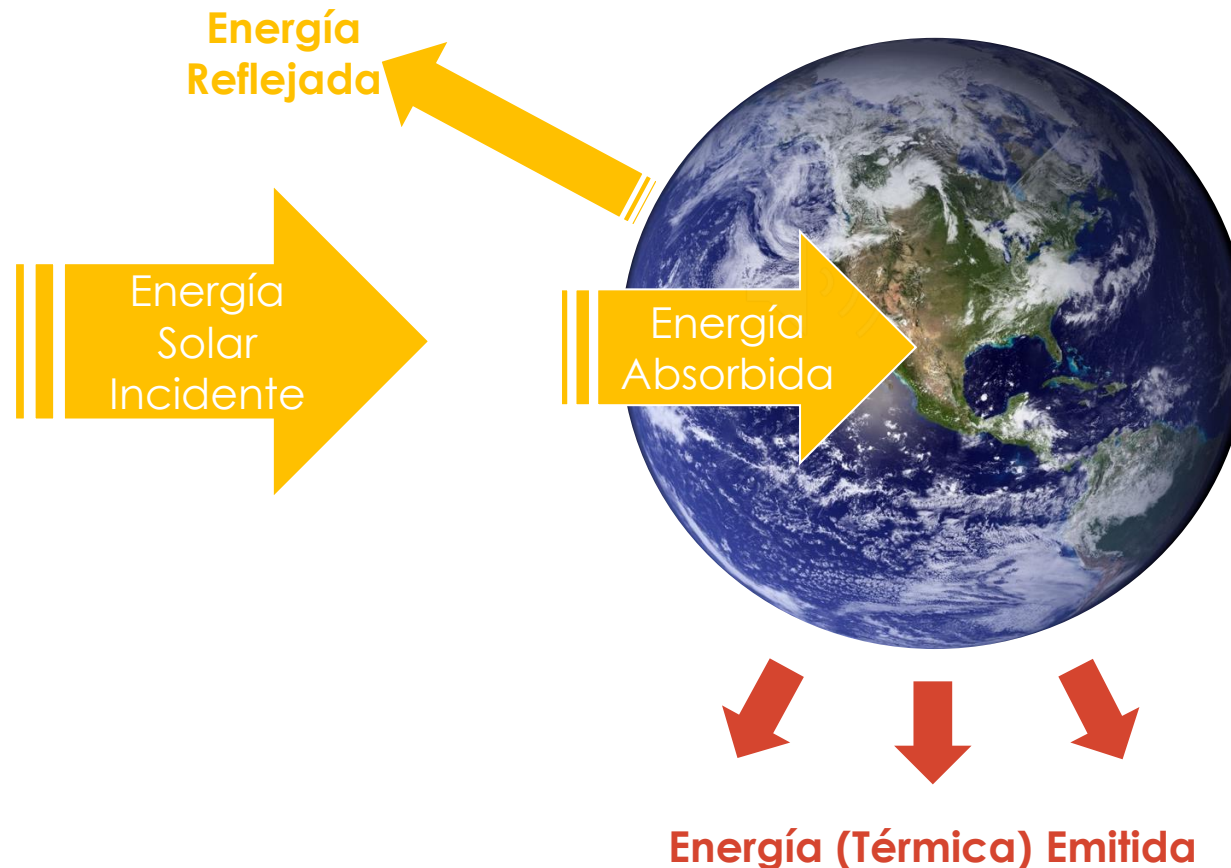


Micrografías Cortesía de USGS, UMBC (Chere Petty) y Arizona State University (Peter Buseck).



# Los Gases de Efecto Invernadero Cambian la Cantidad de Energía Térmica Emitida

Los aerosoles y las nubes ayudan a controlar la cantidad de energía que se absorbe.

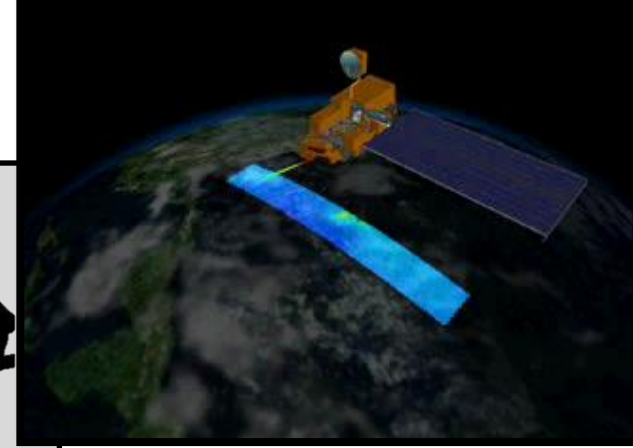
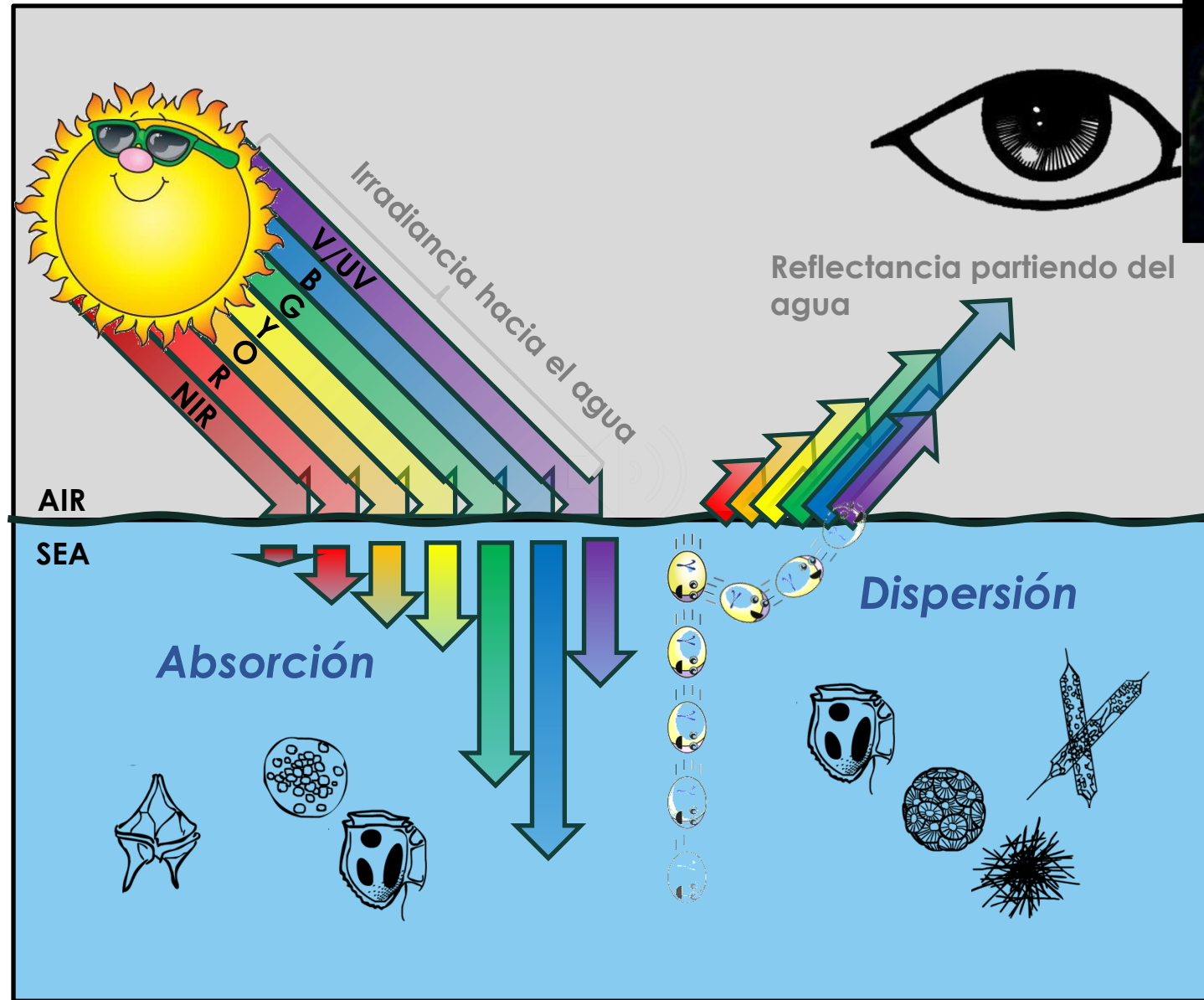


- Algunos aerosoles **calientan** nuestra atmósfera (absorben energía).
- Algunos aerosoles **enfían** nuestra atmósfera (reflejan energía).



# Color del Océano

- El "color" del océano o de la atmósfera está determinado por las interacciones de la luz incidente con las sustancias o partículas presentes en el agua o la atmósfera.



- Los datos satelitales son mediciones precisas de la intensidad de la luz, desde el ultravioleta hasta las longitudes de onda infrarrojas de onda corta.

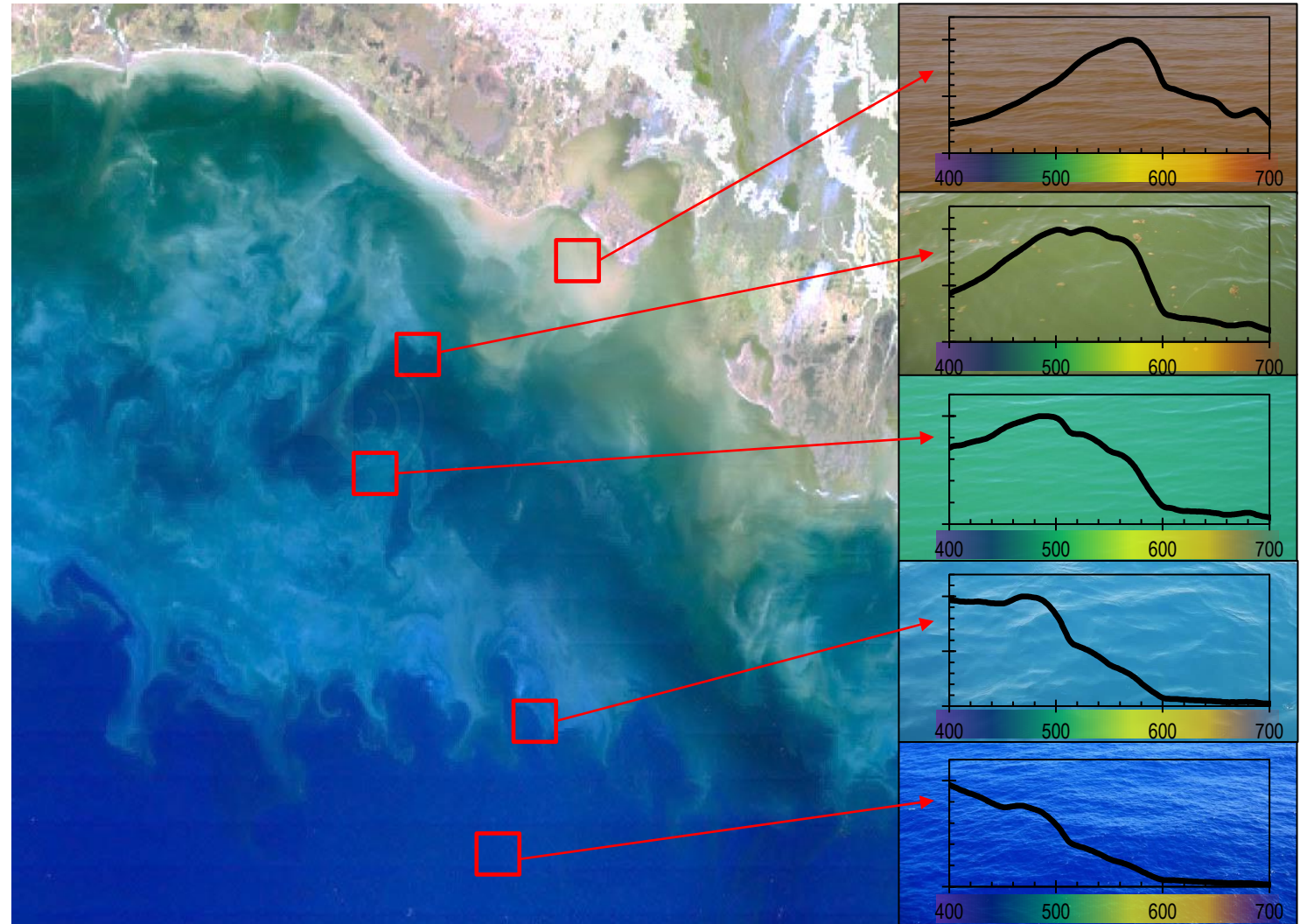


# ¿Qué Causa la Variación en el Color del Océano??

El color del océano es una función de la luz que se absorbe o dispersa como resultado de los constituyentes en el agua.

