



# Cálculo de Índices Espectrales para Aplicaciones Terrestres y Acuáticas Usando QGIS

Sesión 1: Índices Espectrales en QGIS

Justin Fain (BAERI), Sativa Cruz (BAERI) y Juan Torres-Perez (NASA)

27 de febrero de 2025





Acerca de ARSET

# Acercas de ARSET\*

- ARSET ofrece capacitación accesible, relevante, sin costo sobre satélites, sensores, métodos y herramientas de teledetección.
- Las capacitaciones incluyen una variedad de aplicaciones de datos de satélite y se personalizan para audiencias con diferentes niveles de experiencia.



AGRICULTURA



CLIMA Y RESILIENCIA



DESASTRES



CONSERVACIÓN ECOLÓGICA



SALUD Y CALIDAD DEL AIRE



RECURSOS HÍDRICOS

\*Siglas de **A**pplyed **R**emote **S**ensing Training 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 por uno a su propio ritmo
- Sin ningún costo
- Opciones bilingües y multilingües
- Solo usan software y datos de fuente abierta
- Acomodan diferentes niveles de experiencia
- Visite la [página de ARSET](#) para aprender más.

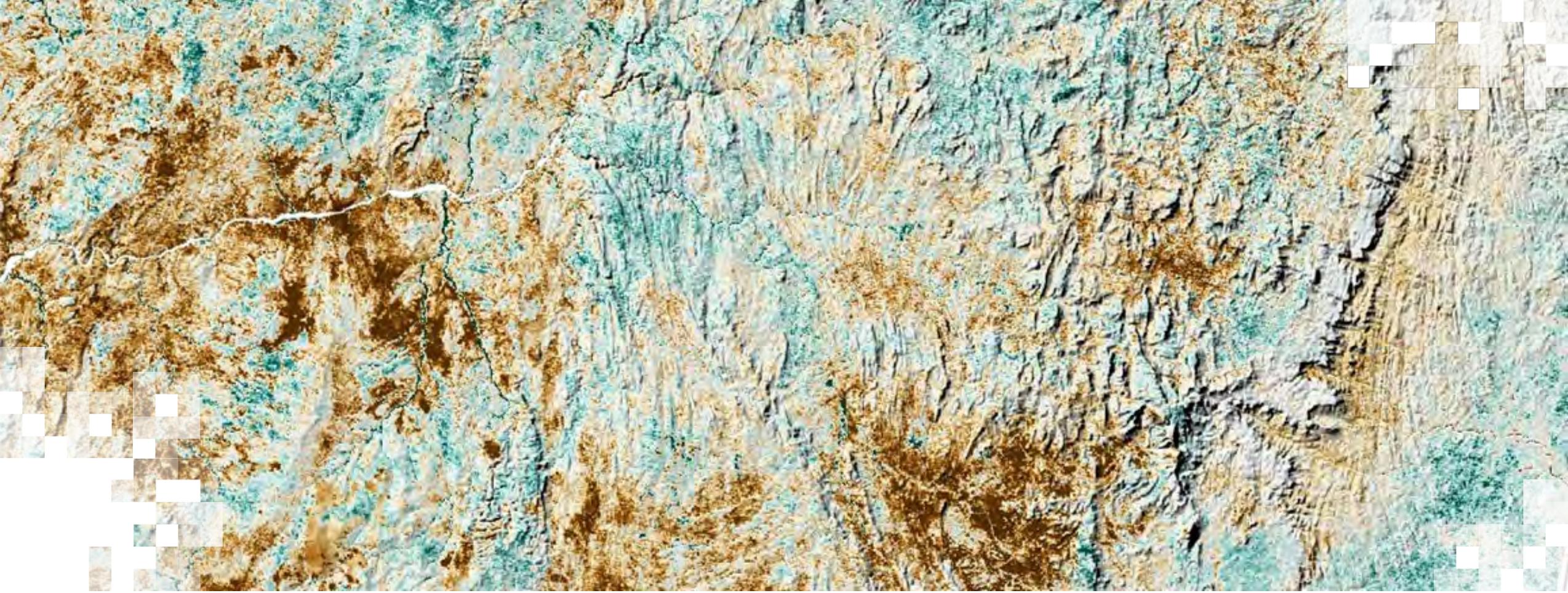


EARTH SCIENCE  
APPLIED SCIENCES



CAPACITY BUILDING





Cálculo de Índices Espectrales para Aplicaciones Terrestres  
y Acuáticas Usando QGIS  
**Resumen General**

# ¿Qué son los índices espectrales?

- Los índices espectrales nos dan métricas simples para comprender ciertas cualidades de los ambientes terrestres y acuáticos.
- Se derivan directamente de la información espectral registrada por las plataformas de teledetección.
- Son cálculos relativamente sencillos que hacen uso de las diferencias entre las propiedades de reflexión/absorción del objetivo, como por ejemplo, la alta reflectancia IR en la vegetación sana o la tasa elevada de absorción IR observada en los cuerpos de agua.



# Objetivos de Aprendizaje de esta Capacitación

Al final de esta capacitación, las/los participantes podrán:

1. Describir las fuentes de datos, el procesamiento de datos y las aplicaciones de los índices relacionados con los entornos terrestres y acuáticos.
2. Calcular índices relacionados con el monitoreo ambiental en sistemas terrestres y acuáticos utilizando la herramienta de calculadora de ráster QGIS.
3. Identificar qué índices son apropiados para el monitoreo terrestre versus acuático.



# Prerrequisitos

- [Fundamentos de la Percepción Remota \(Teledetección\)](#)



# Esquema de la Capacitación

## Sesión 1 Índices Espectrales en QGIS

27 de febrero de 2025  
8:00 - 9:30 am Pacífico  
(11:00 am - 12:30 Hora  
Este de EEUU)

### Tarea

Abre el 27 de febrero de 2025 – Fecha límite: 13 de marzo de 2025 – Publicada en la Página Web de la Capacitación

Se otorgará un certificado de finalización de curso a quienes asistan a la sesión en vivo y completen la tarea dentro del plazo estipulado.





Cálculo de Índices Espectrales para Aplicaciones  
Terrestres y Acuáticas Usando QGIS  
**Sesión 1: Índices Espectrales en QGIS**

# Formadores

**Justin Fain**

Científico de Investigación  
BAERI/NASA Ames



**Sativa Cruz**

Científica de Investigación  
BAERI/NASA Ames



**Juan Torres-Perez**

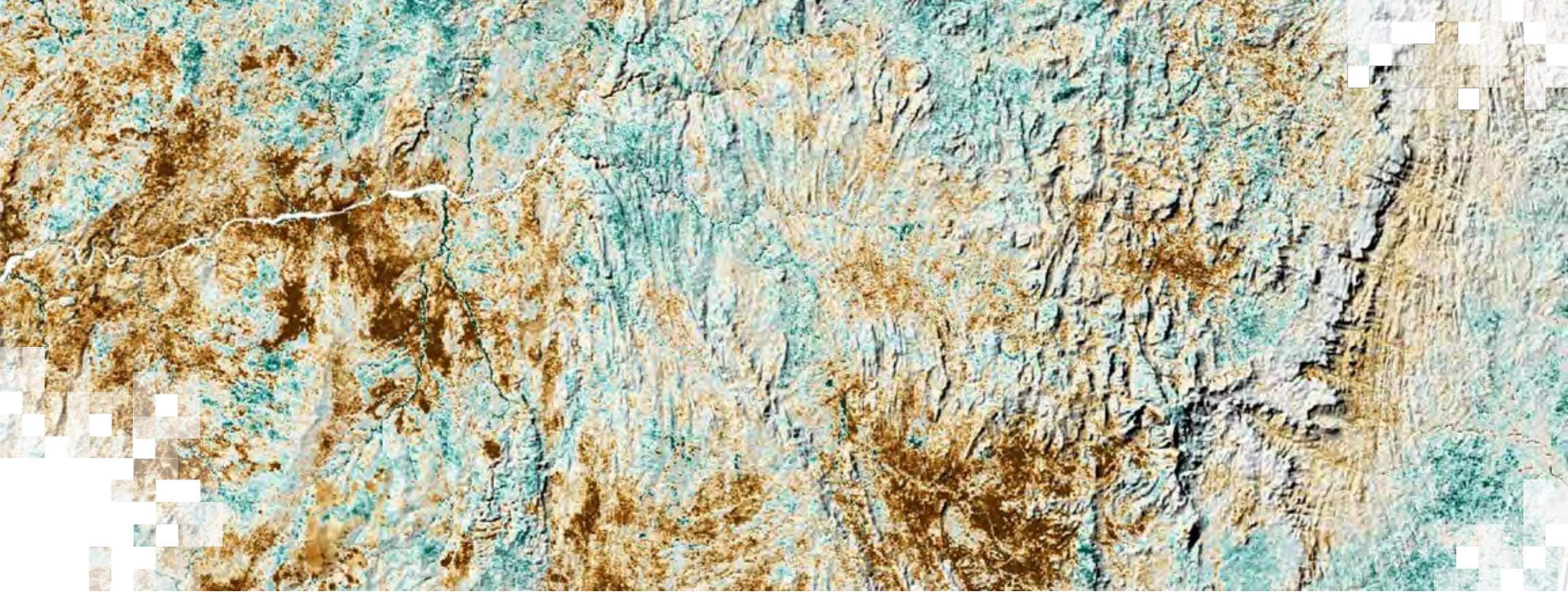
Científico de Investigación  
NASA Ames



# Cómo Hacer Preguntas

- Por favor escriba sus preguntas en la casilla denominada “Questions” y las responderemos al final de este webinar.
- No dude en escribir sus preguntas mientras vayamos avanzando. Intentaremos responder todas las preguntas durante la sesión para preguntas y respuestas después del webinar.
- Las demás preguntas las responderemos en el documento de preguntas y respuestas, el cual será publicado en la página web de la capacitación aproximadamente una semana después de esta