- Fitoplancton y pigmentos
- Materia orgánica disuelta
- Detritus (gránulos fecales, células muertas)
- Partículas inorgánicas (sedimento)
- Absorción de agua

Reflectancia del agua

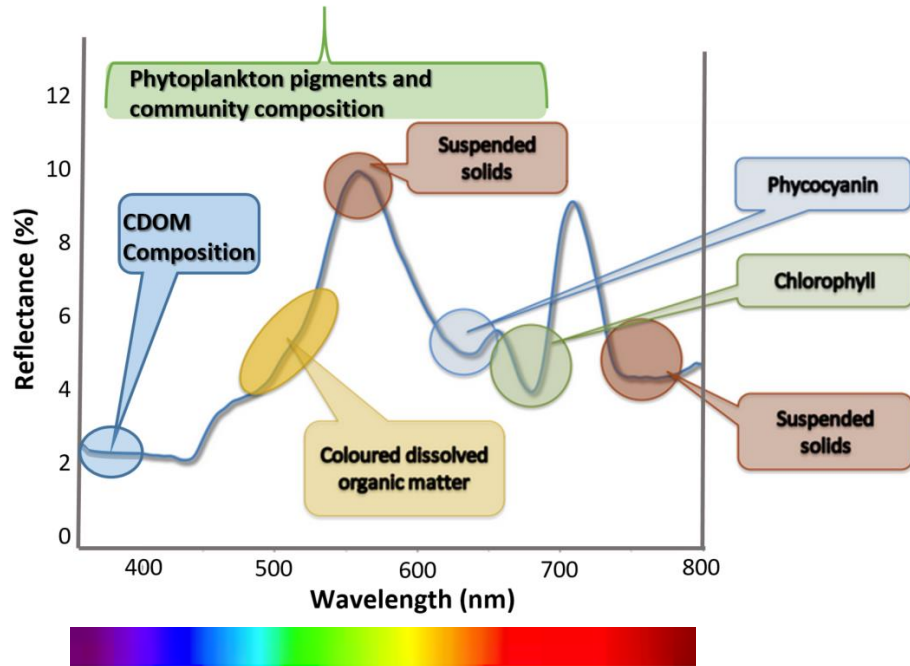


Blue Green Red

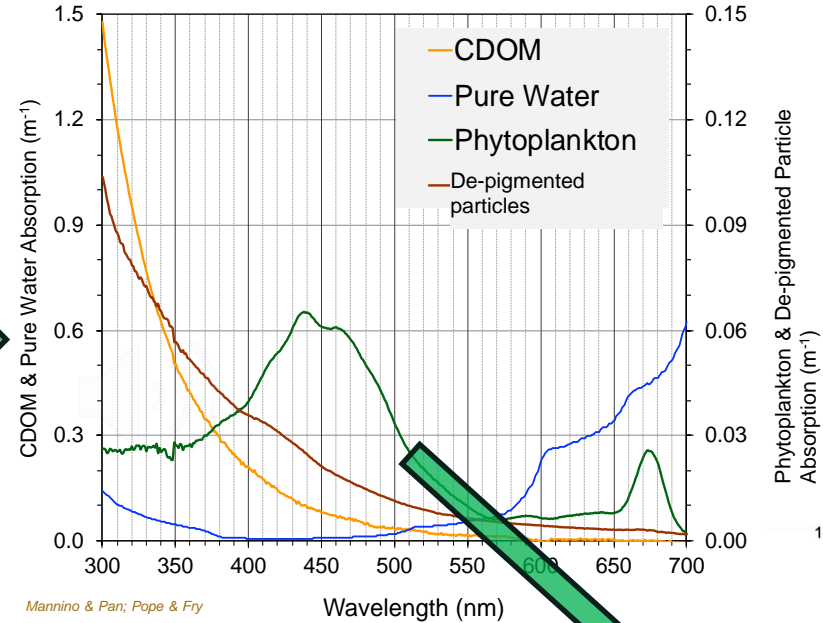


# Las Observaciones Hiperespectrales Permiten la Separación de los Componentes Acuáticos

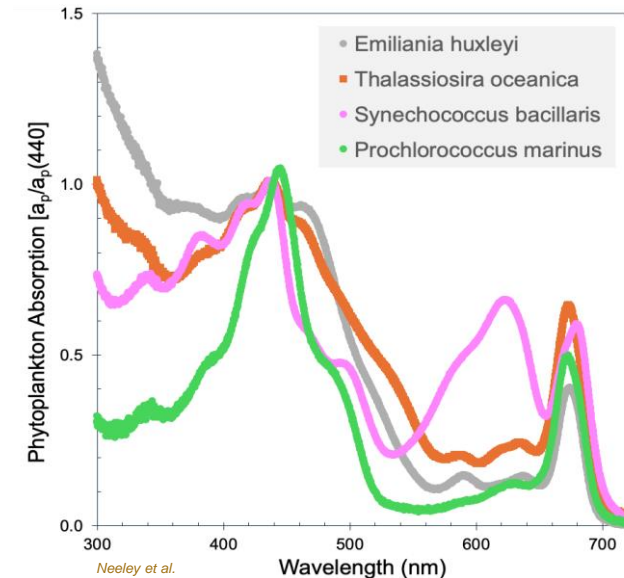
## Reflectancia del Agua



## Absorción de Componentes en el Agua



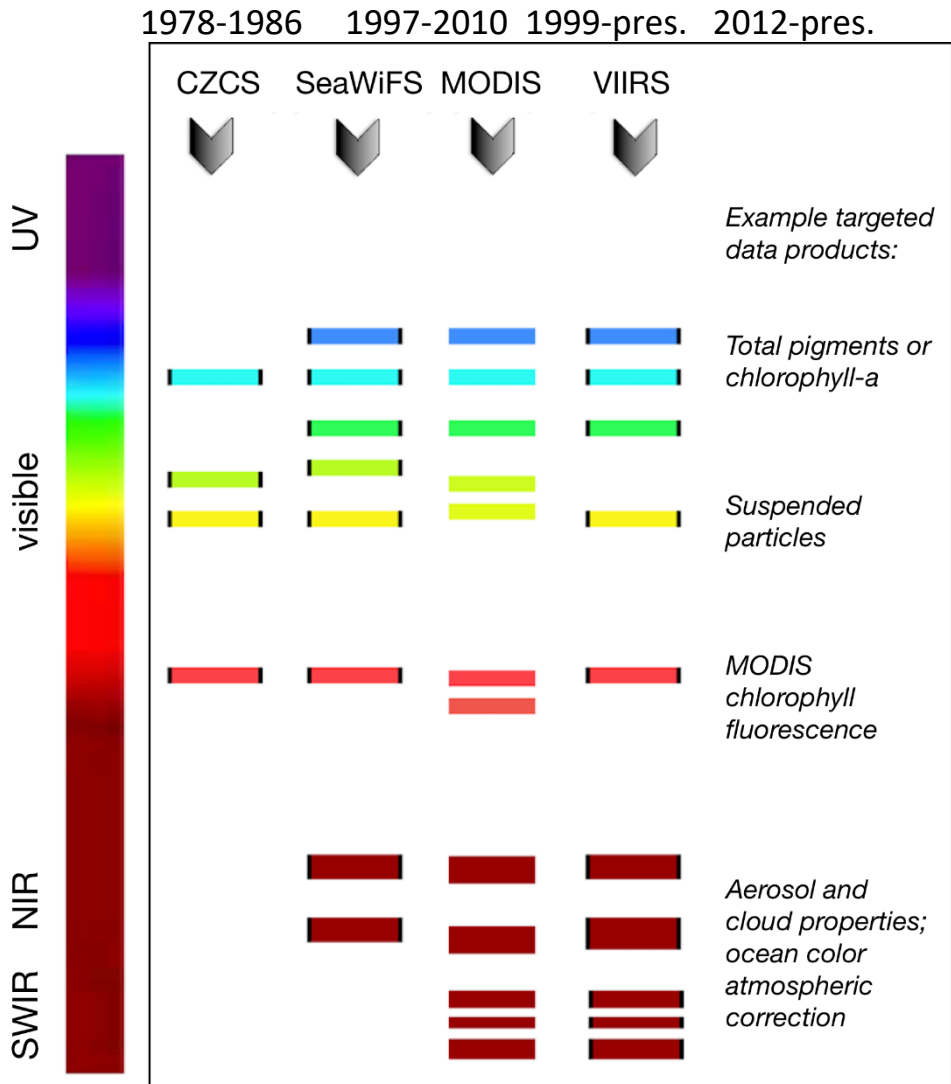
## Composición del Fitoplancton



Gráficos adaptados de Dierssen et al. 2023; JGR Biogeosciences

Reflectancia (%) = Porcentaje de luz solar (resplandor) que sale de la superficie del océano debido a la luz solar (irradiancia) que ingresa a través de la superficie del océano.

# Pasando de la Radiometría Multiespectral a la Espectroscopia

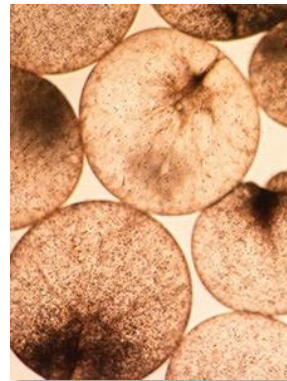


Example Diatom



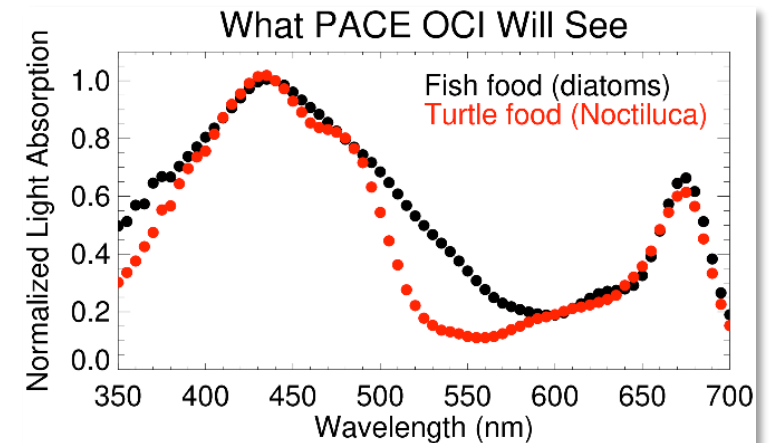
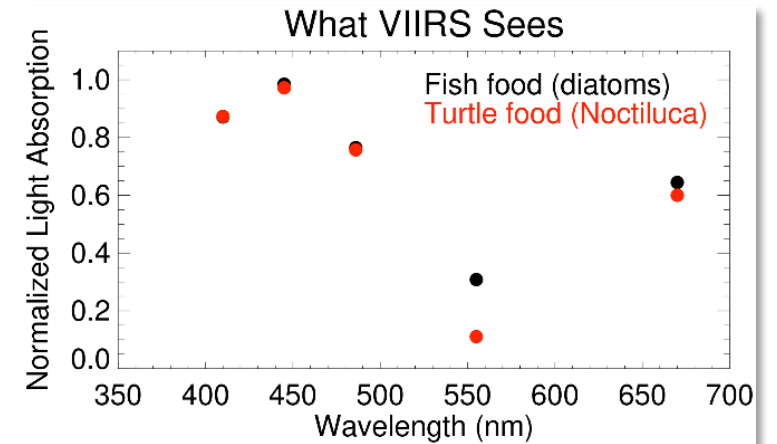
Linda Ambrecht, abc.com.au

Example Noctiluca

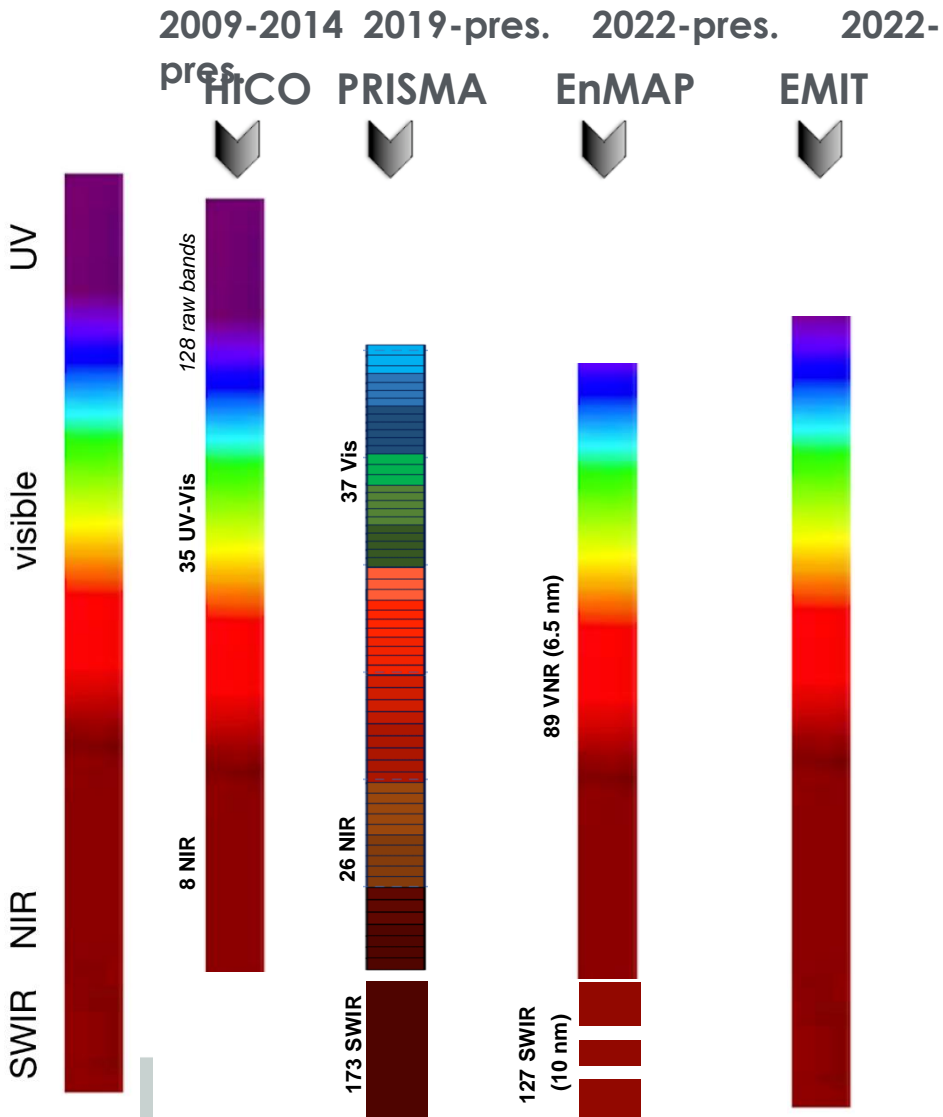


1 mm  
Joaquim Goes, LDEO

Las señales del océano son pequeñas y para diferenciar entre los constituyentes se requiere información adicional en relación con la que tenemos hoy.



# Misiones Hiperespectrales Pasadas y Actuales Utilizadas para la Calidad del Agua



## HICO (Naval/NASA, EE.UU.)

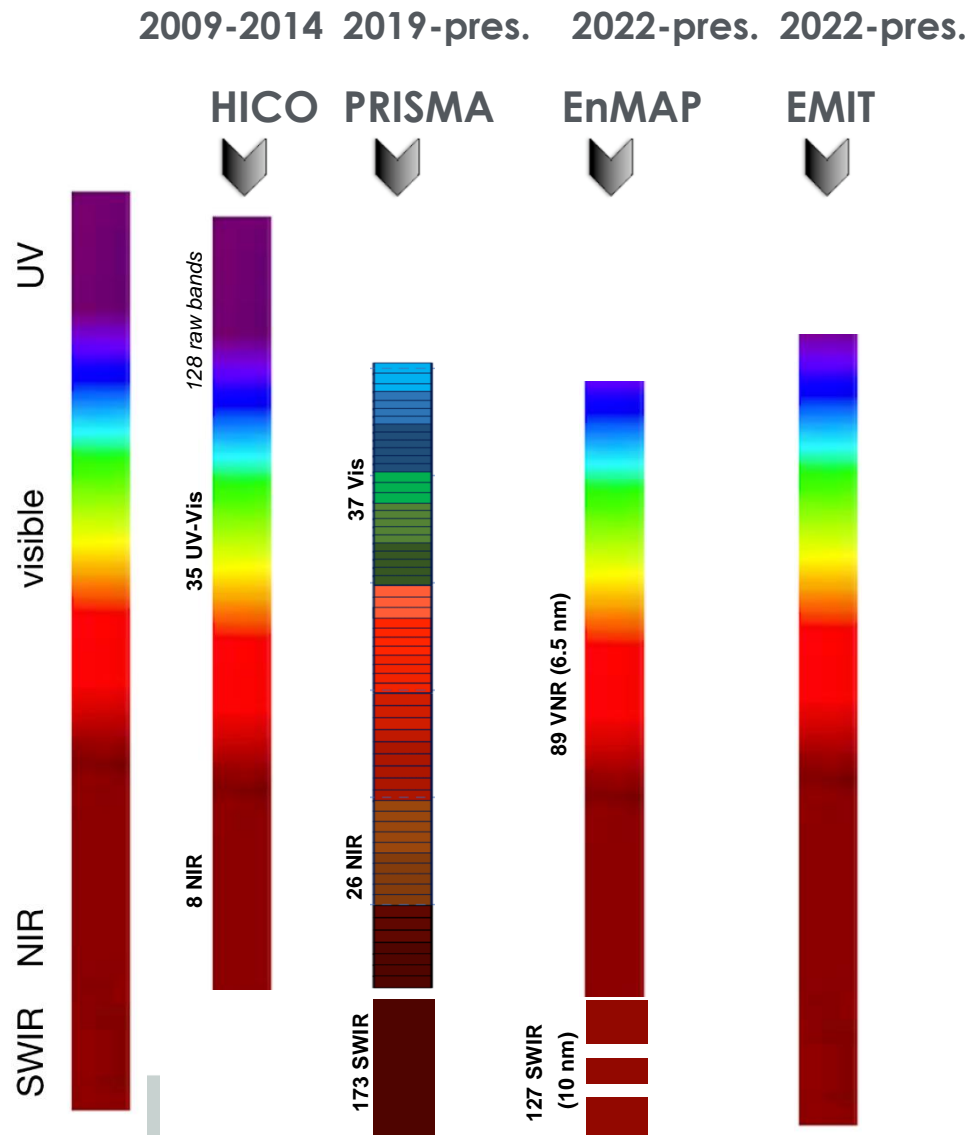
- Ha recopilado 10,000 imágenes (~42 km x 192 km) a ~90 m del espacio desde la Estación Espacial Internacional
- Sensor listo para usar para estudios relacionados al color del océano costero
- Bandas suavizadas a 10 nm en el rango espectral visible y 20 nm en el IR cercano

## PRISMA (ASI, Italia)

- Recopila imágenes de 30 km x 30 km (hasta 30 km x 1800 km) con una resolución espacial de 30 m
- Diseñada para imágenes de la superficie terrestre y gases de efecto invernadero; recientemente se ha aplicado a la calidad del agua
- Ancho de banda ~12 nm; Rango espectral: 400-1010 nm y 920-2505 nm



# Misiones Hiperespectrales Anteriores y Actuales Utilizadas para la CA (Continuación)



## EnMAP (DLR, Alemania)

- Recopila imágenes de 30 km x 390 km con una resolución espacial de 30 m
- Diseñada para propiedades atmosféricas e imágenes de la superficie terrestre y gases de efecto invernadero; Se ha aplicado recientemente a la calidad del agua
- Anchos de banda de ~6.5 nm en lo visible e IR cercano y ~10 nm para el SWIR; rango espectral: 420-1000nm; 900-1390 nm; 1480-1760 nm, 1950-2450

## EMIT (NASA, USA)

- Recopila imágenes de 80 km x ~800 km/variable a una huella espacial de 60 m desde la Estación Espacial Internacional
- Diseñada para la mineralogía, reflectancia de la superficie terrestre, polvo atmosférico para el forzamiento radiativo del clima; utilizada para los gases de efecto invernadero; actualmente explorando aplicaciones relacionadas a la calidad del agua
- Ancho de banda <8.5 nm en el rango espectral: 380-2500 nm





## OCI

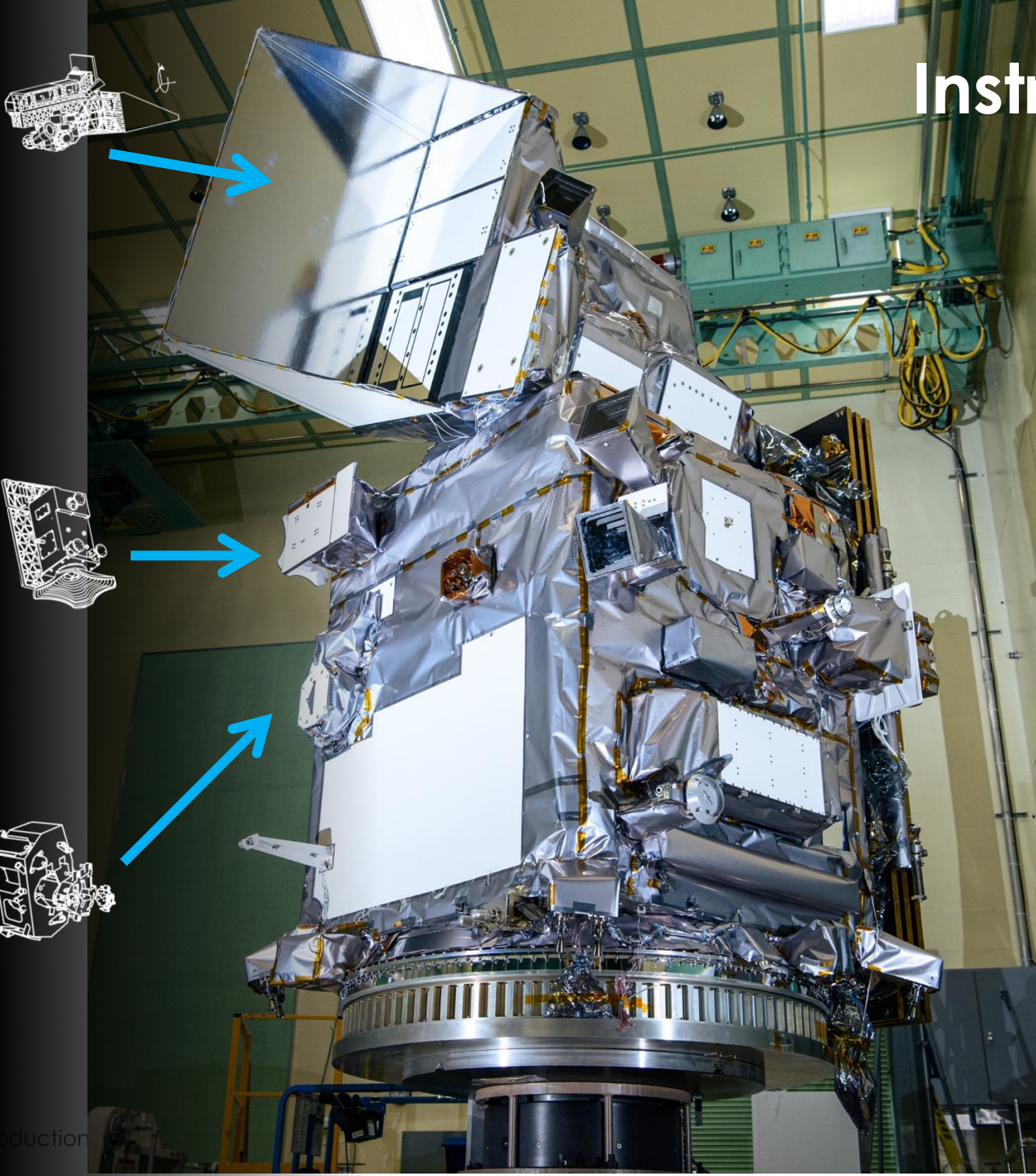
314.5-600 nm; 600-894.6 nm en pasos de 2.5 nm (o menos) más 9 SWIR, 940-2260 nm. Cobertura global de 1-2 días  
Inclinación de  $\pm 20^\circ$   
km.

## HARP2

440, 550, 670, 870 nm. 10-60 ángulos de observación.  
Polarímetro de franja ancha, 3 km

## SPEXone

380-770 nm en pasos de 2-4 nm. 5 ángulos de observación.  
Polarímetro de franja estrecha, 2.5 km



## Instrumentos de Pace



# OCI

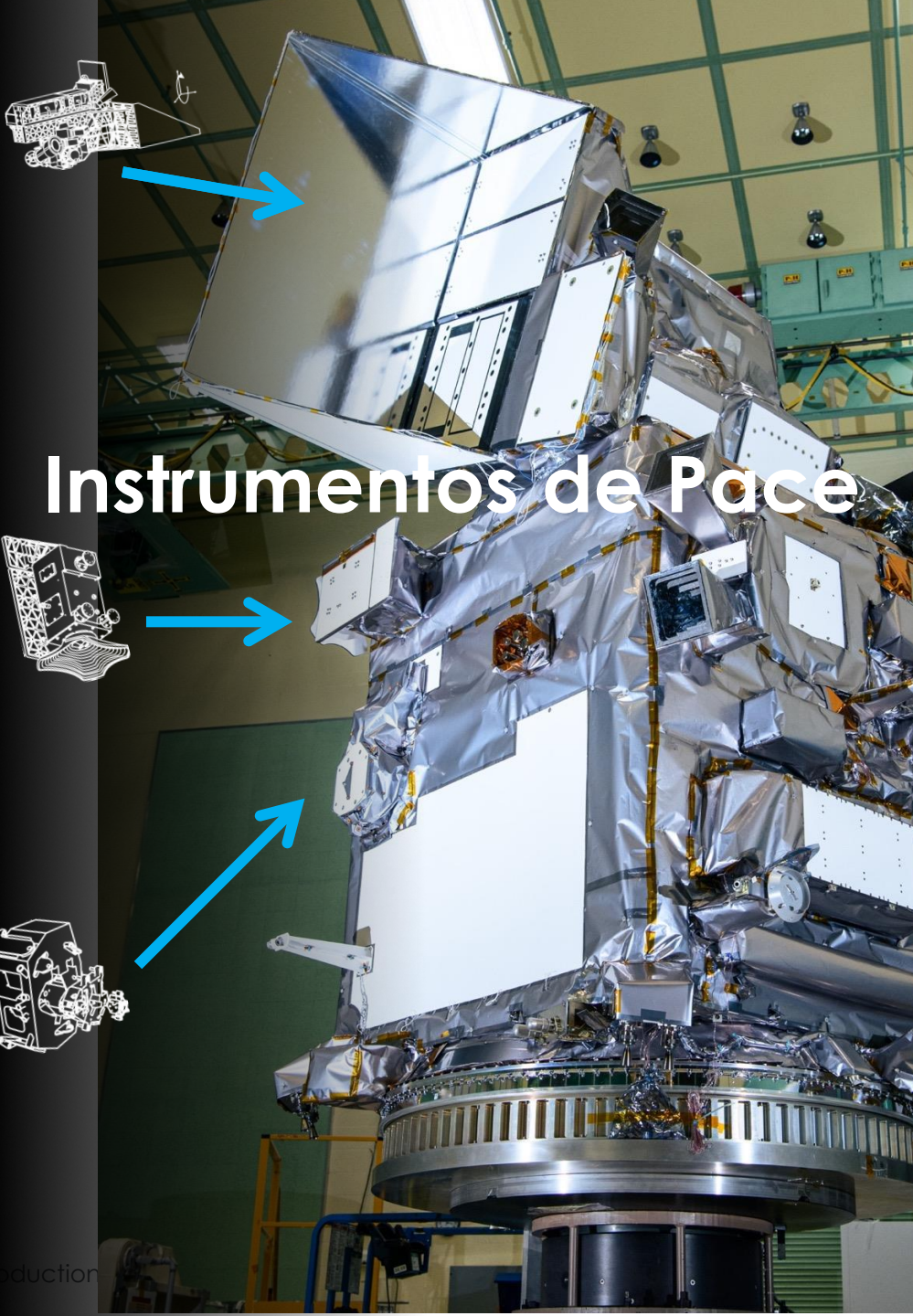
314.5-600 nm; 600-894.6 nm en pasos de 2.5 nm (o menos) más 9 SWIR, 940-2260 nm. Cobertura global de 1-2 días  
Inclinación de  $\pm 20^\circ$   
km.