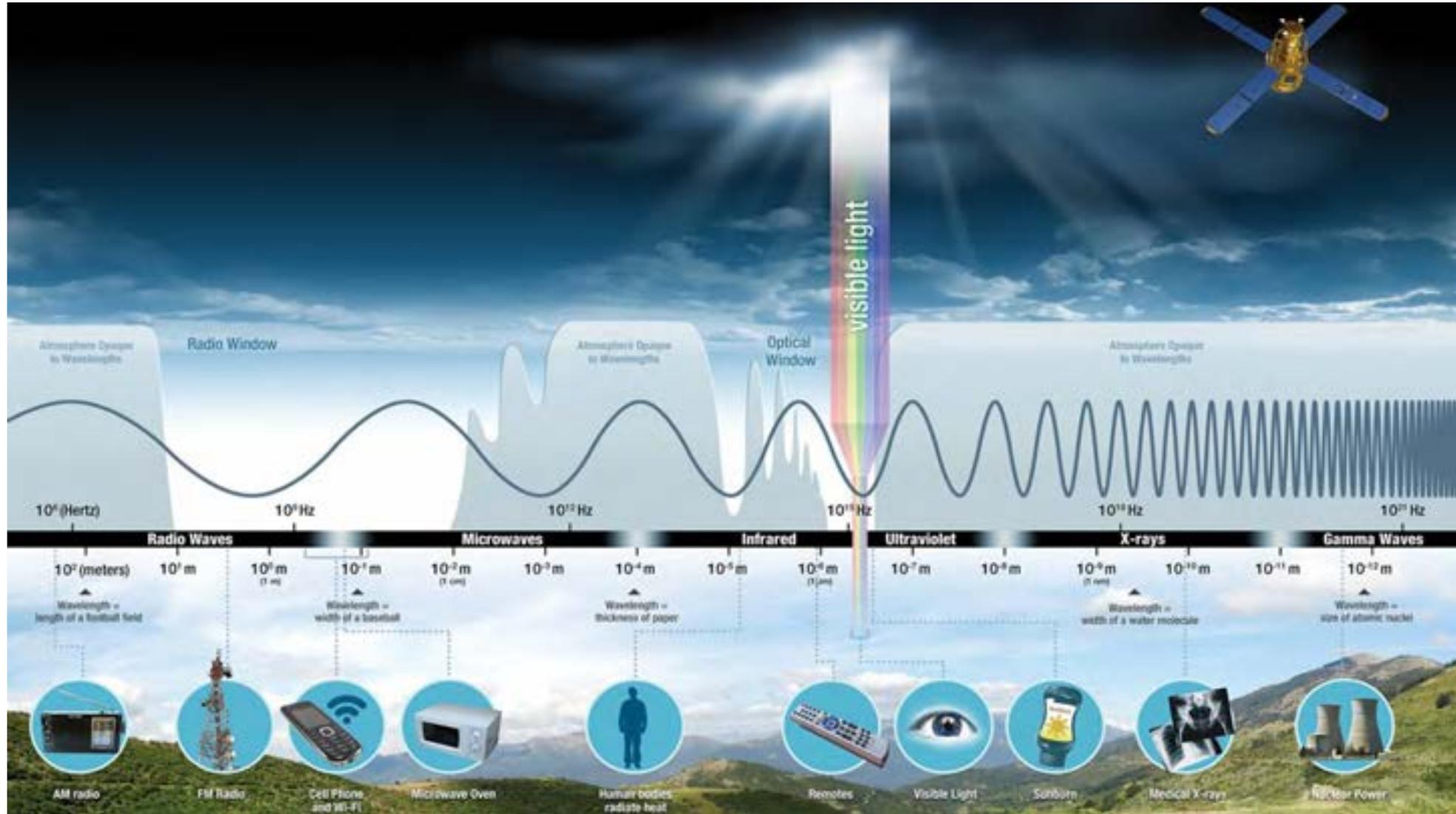
## Repaso de Conceptos de Teledetección

# Repaso de Conocimiento Adquirido Previamente

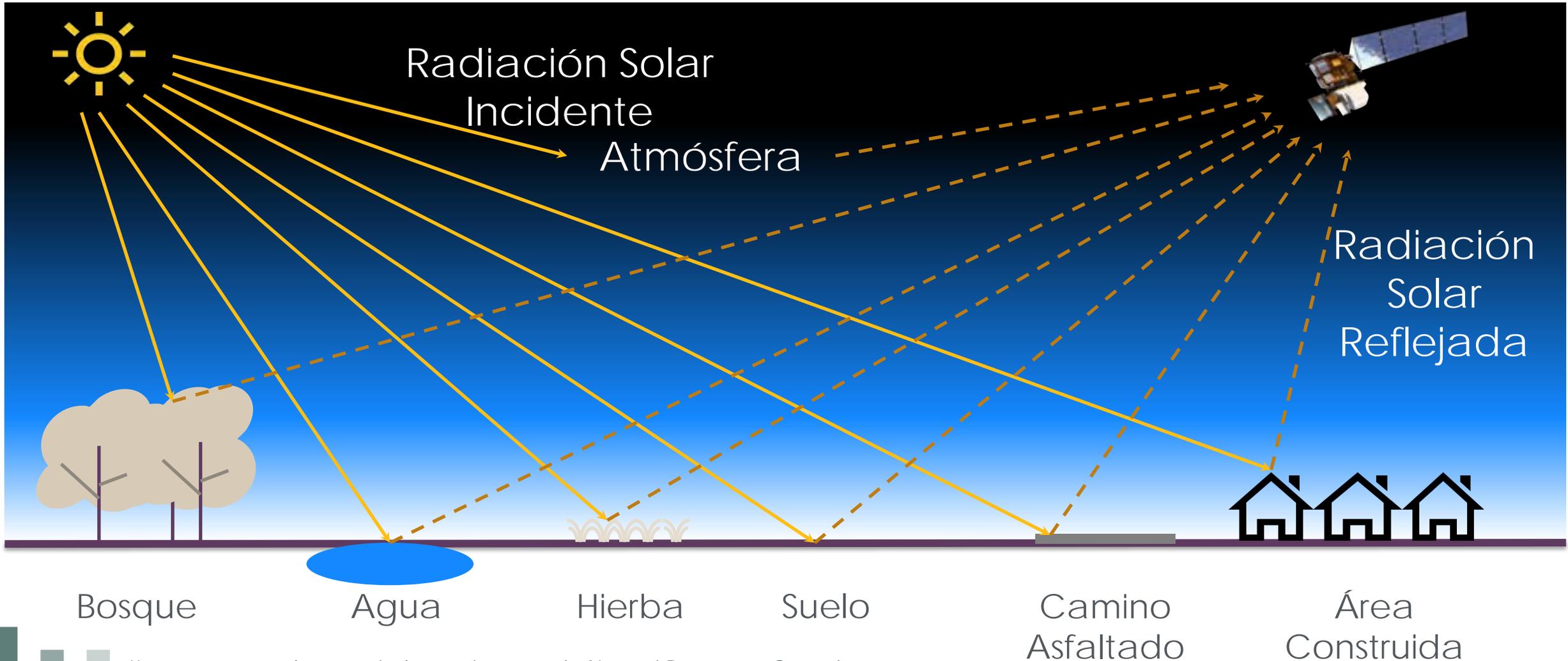
- Cada superficie de la Tierra refleja y absorbe energía de manera diferente.
  - Las plantas, por ejemplo, absorben en la parte azul y roja y reflejan en la parte verde e infrarroja cercana (NIR, por sus siglas en inglés).
- Diferentes superficies tienen diferentes firmas espectrales.
- Los índices espectrales son relaciones de bandas simples que resaltan algún proceso o alguna propiedad específica en la superficie terrestre o acuática.



# Espectro Electromagnético



# ¿Qué se mide con los instrumentos de teledetección pasiva?

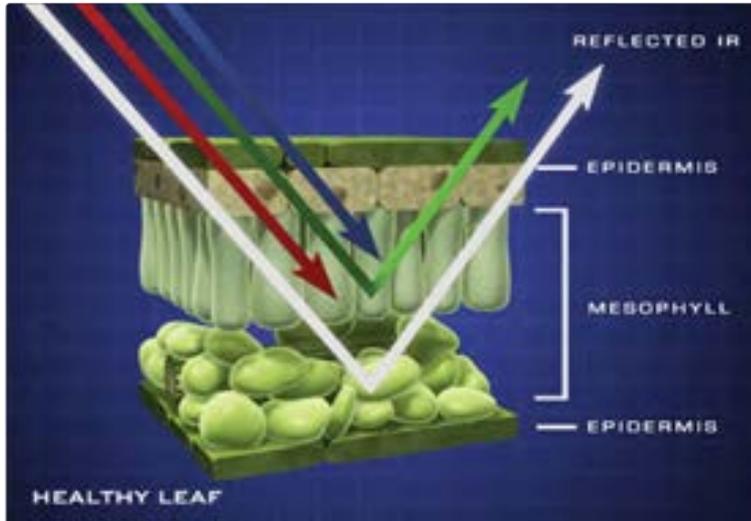


\*Imagen recreada a partir de una imagen de Natural Resources Canada

NASA ARSET - Calculating Spectral Indices for Land and Aquatic Applications Using QGIS