# HARP2

440, 550, 670, 870 nm. 10-60 ángulos de observación.  
Polarímetro de franja ancha, 3 km

# SPEXone

380-770 nm en pasos de 2-4 nm. 5 ángulos de observación.  
Polarímetro de franja estrecha, 2.5 km



## Instrumentos de Pace

- rhod\_red\_801.8835 (801.9 nm)
- rhod\_red\_804.3875 (804.4 nm)
- rhod\_red\_806.89734 (806.9 nm)
- rhod\_red\_809.4096 (809.4 nm)
- rhod\_red\_811.91376 (811.9 nm)
- rhod\_red\_814.417 (814.4 nm)
- rhod\_red\_816.92474 (816.9 nm)
- rhod\_red\_819.42944 (819.4 nm)
- rhod\_red\_821.94037 (821.9 nm)
- rhod\_red\_824.44727 (824.4 nm)
- rhod\_red\_826.956 (827.0 nm)
- rhod\_red\_829.47266 (829.5 nm)
- rhod\_red\_831.98413 (832.0 nm)
- rhod\_red\_834.4901 (834.5 nm)
- rhod\_red\_836.9949 (837.0 nm)
- rhod\_red\_839.5012 (839.5 nm)
- rhod\_red\_842.01373 (842.0 nm)
- rhod\_red\_844.52124 (844.5 nm)
- rhod\_red\_847.0383 (847.0 nm)
- rhod\_red\_849.55585 (849.6 nm)
- rhod\_red\_852.06024 (852.1 nm)
- rhod\_red\_854.5659 (854.6 nm)
- rhod\_red\_857.0751 (857.1 nm)
- rhod\_red\_859.5819 (859.6 nm)
- rhod\_red\_862.08435 (862.1 nm)
- rhod\_red\_864.59247 (864.6 nm)
- rhod\_red\_867.09314 (867.1 nm)
- rhod\_red\_869.5996 (869.6 nm)
- rhod\_red\_872.11255 (872.1 nm)
- rhod\_red\_874.6199 (874.6 nm)
- rhod\_red\_877.12646 (877.1 nm)
- rhod\_red\_879.62225 (879.6 nm)
- rhod\_red\_882.1265 (882.1 nm)
- rhod\_red\_884.6328 (884.6 nm)
- rhod\_red\_887.1305 (887.1 nm)
- rhod\_red\_889.62 (889.6 nm)
- rhod\_red\_892.1138 (892.1 nm)
- rhod\_red\_894.61475 (894.6 nm)

### rhod\_SWIR

- rhod\_SWIR\_940.0 (940.0 nm)
- rhod\_SWIR\_1038.0 (1038.0 nm)
- rhod\_SWIR\_1250.0 (1250.0 nm)
- rhod\_SWIR\_1251.0 (1251.0 nm)
- rhod\_SWIR\_1378.0 (1378.0 nm)
- rhod\_SWIR\_1615.0 (1615.0 nm)
- rhod\_SWIR\_1616.0 (1616.0 nm)
- rhod\_SWIR\_2130.0 (2130.0 nm)
- rhod\_SWIR\_2260.0 (2260.0 nm)



## OCI

314.5-600 nm; 600-894.6 nm en pasos de 2.5 nm (o menos) más 9 SWIR, 940-2260 nm. Cobertura global de 1-2 días  
Inclinación de  $\pm 20^\circ$  km.

## HARP2

440, 550, 670, 870 nm. 10-60 ángulos de observación.  
Polarímetro de franja ancha, 3 km

## SPEXone

380-770 nm en pasos de 2-4 nm. 5 ángulos de observación.  
Polarímetro de franja estrecha, 2.5 km



## Instrumentos de Pace

PACE llena nichos que actualmente no se abordan en los EE. UU. o en el extranjero

La transición de la radiometría multiespectral a la hiperspectral es esencial para la observación de los sistemas acuáticos.

Ningún radiómetro hiperspectral actual o planificado proporciona una cobertura global de 1 a 2 días.

Los rayos UV y dos bandas de 2 mm logran mejoras atmosféricas con respecto a los instrumentos tradicionales.

La polarimetría multiángulo agrega dimensiones de información (además de proporcionar un buscador de caminos).

La inclinación es esencial para capturar la dinámica del sistema marino.



# PACE Ocean Color- Avances y Limitaciones

## Avances:

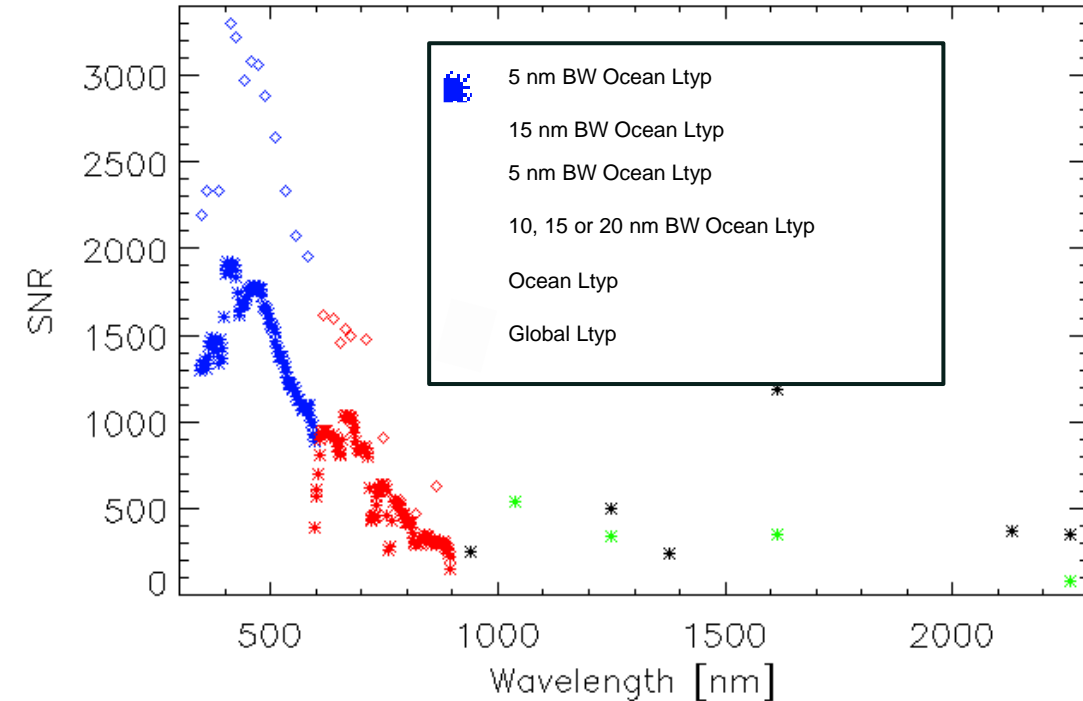
- Hiperespectral de 315 nm a 895 nm
- Resolución espectral de ancho de banda de 5 nm para el rango hiperespectral
- Muestreo espectral de 1.25 o 2.5 nm para el rango hiperespectral (184 bandas)
- Increíble relación señal/ruido, incluso para anchos de banda de 5 nm
- Alta sensibilidad UV desde ~340 nm
- 9 bandas infrarrojas de onda corta (SWIR) para corrección atmosférica, incluyendo aguas turbias (3 son sensibles al océano)
- Cobertura global casi diaria
- HARP2 y SPEXone ayudarán en la corrección atmosférica

## Limitaciones:

- La resolución espacial de ~1.1 km restringe el uso en el interior y aguas cercanas a la costa y témpanos de hielo cercanos

## Retos:

- Falta de algoritmos hiperespectrales verificados
- Mediciones de campo hiperespectrales más completas

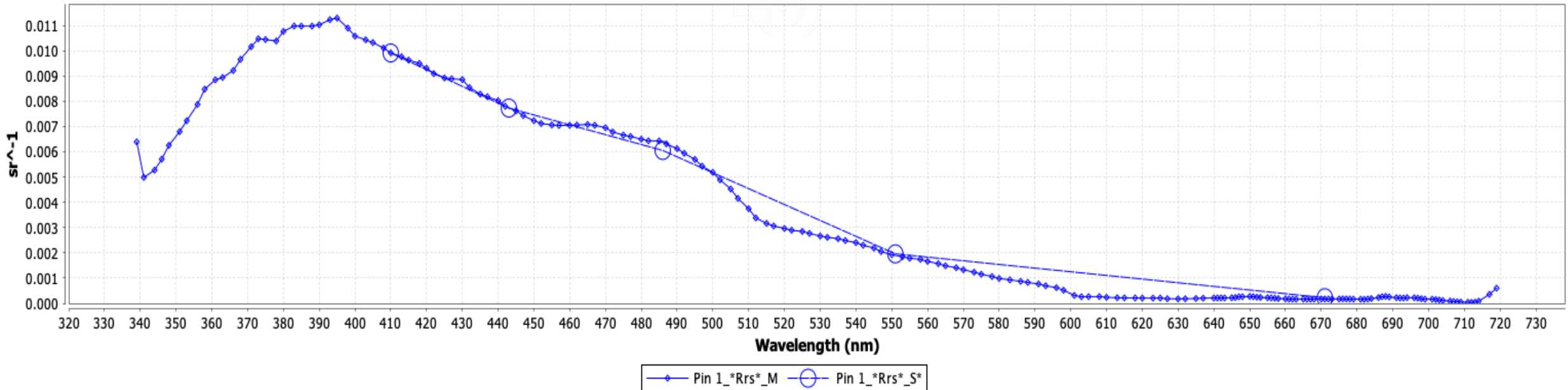


# OCI y VIIRS Rrs(445)

NOAA-20 VIIRS

PACE OCI

Spectrum Plot



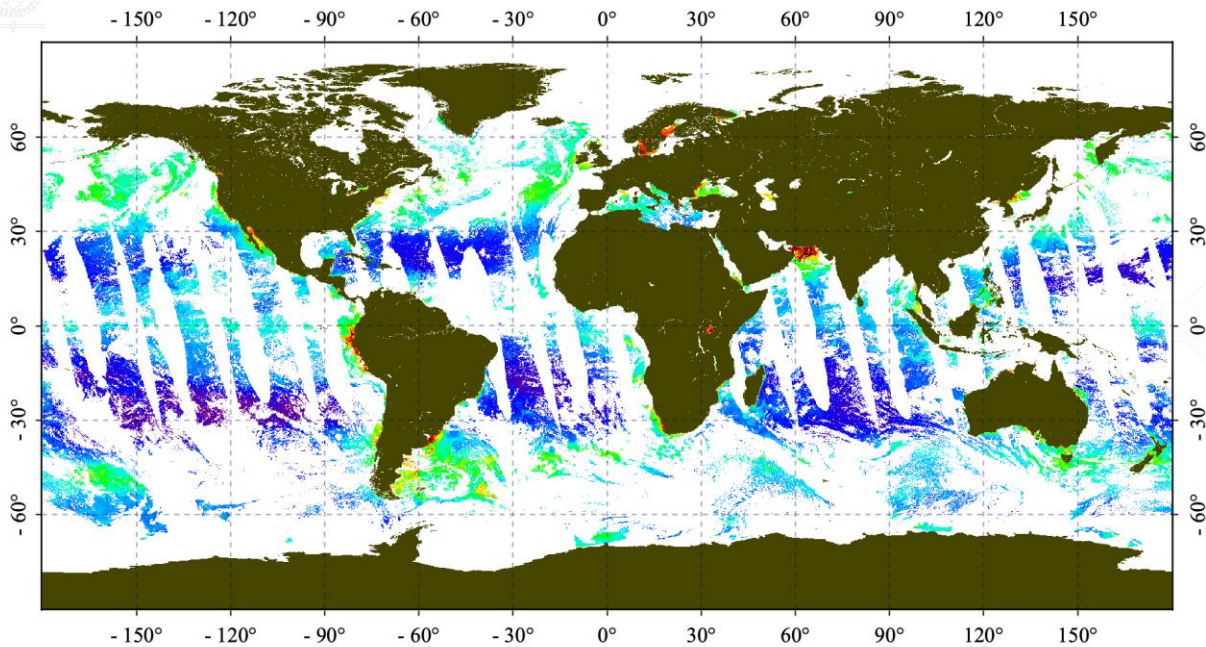
Compuesto de 4-km Diario del 23 de marzo de 2024

Hay una buena concordancia entre los datos de Rrs extraídos de OCI y de VIIRS a escala mundial.

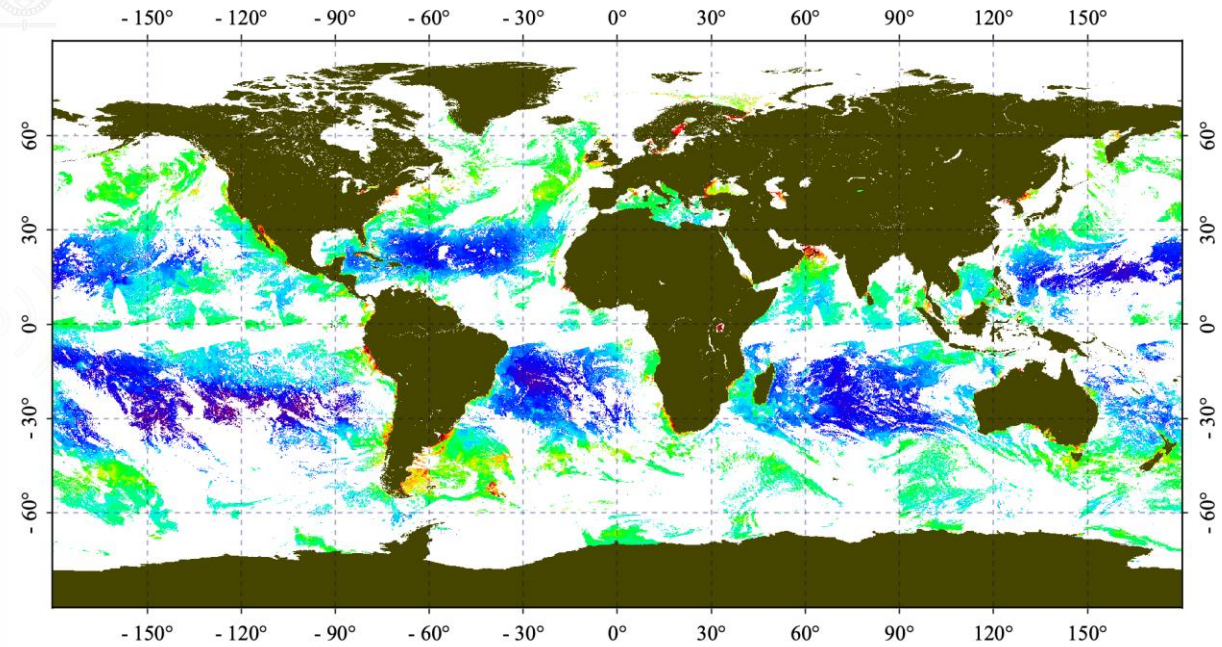


# Comparación de Clorofila-a de OCI y VIIRS

NOAA-20 VIIRS



PACE OCI



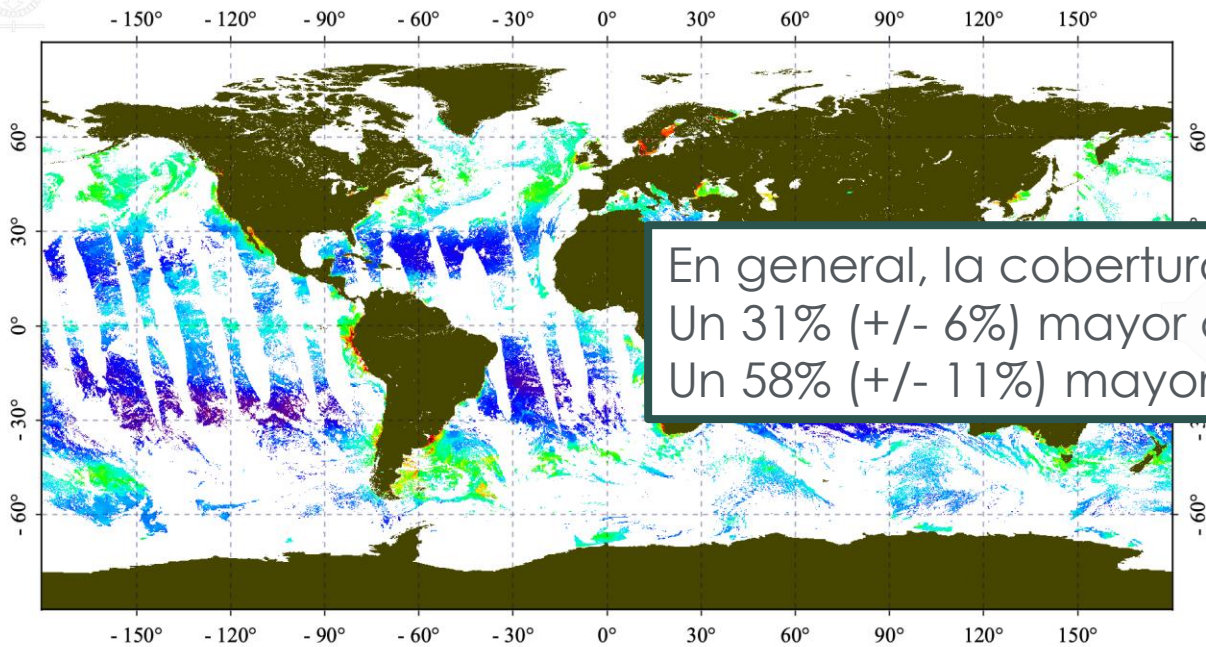
Compuesto de 4-km Diario del 17 de marzo de 2024

Hay una buena concordancia entre los datos de clorofila extraídos de OCI y de VIIRS a escala mundial.

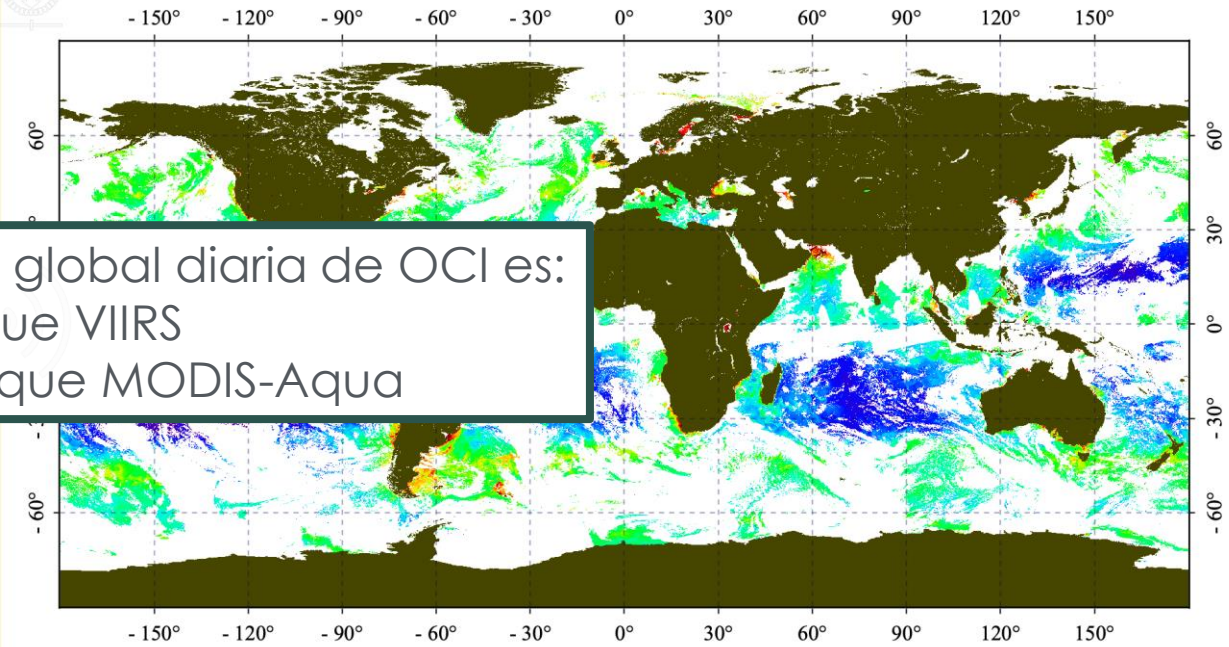


# Comparación de Clorofila-a de OCI y VIIRS

NOAA-20 VIIRS



PACE OCI



En general, la cobertura global diaria de OCI es:  
Un 31% (+/- 6%) mayor que VIIRS  
Un 58% (+/- 11%) mayor que MODIS-Aqua

Compuesto de 4-km Diario del 17 de marzo de 2024

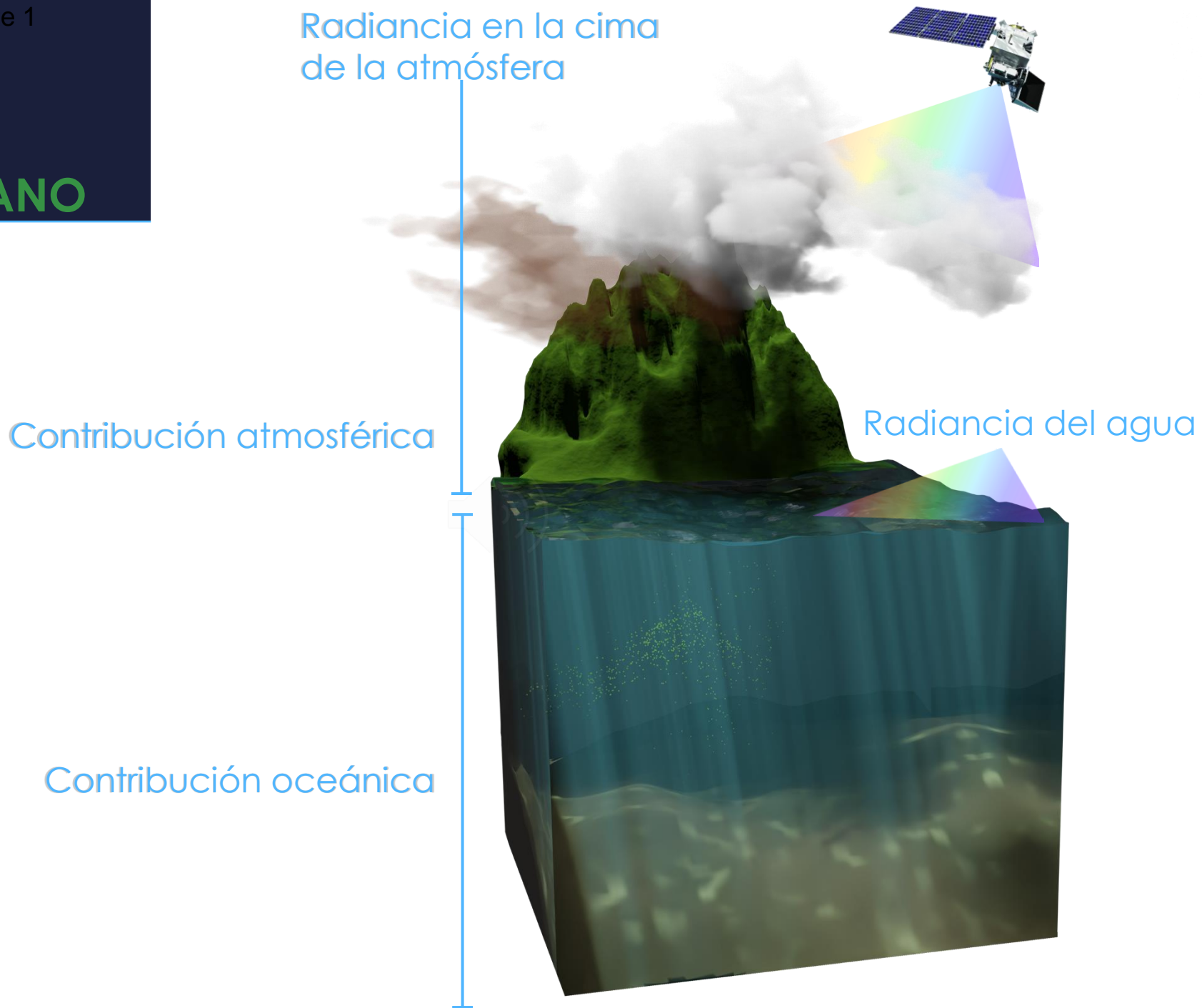
Hay una buena concordancia entre los datos de clorofila extraídos de OCI y de VIIRS a escala mundial.