# Interacción con la Superficie Terrestre: la Vegetación



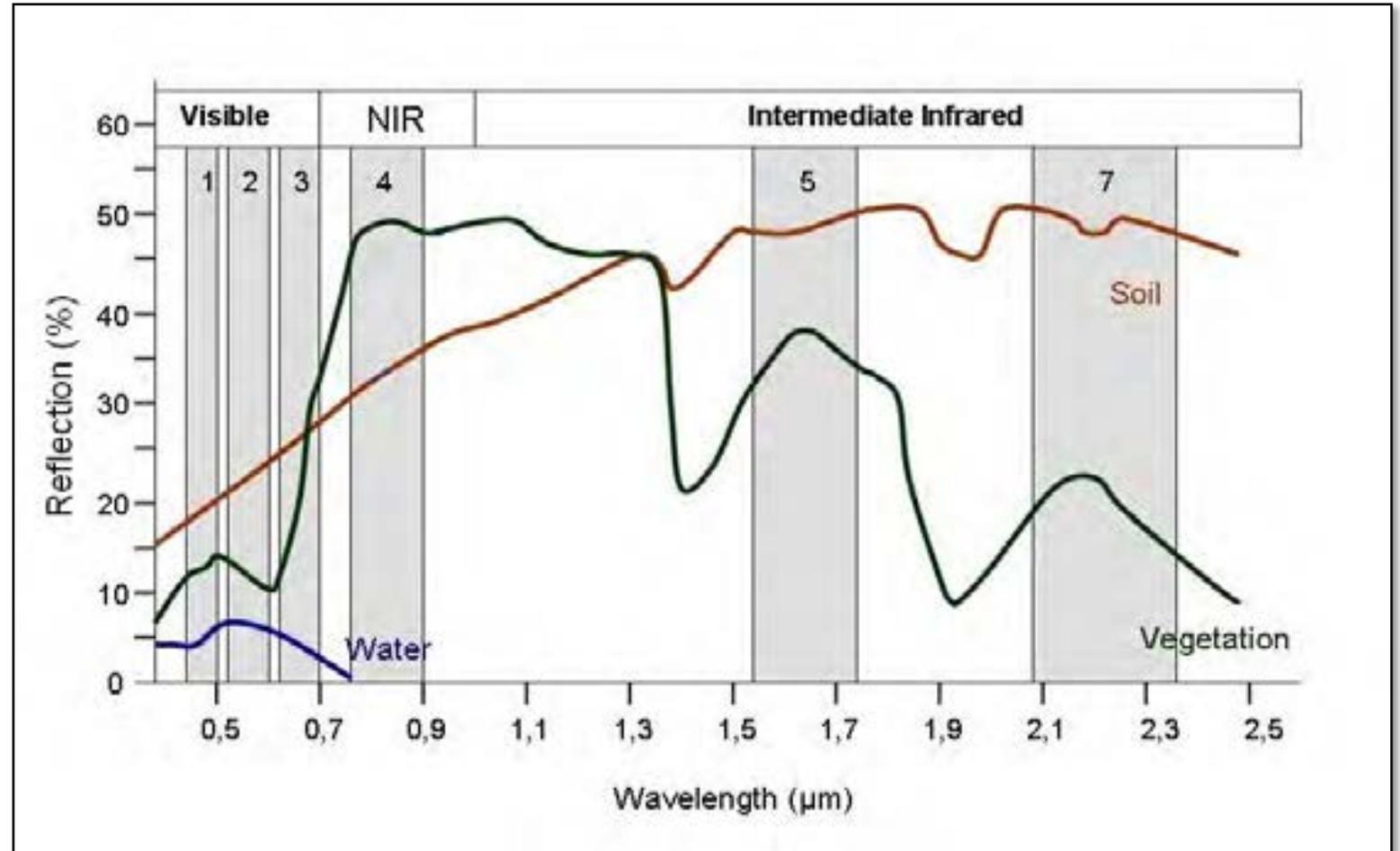
Fuente de la Imagen: NASA/Jeff Carns & Ginger Butcher

- Ejemplo: La vegetación sana y verde **absorbe** las longitudes de onda **Azules** y **Rojas** (utilizadas por la clorofila para la fotosíntesis) y **refleja** las **Verdes** e **Infrarrojas**.
- Como no podemos ver la radiación infrarroja, vemos la vegetación sana como verde.
- La cantidad de energía reflejada depende de la salud de la vegetación, el contenido de agua y la etapa fenológica.



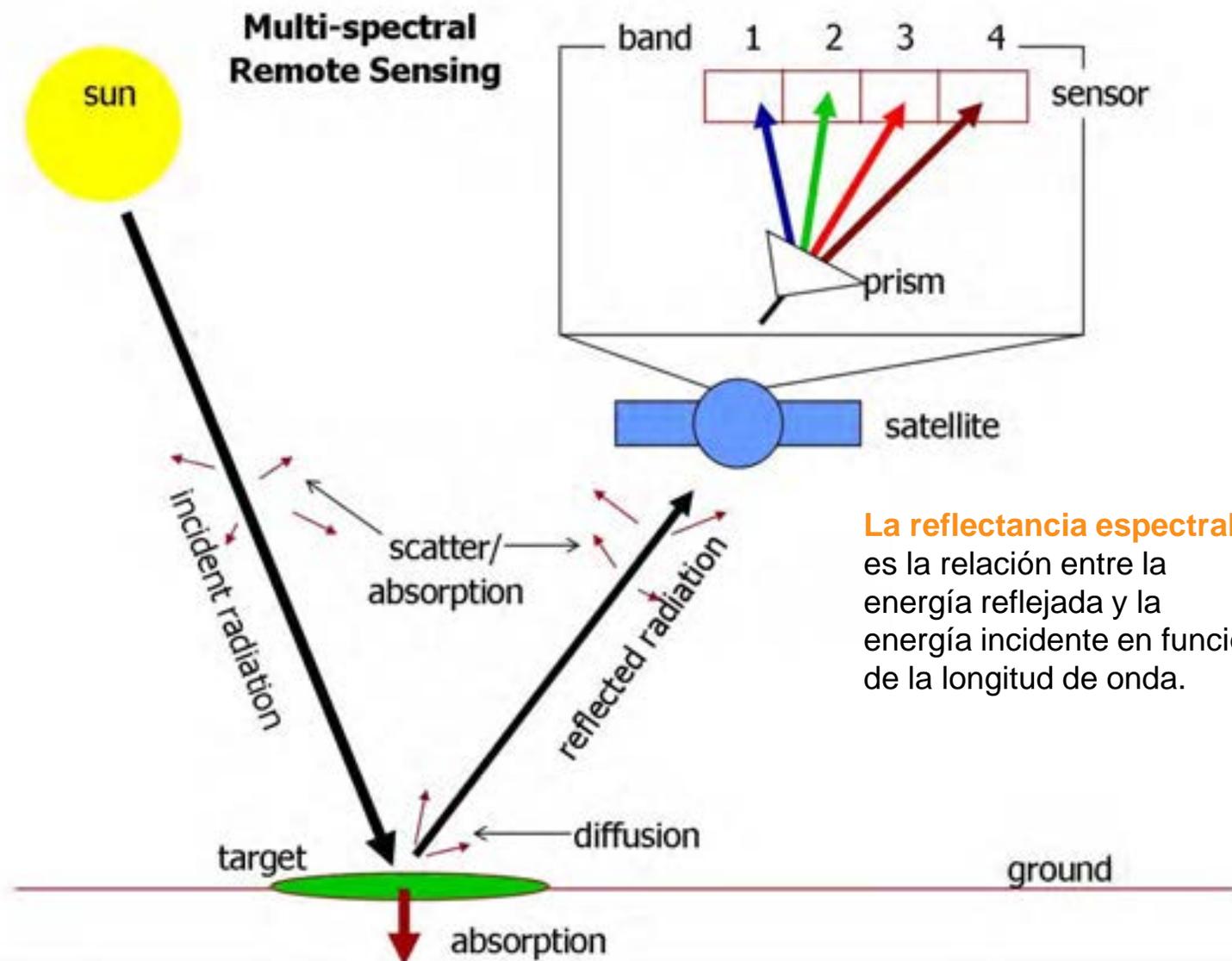
# Firmas Espectrales

- Cada superficie de la Tierra refleja y absorbe energía de manera diferente.
- Diferentes superficies tienen diferentes firmas espectrales.
- En este ejemplo, se puede ver las diferencias entre las firmas del agua, la vegetación y el suelo.



# Resolución Espectral

1. La capacidad de un sensor para definir intervalos de longitud de onda.
2. Cada "banda" representa una parte diferente del espectro electromagnético.

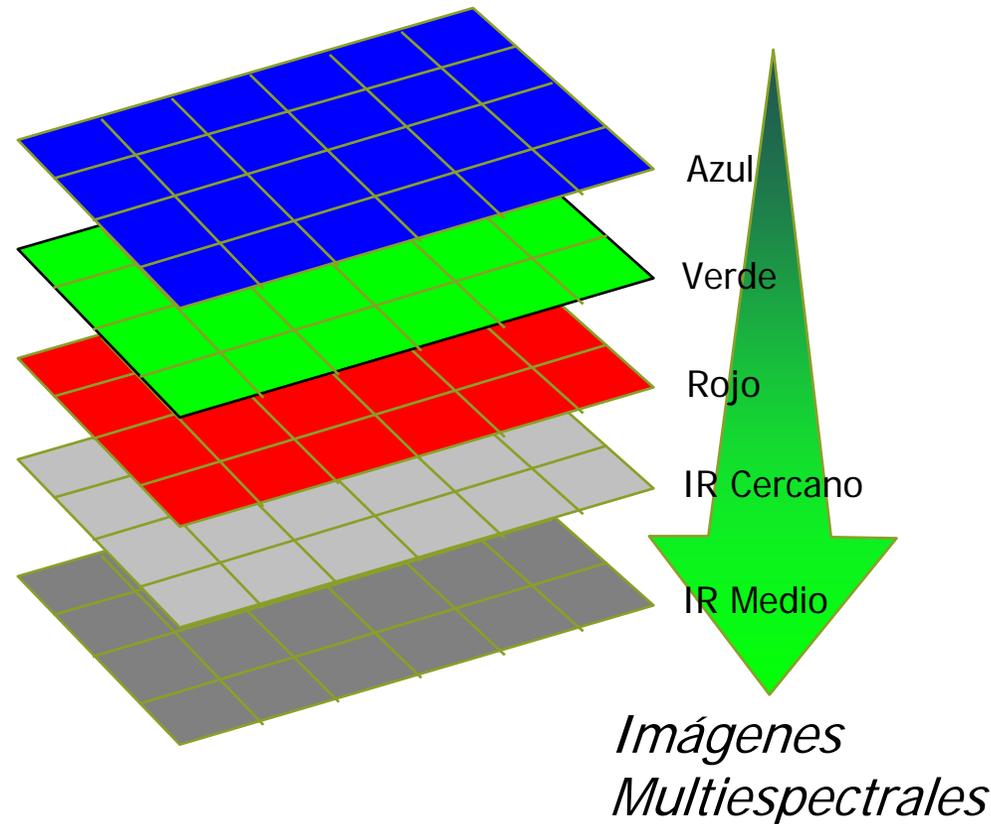


**La reflectancia espectral** es la relación entre la energía reflejada y la energía incidente en función de la longitud de onda.