# DATOS DE PACE

## ATMOSFÉRICOS

## COLOR DEL OCÉANO



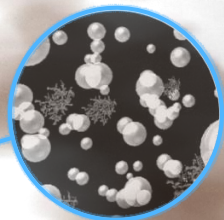
# DATOS DE PACE

## ATMOSFÉRICOS



Profundidad óptica de la nube  
Altura de la nube  
Espesor de la nube

Absorción de aerosoles  
Distribuciones del tamaño de los aerosoles  
Concentraciones de Marrón/Negro Carbono

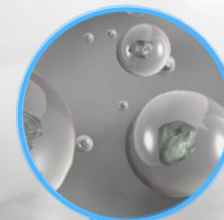


Profundidad óptica de aerosoles  
Alturas y capas de aerosoles

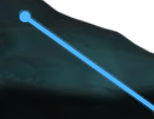
Reflectancia oceánica  
Fracción de capa blanca  
Distribuciones luminosas angulares



Fase de nubes (líquido/hielo)  
Distribuciones del tamaño de las gotas  
Formas de cristal de hielo



Detección de manchas de aceite





Albedo terrestre  
Índices de vegetación

Particulate Carbon  
Suspended Matter



PAR: Radiación  
Fotosintéticamente  
Disponible

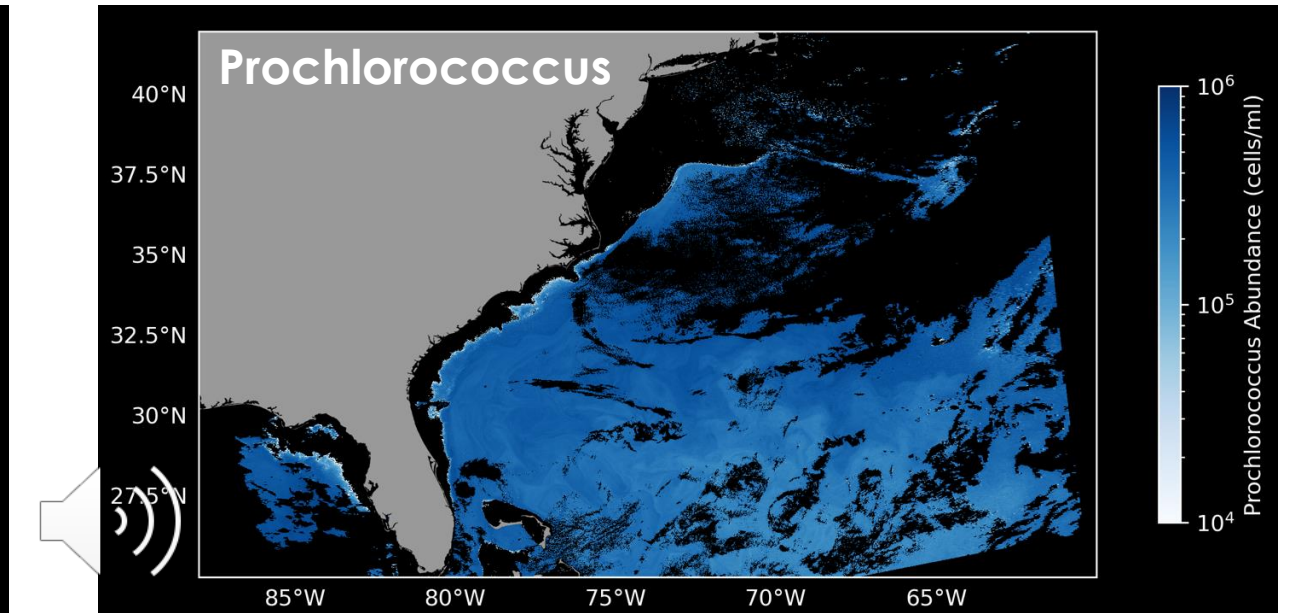
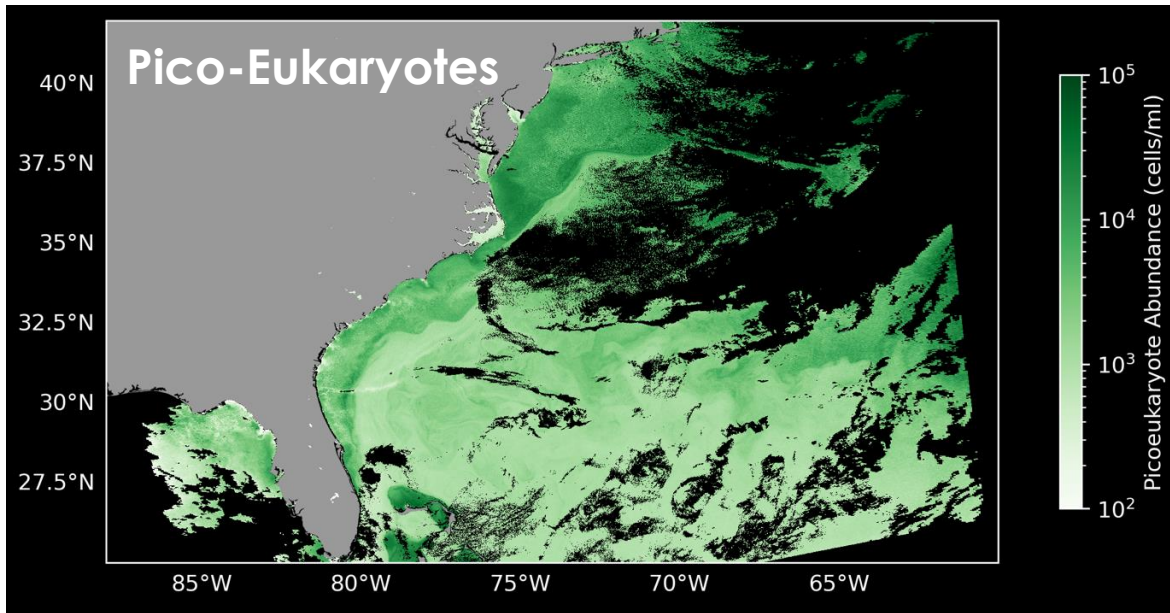
Pigmentos fotosintéticos  
Fluorescencia  
Comunidades de plancton

Clasificaciones  
de Batimetría

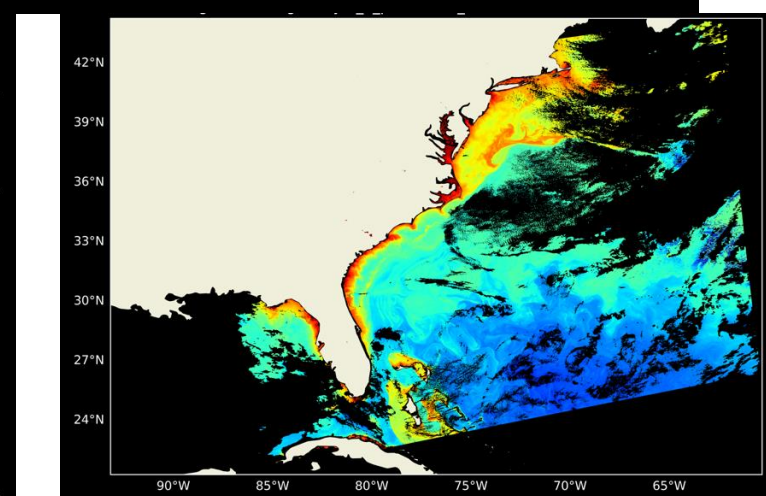
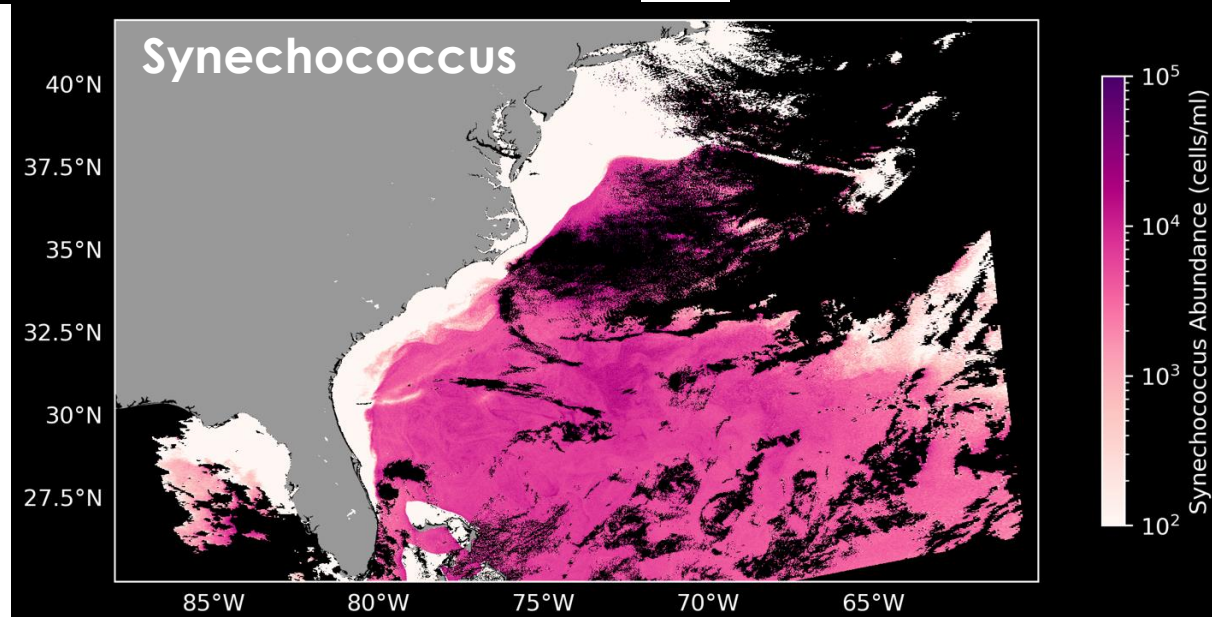
Penetración de la luz  
Distribuciones luminosas  
angulares  
Índice de refracción

Transmisión de luz  
Propiedades de absorción  
Propiedades de dispersión

# Composición de Comunidades de Fitoplancton con PACE OCI



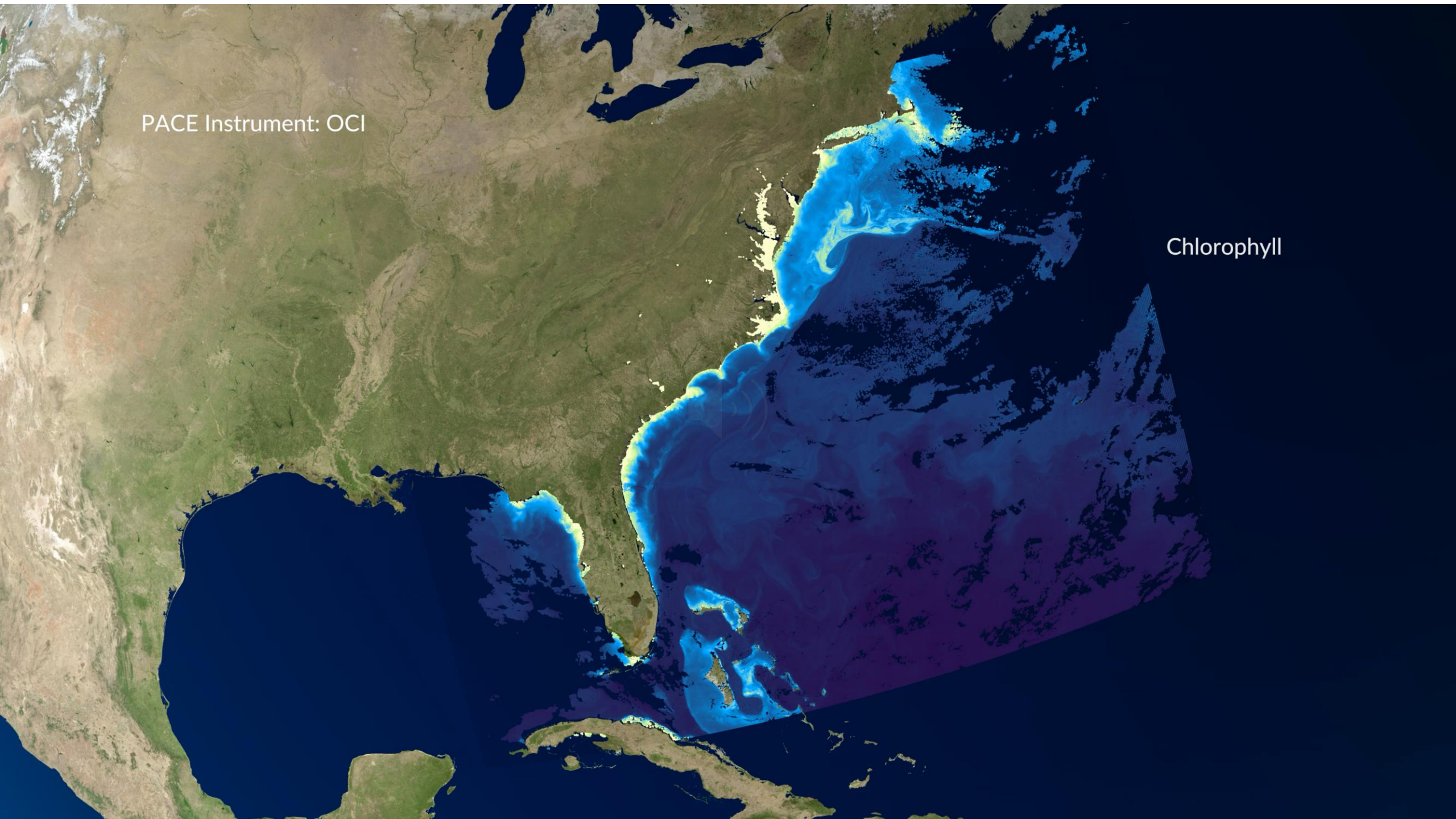
21 marzo 2024  
Clorofila-a  
Comunidad de  
Fitoplancton  
Algoritmo MOANA  
Lange et al. 2020