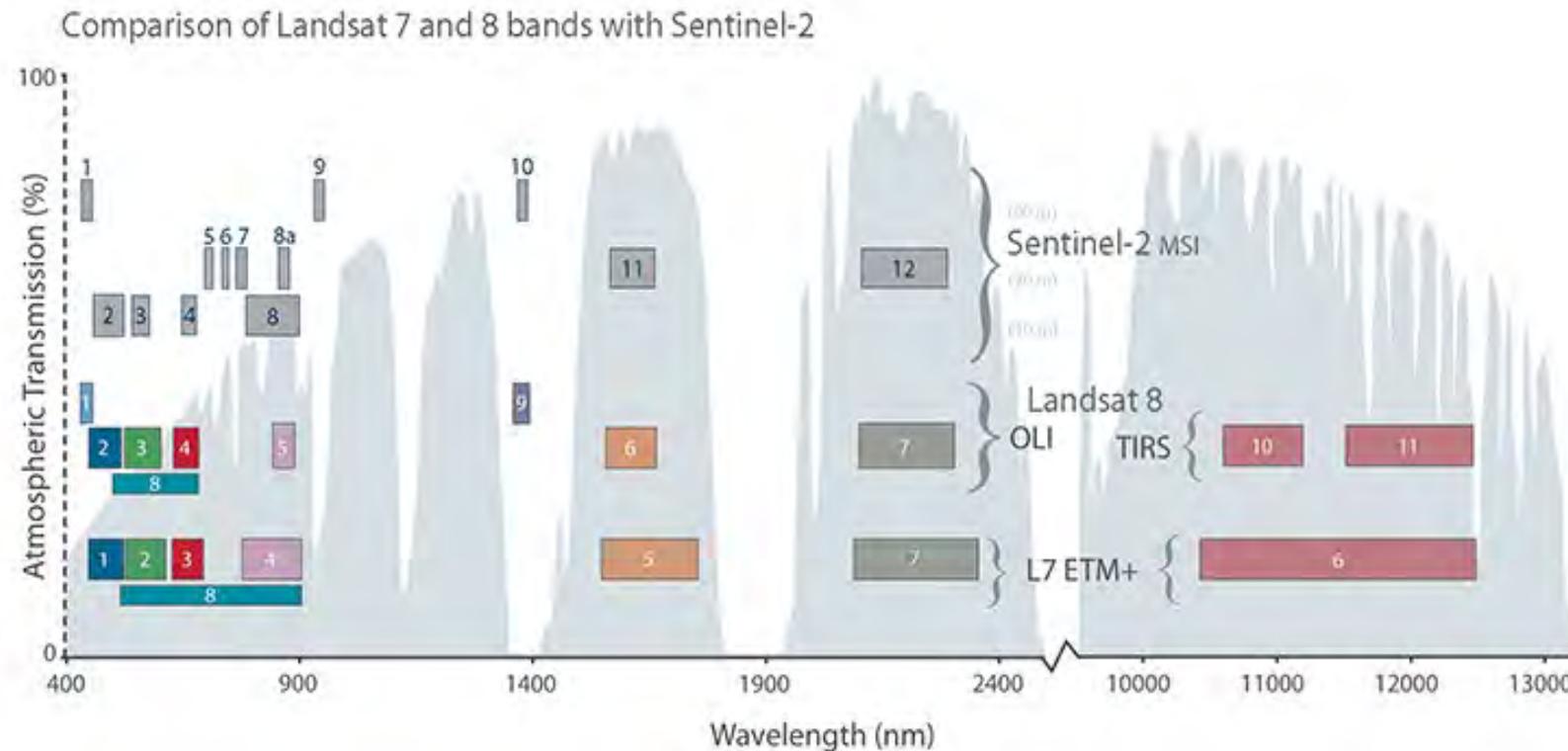
# Resolución Espectral: Bandas de Imagen

Cada banda de una imagen es una capa diferente en esta.



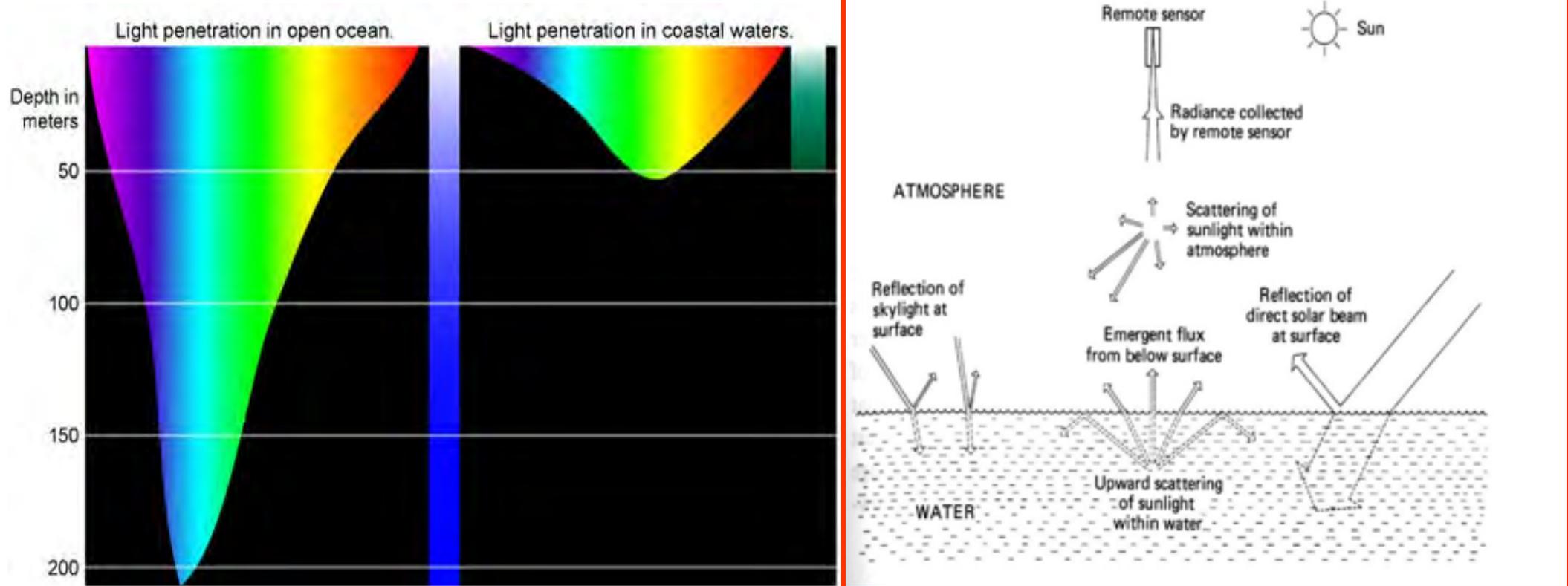
# Características Espectrales de Landsat y Sentinel-2

- Los instrumentos de Landsat miden principalmente la luz reflejada desde la superficie de la Tierra (con una excepción).
- Los instrumentos de Landsat están diseñados para detectar longitudes de onda visibles e infrarrojas (cercanas y medias).



# La Calidad del Agua Afecta las Propiedades Ópticas de Esta

El agua natural contiene material que es ópticamente activo. El monitoreo de la reflectancia de la luz de la superficie del agua con teledetección puede indicar la calidad del agua.



# Cómo Interactúa la Luz con el Agua

Reflectancia de teledetección( $R_{rs}$ ) o Color del océano

$$R_{rs}(\lambda, 0^+) \cong C \frac{b_b(\lambda)}{a(\lambda) + b_b(\lambda)} = \frac{L_w(\lambda)}{E_d(\lambda, 0^+)}$$

Propiedades ópticas inherentes:

- $a$  = Absorción por...
  - Fitoplancton (ph)
  - Partículas No-Algales (nap)
  - Materia Orgánica Disuelta Coloreada (CDOM, por sus siglas en inglés)
  - Agua (w)
- $b$  = Dispersión hacia adelante (f) y en sentido contrario (b)

Propiedades ópticas aparentes:

- $L_w$  = Radiancia partiendo del agua
- $L_u$  = Radiancia ascendente
- $E_d$  = Irradiancia descendente
- $R_{rs}$  = Reflectancia de teledetección(rs)



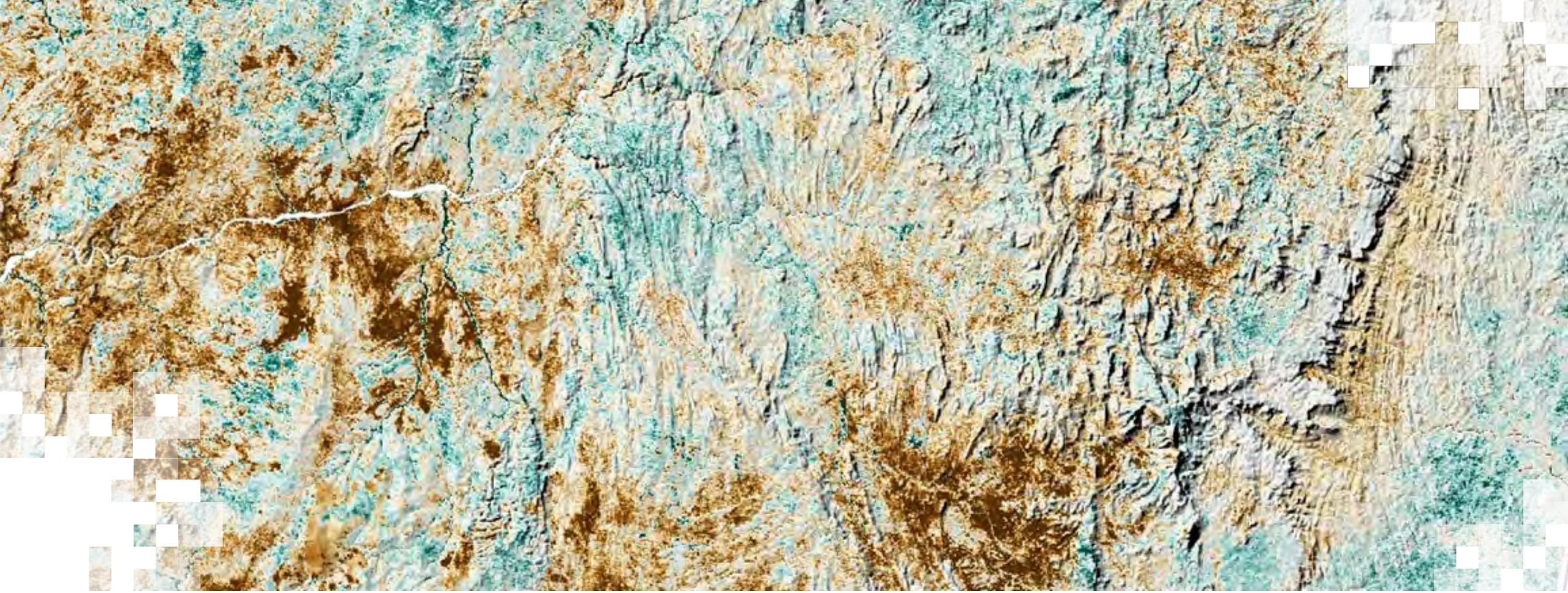


## Índices Espectrales

# Índices espectrales seleccionados

Índice	Nombre	Propósito
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index	Salud de la vegetación
EVI	Enhanced Vegetation Index	Salud de la vegetación (densa)
SAVI	Soil Adjusted Vegetation Index	Salud de la vegetación (escasa)
NBR	Normalized Burn Ratio	Impactos de incendios
NDCI	Normalized Difference Chlorophyll Index	Clorofila acuática
NDAVI	Normalized Difference Aquatic Vegetation Index	Vegetación acuática
FAI	Floating Algal Index	Algas flotantes
NDTI	Normalized Difference Turbidity Index	Turbidez acuática





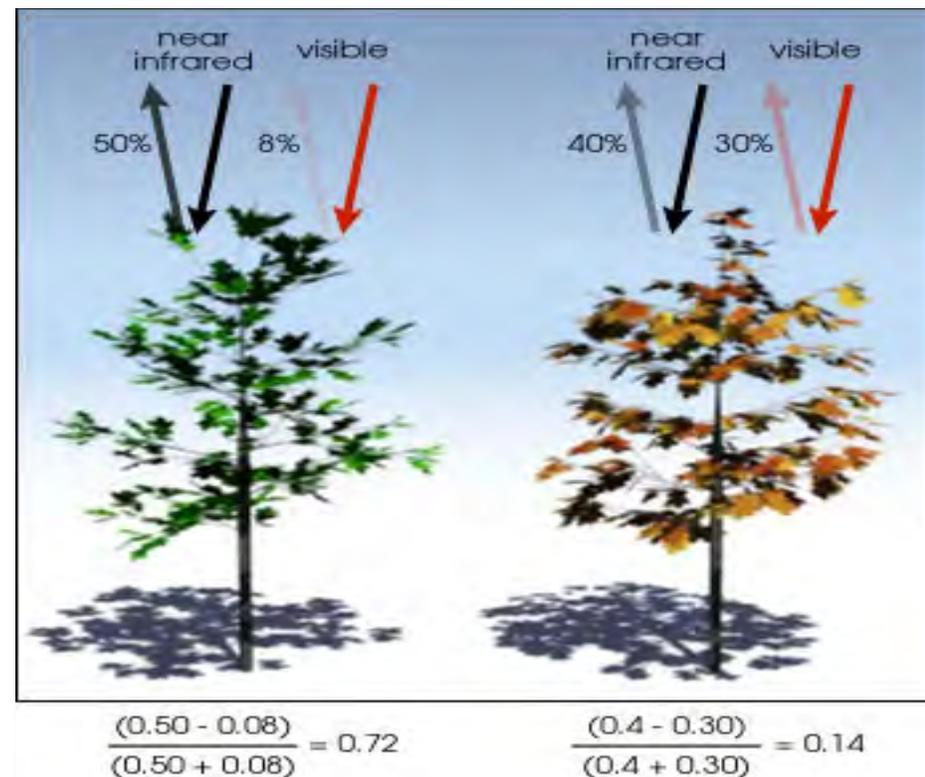
Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada  
(Normalized Difference Vegetation Index o NDVI)

# NDVI: Resumen

- Formula del NDVI:

$$\frac{\text{Infrarrojo Cercano} - \text{Rojo}}{\text{Infrarrojo Cercano} + \text{Rojo}}$$

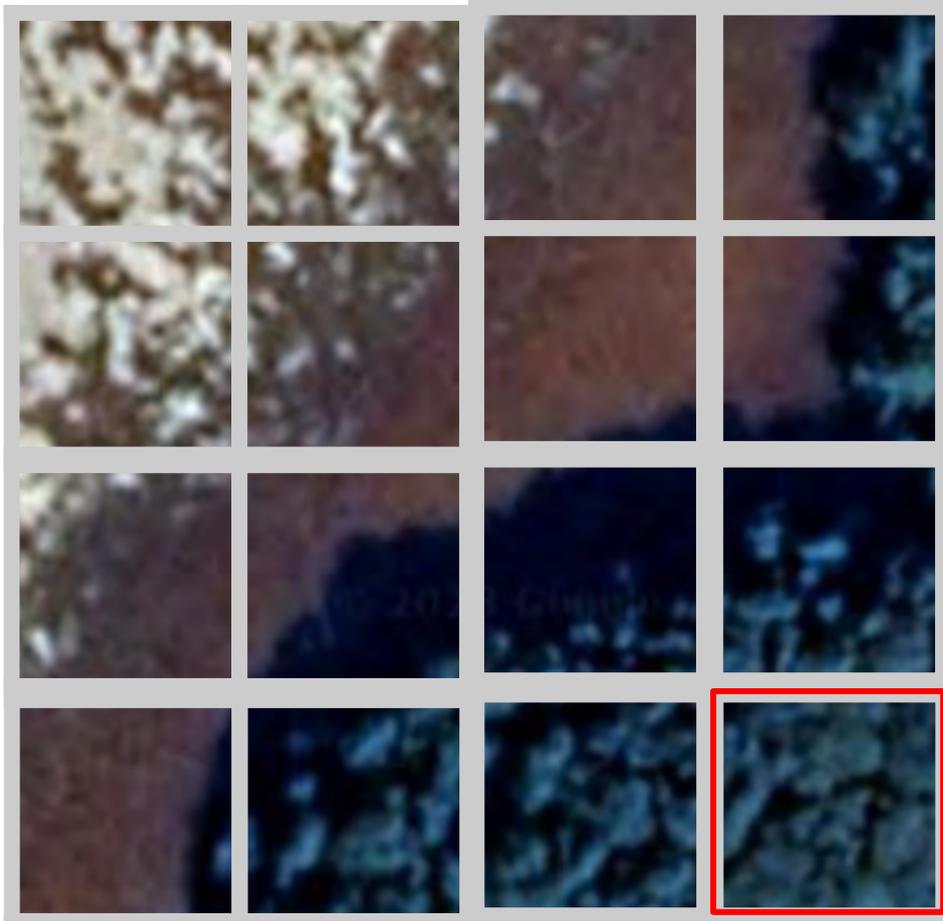
- Los valores varían del **-1,0** al **1,0**.
  - Los valores negativos a 0 significan que **no hay hojas verdes**.
  - Los valores cercanos a 1 indican la **mayor densidad posible de hojas verdes**.