PACE Instrument: OCI

Chlorophyll

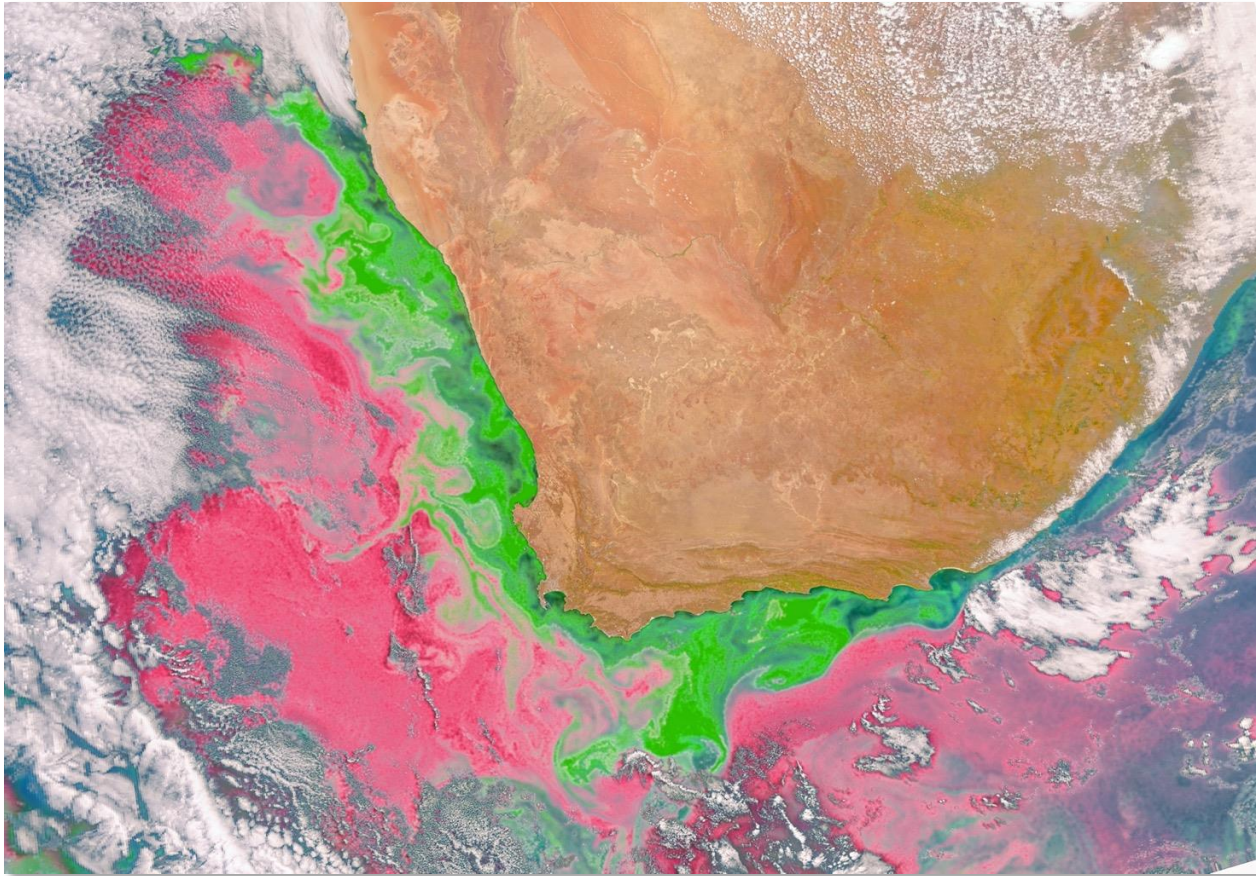


# Estatus del (Re)Procesamiento y Lanzamiento de Datos

- Publicación inicial de datos: 11 de abril de 2024
  - Radiometría de 1<sup>er</sup> Nivel de los 3 instrumentos
  - Conjunto tradicional de datos de color oceánico de OCI (todos "provisionales"-> EDS, OB.DAAC/OBPG)
- El primer reprocesamiento (etiquetado como V2) se completó a principios de julio
  - Primer uso de calibraciones en órbita (= difusor solar) para los 3 instrumentos
  - Segunda ola de productos OCI (todos "TEST"-> OB.DAAC)
    - Reflectancias superficiales terrestres y acuáticas (cada 10 nm)
    - Índices de vegetación terrestre (~10 productos)
    - Propiedades ópticas y altitud de las nubes
  - <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/data/reprocessing/V2.0/pace/>
- El segundo reprocesamiento (V3) se llevará a cabo en los próximos meses
  - Primera calibración indirecta del sistema (HyperNAV)
  - Oleada de productos por determinar (todos los "TEST"-> OB.DAAC)
- Se lanzarán datos adicionales a la espera de revisión por parte del proyecto e investigadores principales
  - Sin plazos predefinidos



# Algoritmos: PACE Phytoplankton Community Composition



*Sinechococcus* y *Piceucariotas autótrofos*, vistos por PACE cerca de Sudáfrica – 09/03/2024

**Algoritmo MOANA de Lange et al. 2020**

## Otros algoritmos/metodologías:

- Kramer et al. 2022
  - Pigmentos y absorción
- Chase et al. 2022
  - Citometría de flujo relacionada con la absorción y las imágenes de fitoplancton

Ver Cetinic et al. 2024



# Niveles de Datos

## Niveles de Procesamiento de Datos de OB.DAAC

Nivel-1A	Nivel-1B	Nivel-1C	Nivel-2	Nivel-3	Nivel-4
Datos brutos del instrumento y telemetría del satélite en NetCDF4	Datos del instrumento calibrados y geolocalizados	Calibrados, geolocalizados y corregistrados en una cuadrícula común	Productos de datos científicos geofísicos	Productos globales compuestos temporal y espacialmente (agrupados y mapeados)	Productos geofísicos derivados de insumos y/o modelos combinados de Nivel-3



## Niveles de los Productos

Estándar	Provisional	Prueba	Diagnóstico
Los productos se producen por un algoritmo que cuenta con el consenso de la comunidad y han sido validados.	Los resultados han sido revisados y están en línea con datos tradicionales, pero aún no han sido validados y aún pueden contener errores significativos.	Los resultados aún no han sido revisados por los desarrolladores de algoritmos y/o se sabe que tienen errores y están bajo investigación.	Productos que se producen para apoyar el análisis del comportamiento de los algoritmos, pero que no están destinados a la ciencia.



# Data Products Table

Calibrated Radiometry and Polarimetry | Ocean Properties to be Produced by OCI | Atmospheric Properties to be Produced by OCI | Land Data Products to be Produced by OCI | Aerosol and Ocean Properties from HARP2 | Aerosol and Land Surface Properties from HARP2 | Cloud Properties from HARP2 | Ocean Surface Properties from HARP2 | Aerosol and Ocean Properties from SPEXone | Aerosol and Land Surface Properties from SPEXone | Aerosol and Ocean Properties from OCI + HARP2 + SPEXone

Access to data varies with its status (data maturity level). Provisional data are available through [Earthdata Search](#), the [OB.DAAC File Search](#) and [Level 3 & 4 Browser](#). Test and Diagnostic data are available through the [OB.DAAC File Search](#) and [Level 3 & 4 Browser](#). See also “[Access PACE Data](#)”.

## What do colors in the “Availability” column mean?

Available

Coming soon!

Currently implementing and evaluating

No approach currently identified

Calibrated Radiometry and Polarimetry						
Calibrated and geolocated radiometry and polarimetry as observed at sensor.						
Product	L2 Suite	Description and Use	Units	Availability	Status	Additional Info
Spectral top-of-atmosphere radiances from OCI	N/A	Spectral radiance observed at the top of the atmosphere.	$W m^{-2} um^{-1} sr^{-1}$	Level-1B 1-km at nadir; daily - Level-1C; daily	Provisional	Level-1C draft data format and examples
Spectral top-of-atmosphere radiances and polarimetry from SPEXone	N/A	Spectral radiance and polarimetry observed at the top of the atmosphere, for all sensor viewing angles.	Various	Level-1B TBD; daily - Level-1C; daily	Provisional	Level-1C draft data format and examples
Spectral top-of-atmosphere radiances and polarimetry from HARP2	N/A	Spectral radiance and polarimetry observed at the top of the atmosphere, for all sensor viewing angles.	Various	Level-1B TBD; daily - Level-1C; daily	Provisional	Level-1C draft data format and examples

Ocean Properties to be Produced by OCI						
Bio-optical and biogeochemical properties of seawater constituents in the sunlit upper ocean.						
Product	L2 Suite	Description and Use	Units	Availability	Status	Additional Info
Spectral remote sensing reflectances	OC_AOP	Spectral color of the ocean in the ultraviolet-to-near infrared spectral range. Used as input into algorithms to retrieve information about colored dissolved organic matter,	$sr^{-1}$	Level-2 1-km at nadir; daily - Level-3 4-km; daily, 8-day, monthly, annual	Provisional	ATBD SAT members: Boss, Zhai, Krotkov, Chowdhary, Stamnes, Zhang



[https://pace.oceansciences.org/data\\_table.htm](https://pace.oceansciences.org/data_table.htm)



# Suites de Productos de 2do Nivel de Datos del Océano de Pace 20240829

PACE

APPARENT OPTICAL PROPERTIES

- Remote Sensing Reflectance (Rrs) for 184 bands
- Rrs uncertainty
- Aerosol Optical Thickness
- Angstrom exponent
- Normalized Fluorescence Line-Height
- Apparent Visible Wavelength (AVW)

PACE

INHERENT OPTICAL PROPERTIES

- Spectral phytoplankton absorption coefficients
- Spectral non-algal particle plus dissolved organic matter absorption coefficients
- Spectral chromophoric dissolved organic matter absorption coefficients
- Spectral non-algal particle matter absorption
- Spectral particulate matter absorption coefficients
- Spectral slope coefficients of chromophoric dissolved organic matter absorption
- Spectral particle backscattering coefficients
- Total spectral backscattering coefficients
- Total absorption coefficients
- Backscattering Slope
- Non-algal particle matter absorption Slope
- Uncertainties (for some listed above)
- Diffuse attenuation coefficient (Kd\_Lee)
- Kd\_Lee uncertainties

PACE

BIOGEOCHEMISTRY

- Concentration Of Chlorophyll-a
- Concentration Of Particulate Organic Carbon
- Concentration Of Particulate Inorganic Carbon
- Concentration Of Phytoplankton Carbon
- Chlorophyll-a uncertainties
- Phytoplankton Carbon uncertainty

PACE

PHOTOSYNTHETICALLY AVAILABLE RADIATION

- Daily PAR scalar 0-
- Daily PAR planar 0+
- Daily PAR planar 0-
- Instantaneous PAR planar 0+
- Instantaneous PAR planar 0-
- Instantaneous PAR scalar 0-

Productos más avanzados por venir:

- Suite de Calidad del Agua
- Suite de composición comunitaria de fitoplancton
- Nivel4
  - Producción Primaria Neta

Algorithm Descriptions: <https://www.earthdata.nasa.gov/apt/documents>

PACE Data Table →



# Suite de Calidad del Agua y Algoritmos en Consideración

PACE

WATER QUALITY

- Claridad del agua:  
Coeficiente de atenuación difusa ( $K_d$ )
- Clorofila-a
- Turbidez:  
Partículas en suspensión (SPM)
- Absorción de materia orgánica disuelta coloreada (CDOM) ( $a_g$ )