Fuente de la Imagen: Robert Simmon



# Ejemplo de Cálculo del NDVI



IR Cercano  
(Landsat 9 Banda 5)

.1144

Rojo  
(Landsat 9 Banda 4)

.0344





IR Cercano

.0214	.0313
.0031	.1144

-

Rojo

.0473	.0444
.0415	.0344

=

NDVI

-.377	-.174
-.862	.538



+

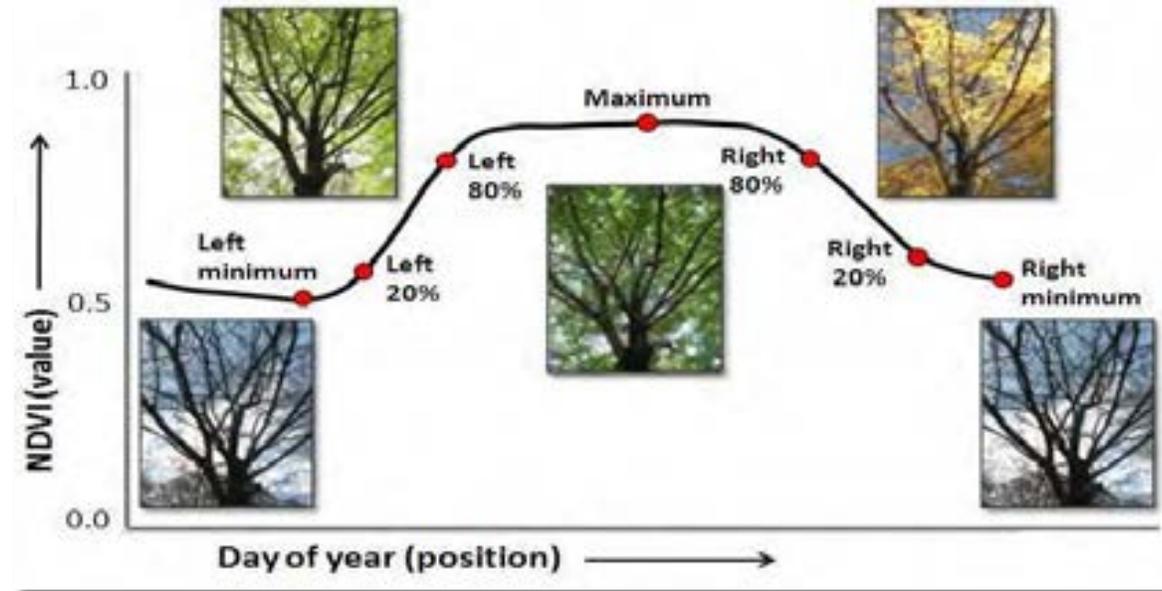
.0214	.0313
.0031	.1144

.0473	.0444
.0415	.0344



# NDVI y Estacionalidad

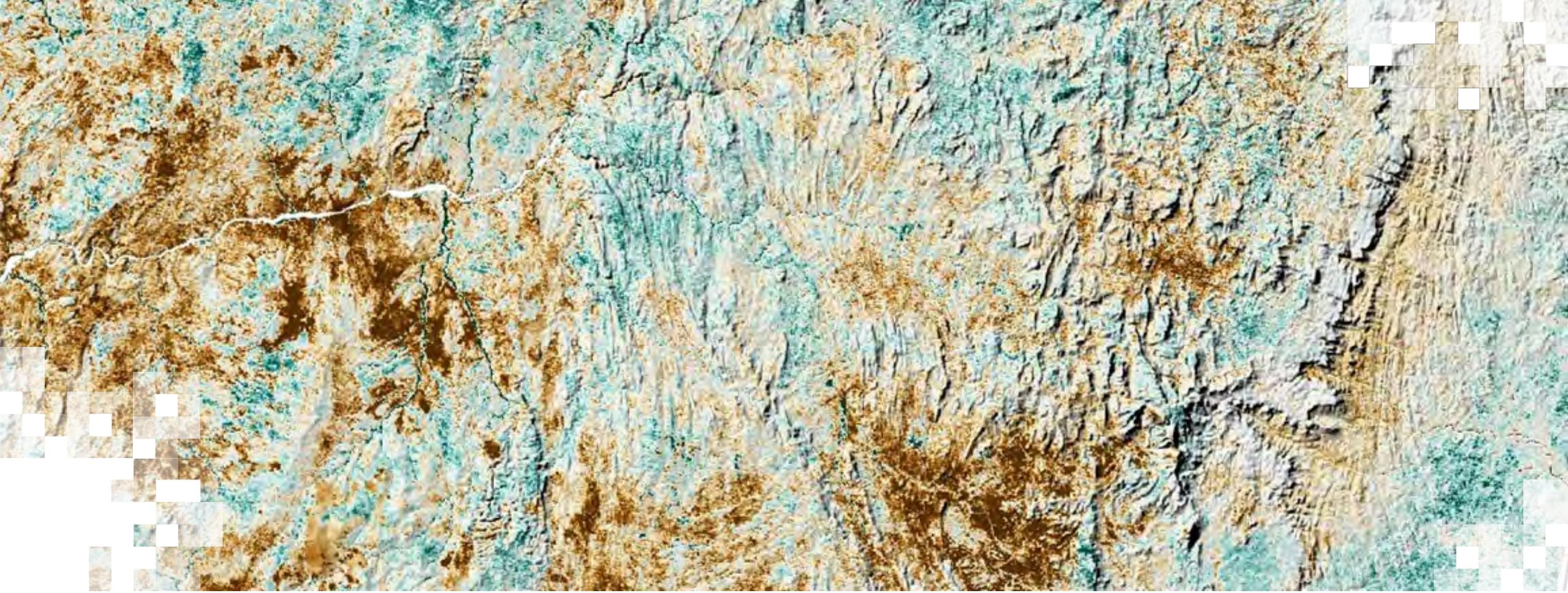
- La teledetección se utiliza para monitorear los cambios estacionales en la vegetación.
- Las imágenes mensuales del NDVI de MODIS o Landsat se pueden utilizar para monitorear la fenología.



Imágenes del NDVI de Norteamérica en Invierno y Verano

Credit: [spacegrant.montana.edu](http://spacegrant.montana.edu)





## Índice de Vegetación Mejorado (Enhanced Vegetation Index o EVI)

# Índice de Vegetación Mejorado (Enhanced Vegetation Index o EVI)

- Se puede utilizar en lugar del NDVI para examinar el verdor de la vegetación
  - Más sensible en zonas con vegetación densa
- Se ajusta al fondo del dosel y a algunas condiciones atmosféricas

$$EVI = G * \left( \frac{(NIR - R)}{(NIR + C1 * R - C2 * B + L)} \right)$$

## Constants

$$G = 2.5$$

$$C1 = 6$$

$$C2 = 7.5$$

$$L = 1$$

- No se satura sobre regiones altas en biomasa
- L = Ajuste para el fondo del dosel
- C = Ajuste atmosférico
- Usa la banda azul



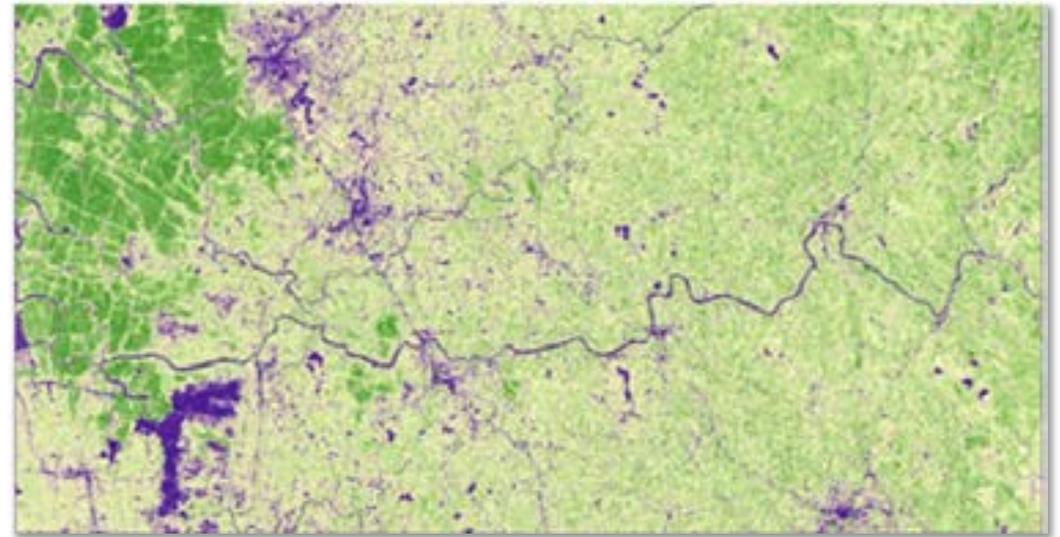


**Índice de Vegetación Ajustado al Suelo  
(Soil Adjusted Vegetation Index o SAVI)**

# Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (Soil Adjusted Vegetation Index o SAVI)

- Minimiza la influencia de la luminosidad del suelo
- Útil en zonas con mayor cobertura del suelo
  - Contiene un factor de corrección de la luminosidad del suelo ( $L$ )
    - Usualmente se usa 0,5
    - Más bajo para áreas con mayor cobertura de dosel
    - Mayor para áreas con menos cobertura de dosel

$$SAVI = \left( \frac{(NIR - R)}{(NIR + R + L)} \right) \times (1 + L)$$



SAVI: Fuente de la Imagen: Grind GIS

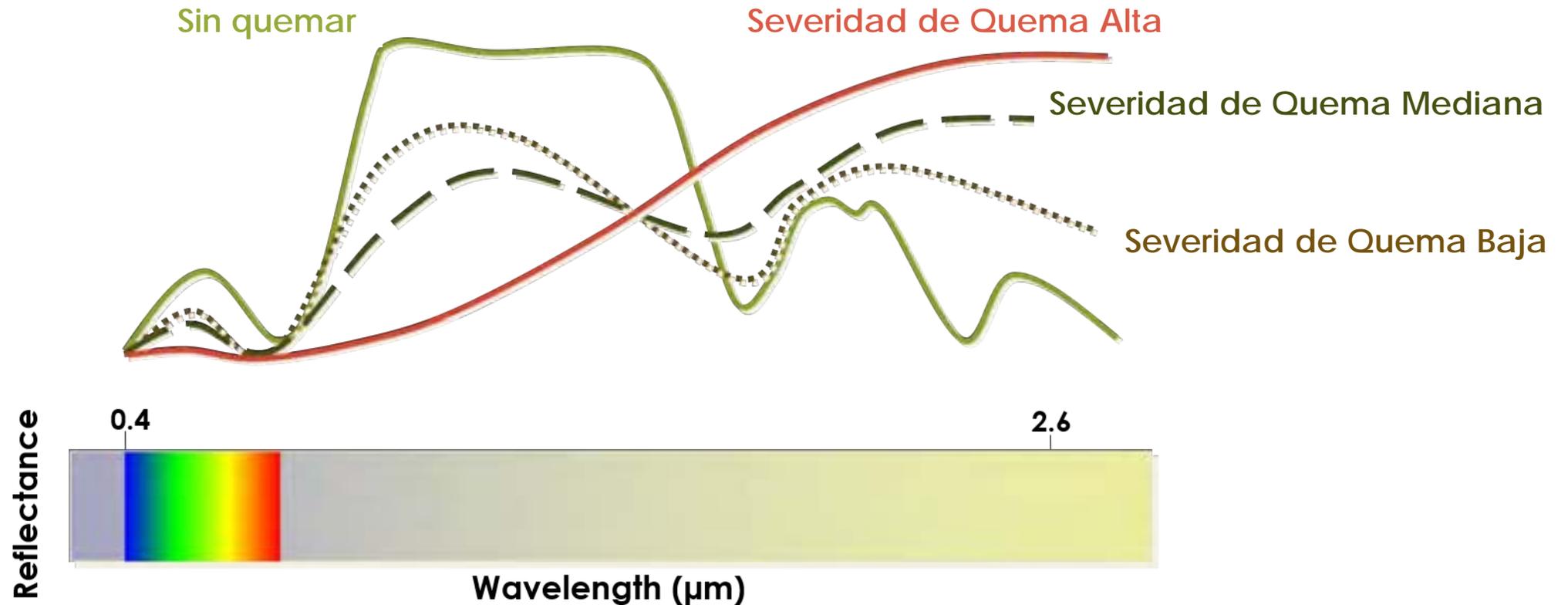




Índice Normalizado de Área Quemada  
(Normalized Burn Ratio o NBR)

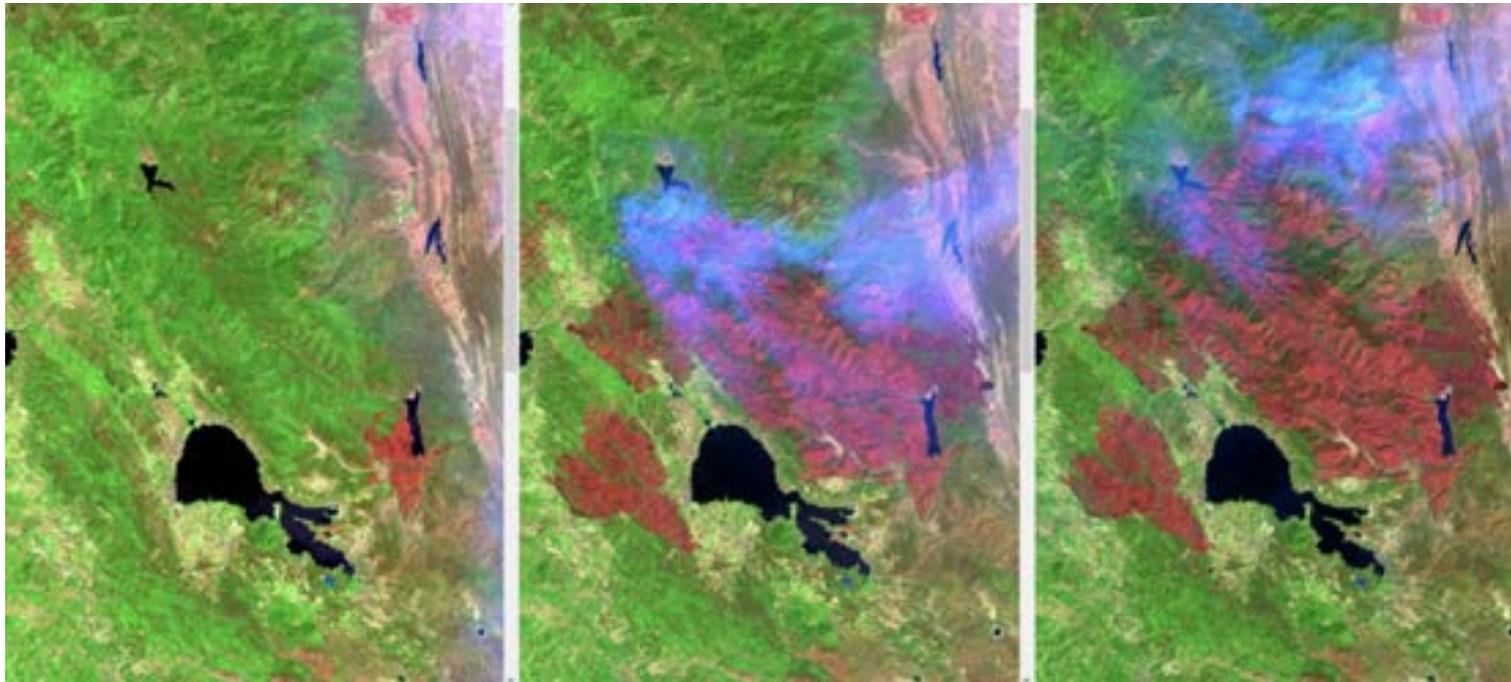
# Vegetación Sana vs. Áreas Quemadas

Aprovechando las Curvas de Respuesta Espectral



# Área Quemada: Índice Normalizado de Área Quemada (Normalized Burn Ratio o NBR)

- Se utiliza para identificar áreas quemadas
- Compara escenas antes y después de un incendio para identificar la extensión y severidad de quema