## Algoritmos de Aguas Interiores y Costeras:

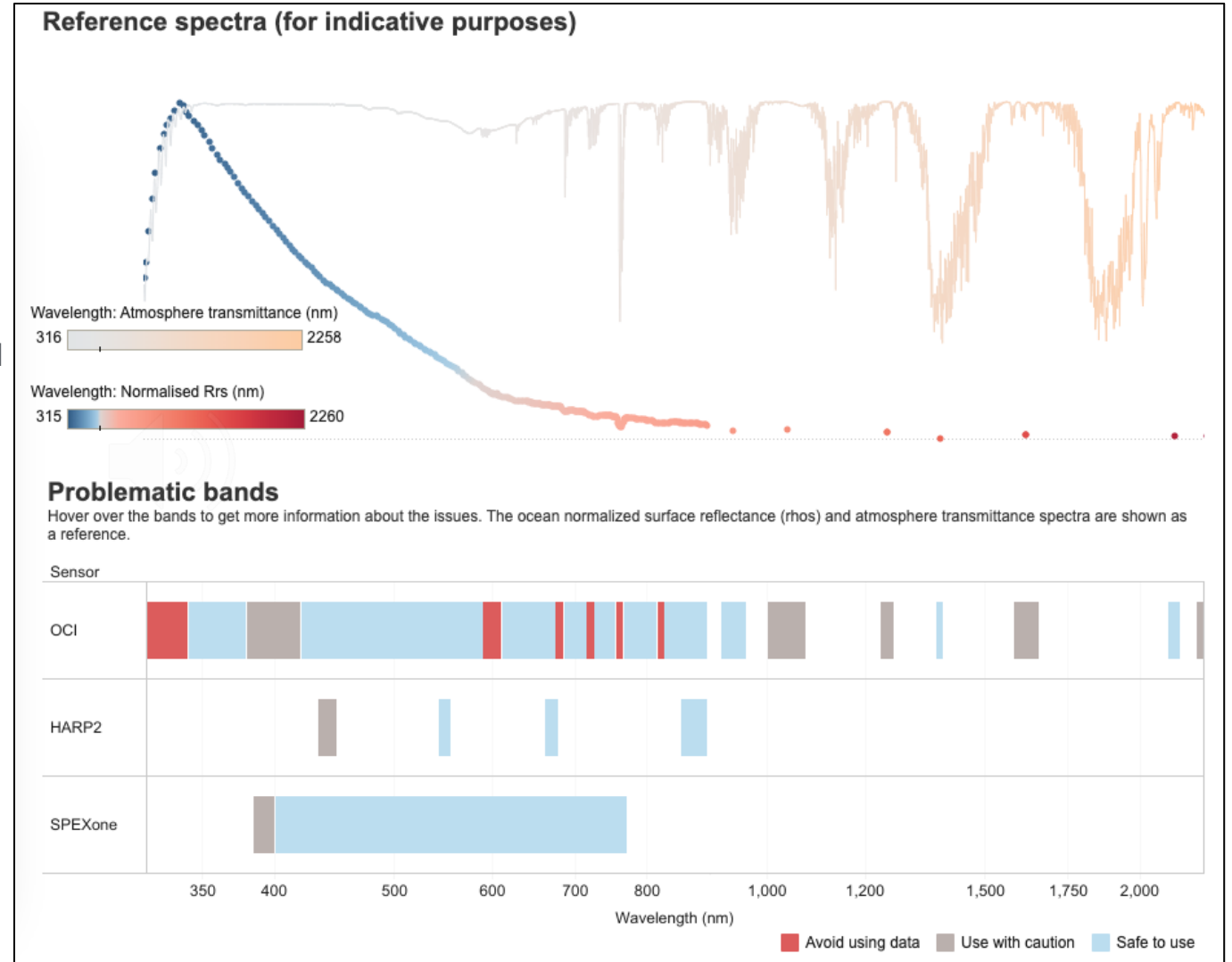
- **Aquaverse:** Un algoritmo de red neuronal de densidad mixta
  - Clorofila-a, absorción de CDOM, sólidos suspendidos totales (~SPM), ficocianina
- **CYAN-Equivalent:**
  - Reflectancias de la superficie acuática ( $r_s$ )
  - Cyanobacteria Index ( $CI_{\text{cyano}}$ )
  - Cyanobacteria-Apparent Visible Wavelength (CI-AVW)
- Floraciones de algas nocivas – TBD



# Aspectos que Estan Siendo Investigados

Categorías amplias actualmente bajo investigación incluyen:

- Geolocalización
- Rendimientos radiométricos
- Refinamiento de la calibración en órbita
  - Las intercomparaciones de un instrumento con otro apenas están empezando
- Se recomienda evitar, por ahora, bandas específicas que estan influenciadas por la atmosfera o características del instrumento





# Problemas con los Datos de Color del Océano – 2<sup>da</sup> Parte

La suite “Ocean apparent optical properties” (OC\_AOP): reflectancias espectrales de teledetección ( $R_{rs}(\lambda)$ ; sr<sup>-1</sup>) e incertidumbres (Provisional), longitud de onda visible aparente (Provisional), espesor óptico de aerosol (Diagnóstico) y exponente de angstrom de aerosol (Diagnóstico).

- Aún no se ha aplicado ninguna calibración indirecta; Se espera una mayor reducción del sesgo para las mediciones de datos de OC\_AOP en relación con la realidad una vez que se aplique la calibración indirecta.
- Se ha realizado una validación limitada de los datos extraídos de  $R_{rs}(\lambda)$ . Los resultados muestran una buena concordancia (de primer orden) con datos de referencia del terreno y con las misiones satelitales multispectrales tradicionales (por ejemplo, VIIRS), pero se necesitan más mediciones para evaluar completamente la calidad de los datos.
- El rendimiento de la recuperación de  $R_{rs}(\lambda)$  en el ultravioleta (por debajo de 400 nm) aún no se ha revisado significativamente y es probable que contenga sesgos significativos y variabilidad errónea.
- Se han aplicado correcciones para absorber gases, pero el refinamiento está en curso. Es probable que la variabilidad de  $R_{rs}(\lambda)$ , especialmente en rojo, contenga artefactos residuales de la absorción de vapor de agua y oxígeno cerca de 680, 720, 760 y 820 nm.
- Discontinuidad en las radiancias observadas en la transición entre los planos focales azul y rojo. Esto resulta en un artefacto en  $R_{rs}(\lambda)$  en la región de 590-610 nm. Los algoritmos científicos deben evitar el uso de datos en esta región.
- El procesamiento actual se extiende a ángulos cenitales de visión más altos que los sensores tradicionales. La corrección atmosférica se vuelve cada vez más difícil en estas geometrías extremas, y se ha observado una reflectancia erróneamente elevada en longitudes de onda rojas cerca del borde de escaneo. Estos datos se marcan en Nivel-2 y se enmascaran en Nivel-3.
- La altura de la línea de fluorescencia de la clorofila (FLH) se incluirá en una versión futura.



# Problemas con los Datos de Color del Océano – 3<sup>ra</sup> Parte

- La suite Ocean Inherent Optical Properties(OC\_IOP) - Problemas conocidos:
  - Los productos se derivan de  $R_{rs}(\lambda)$ . Se han observado fallos de algoritmo y artefactos en aguas altamente productivas y cercanas a la costa.
- La suite Ocean Biogeochemical Properties (OC\_BGC) - Dificultades Conocidas:
  - Los productos se derivan de  $R_{rs}(\lambda)$
- La suite Ocean Photosynthetically Available Radiation (PAR) - Dificultades Conocidas:
  - Ninguna
- La suite Cloud Mask (CLDMASK): Cloud Mask y Cloud-Adjacent Mask (Test) - Dificultades Conocidas:
  - La implementación actual de la máscara de nieve/hielo marino de MERRA-2 puede causar bloqueos alrededor de las costas donde la tierra está cubierta de nieve. Esto se corregirá en una próxima versión.



# Recursos e información útil

Descripciones de datos y acceso a datos simulados y caracterizaciones

**Data Products Overview**

**Ocean Properties to be Produced by OCI**  
Bio-optical and biogeochemical properties of seawater constituents in the sunlit upper ocean.

Products >

Memorandos técnicos y otros documentos de PACE

**NASA/TM-2018-219027/ Vol. 7**  
**PACE Technical Report Series**  
**Volume 7**  
Jana Cottini, Charles B. McClain, and P. Jeremy Wordell, Editors

**Ocean Color Instrument (OCI) Concept Design Studies**

Donald Alford, Robert Arnone, Michael J. Behrenfeld, Bruce Carnot, Jana Cottini, Robert E. Fryxell, Bruce Franz, David Halloran, Anne Hasse, Steven Marston, Lachlan E. W. McKinnon, Richard Morel, Anne Parry, Hans Rabalais, Frederick S. Porter, Wayne Robinson, Sergio B. Sigurdson, Ryan Tinderman, Taly Winkler, and Jeremy Wordell

**Extended UV Capability for Ozone Retrieval  
Chlorophyll Fluorescence Requirements  
Estimates for Optimal Sensing of Coastal Features  
Analyses Supporting an OCI 1038 nm Band  
Analysis of OCI SWIR Bands  
Strategy & Requirements: Solar & Lunar Calibrations  
Ltp and Lmax Calculations for the OCI  
Analysis of OCI Spectral Resolution Considerations**

[Dec-18] Ocean Color Instrument (OCI) Concept Design Studies [MORE >>](#)

**NASA/TM-2018-219027/ Vol. 6**  
**PACE Technical Report Series**  
**Volume 6**  
Jana Cottini, Charles B. McClain, and P. Jeremy Wordell, Editors

**Data Product Requirements and Error Budgets Consensus Document**

Zimshin Alimov, Jana Cottini, Bryan A. Franz, Erdem M. Karadada, Lachlan E. W. McKinnon, Frederick S. Porter, and Jeremy Wordell

**Ocean Color Science Data Product Requirements  
OCI Pointing Knowledge & Control Requirements  
SNR Requirement: Assessment & Verification  
Derivation of OCI Systematic Error Approach  
Uncertainty in Ocean Color Observations  
Uncertainty in Aerosol Model Characterization**

[Dec-18] Data Product Requirements and Error Budgets Consensus Document [MORE >>](#)

NASA PACE - Home

pace.oceansciences.org/home.htm

HOME ABOUT MISSION SCIENCE APPLICATIONS DATA NEWS EVENTS GALLERY DOCUMENTS

DATA PRODUCTS OVERVIEW  
DATA PRODUCTS TABLE  
ACCESS PRELIMINARY DATA

ALL DOCUMENTS  
TECHNICAL MEMOS  
LEARN MORE  
PRESENTATION MATERIALS  
REPORTS AND PAPERS  
PUBLICATIONS

**PACE Ready to Make Waves**  
PACE has passed its design reviews and moved into construction and testing >>

PACE's advanced technologies will provide new insight into Earth's ocean and atmosphere.

These systems impact our everyday lives. How?  
By regulating climate and making our planet habitable.

LATEST NEWS & EVENTS

HARP named SmallSat Mission of the Year  
(news) [VIEW >>](#)

A Walk Through the Rainbow with PACE  
(news) [VIEW >>](#)

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

@NASAOcean

Which Phytoplankton Are You?  
Click to find

What in the World are Aerosols?  
Click to find

Which Phytoplankton Are You?  
Quarantine Edition



# PACE Acceso a Datos

**Las tres opciones principales incluyen:**

- Earthdata Search OB.DAAC Portal
- OB.DAAC Nivel 3 & 4 Browser
- OB.DAAC File Search

El OB. El navegador DAAC Nivel 1 y 2 no admite el acceso a los datos PACE.





# Plankton, Aerosol, Cloud, ocean Ecosystem

PACE revolucionará la ciencia marina y atmosférica mundial con su radiómetro de imágenes hiperespectrales y dos polarímetros multiángulo.

Los avances realizados en las ciencias de la Tierra en relación con los de MODIS serán tan importantes como aquellos logrados en astronomía al pasar del Hubble al JWST.

PACE es mucho más que una misión de continuidad del color del océano y los aerosoles. Sus capacidades la convierten en una verdadera misión de descubrimiento en toda la ciencia del sistema terrestre.





Learn more about the  
PACE mission



Join the PACE CoP and/or  
Early Adopter Program



Sesión 1  
**Resumen**

# Resumen

- Descripción de PACE-OCI, HARP2 y SPEXone: Resoluciones espectrales, espaciales y temporales.
- Los datos de PACE están disponibles para océanos/estuarios, atmósfera y tierra
- Observaciones de OCI:
  - Hiperespectrales de 315 nm a 895 nm, con muestreo espectral de 2.5 nm
  - Permitirán la separación de los constituyentes acuáticos y la composición de las comunidades de fitoplancton
  - Solo observaciones hiperespectrales con cobertura global casi diaria
- HARP2 y SPEXone ayudarán en la corrección atmosférica
- Restricciones de resolución espacial relativamente bajas (1 km); Uso en aguas interiores y cercanas a la costa
- Los algoritmos hiperespectrales necesitan verificación y requieren mediciones hiperespectrales de campo
- Descripción general de los productos y problemas de datos de PACE disponibles en los datos de Nivel-2:
  - No completamente calibrados, validación limitada
  - Perfeccionamiento en curso de la corrección atmosférica





# Mirando Hacia La 2<sup>da</sup> Sesión

- Resumen General, Acceso y Análisis de los Datos de PACE Ocean Color
- Análisis y visualización de datos de OCI utilizando el software SeaDAS de código abierto de la NASA



# Tarea y Certificados

- **Tarea:**

- Habrá una tarea asignada
- Abre el 9 de octubre de 2024
- Acceso desde la [página web de la capacitación](#)
- Debe enviar sus respuestas vía Formularios de Google
- **Fecha de entrega: 24 de octubre**



- **Certificado de Finalización de Curso:**

- Asista a las tres sesiones en vivo (la asistencia se registra automáticamente)
- Complete la tarea dentro del plazo estipulado
- Recibirá un certificado por correo electrónico aproximadamente dos meses después de la conclusión del curso.



# Datos de Contacto

Instructores :

- Antonio Mannino
  - [Antonio.mannino-1@nasa.gov](mailto:Antonio.mannino-1@nasa.gov)
- Amita Mehta
  - [Amita.v.mehta@nasa.gov](mailto:Amita.v.mehta@nasa.gov)

- [Página web de ARSET](#)
- ¡Síguenos en X (antiguamente Twitter)!
  - [@NASAARSET](https://twitter.com/NASAARSET)
- [ARSET YouTube](#)



Visite nuestros Programas Hermanos:

 [DEVELOP](#)

 [SERVIR](#)





¡Gracias!