26 de julio

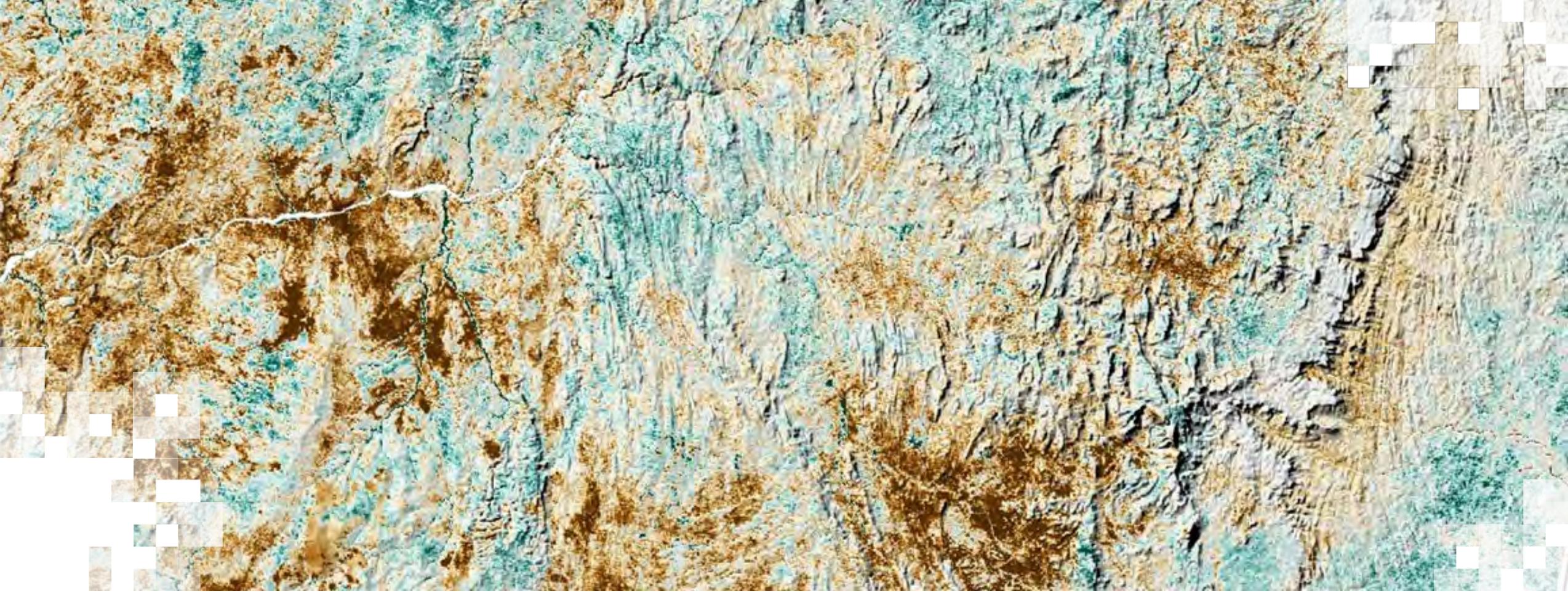
11 de agosto

27 de agosto

Incendios Complejos de Mendocino, 2018

$$NBR = \frac{(NIR - SWIR)}{NIR + SWIR}$$

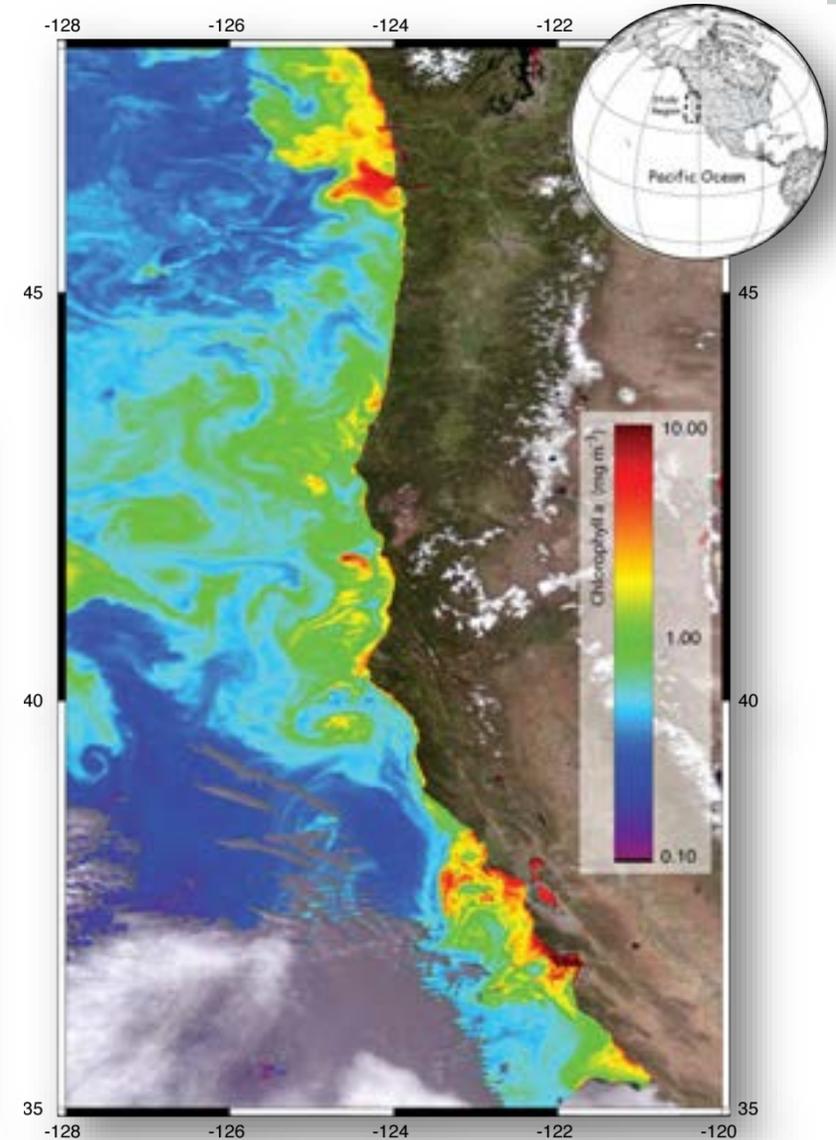




Índice de Clorofila de Diferencia Normalizada  
(Normalized Difference Chlorophyll Index o NDCI)

# Clorofila a

- Indicador de biomasa y floraciones de fitoplancton
- Indicador indirecto de nutrientes

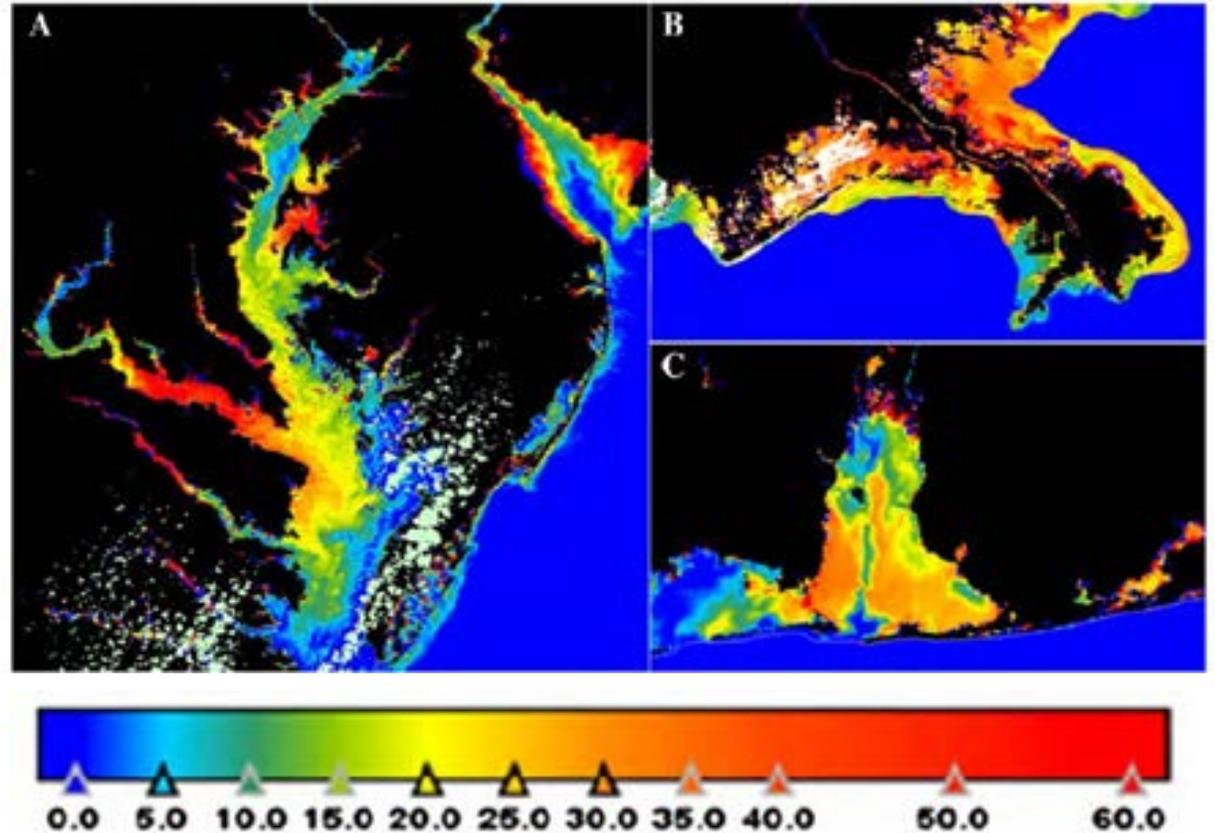


Fuente: Liane Guild (NASA), Raphe Kudela (UC Santa Cruz)



# Índice de Clorofila de Diferencia Normalizada (Normalized Difference Chlorophyll Index o NDCI)

- Propuesto por Mishra y Mishra en 2012 para predecir las concentraciones de Chl-a en aguas turbias (Caso 2) en áreas costeras y estuarinas con conjuntos de datos de MERIS.
- Probó el algoritmo con datos de varias regiones de estudio en los EE. UU. (Bahía de Delaware, Bahía de Chesapeake, Delta del río Mississippi, Bahía de Mobile) con un sesgo promedio del 12%.



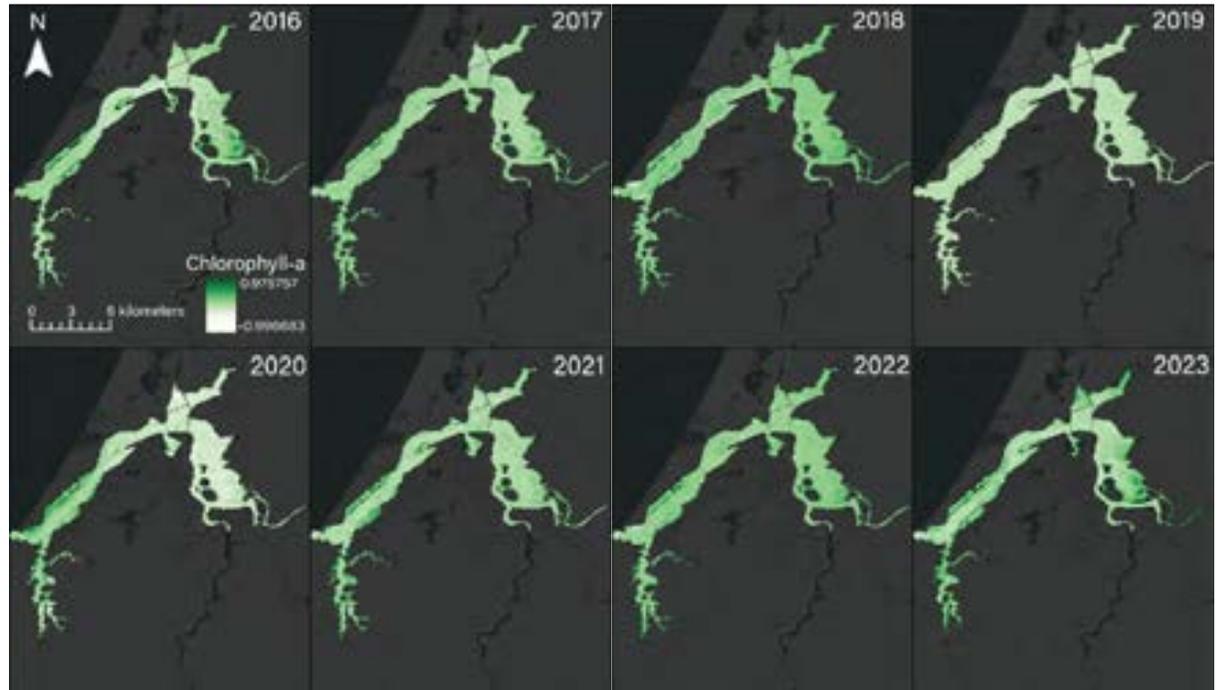
$$C_{chl-a} \propto \frac{[R_{rs}(708) - R_{rs}(665)]}{[R_{rs}(708) + R_{rs}(665)]}$$

Mishra y Mishra (2012). Normalized difference chlorophyll index: A novel model for remote estimation of chlorophyll-a concentration in turbid productive waters. Remote Sensing of Environment, 117, 394-406.



# Aplicación del NDCI a Aguas Estuarinas en el Oeste de EE. UU.

- Los valores altos del NDCI pueden ser indicativos de regiones afectadas por el enriquecimiento de nutrientes.
- En general, el NDCI dará una idea de la concentración de comunidades de fitoplancton en la columna de agua.
- Pero... en aguas relativamente claras y poco profundas, puede verse influenciado por la presencia de vegetación bentónica como hierba marina o algas verdes.



Fuente: NASA DEVELOP Program Summer 2023 South Slough Water Resources Project





**Índice de Vegetación Acuática de Diferencia Normalizada  
(Normalized Difference Aquatic Vegetation Index o NDAVI)**

# Índice de Vegetación Acuática de Diferencia Normalizada (Normalized Difference Aquatic Vegetation Index o NDAVI)

- Introducido por Villa et al (2014)
- Diseñado para utilizar las bandas Landsat TM/ETM+ 1 (azul; centrado en 480 nm) y 4 (NIR; centrado en 830 nm)

$$NDAVI = \frac{\rho_{NIR}(0.76 - 0.90\mu m) - \rho_{BLUE}(0.45 - 0.52\mu m)}{\rho_{NIR}(0.76 - 0.90\mu m) + \rho_{BLUE}(0.45 - 0.52\mu m)}$$

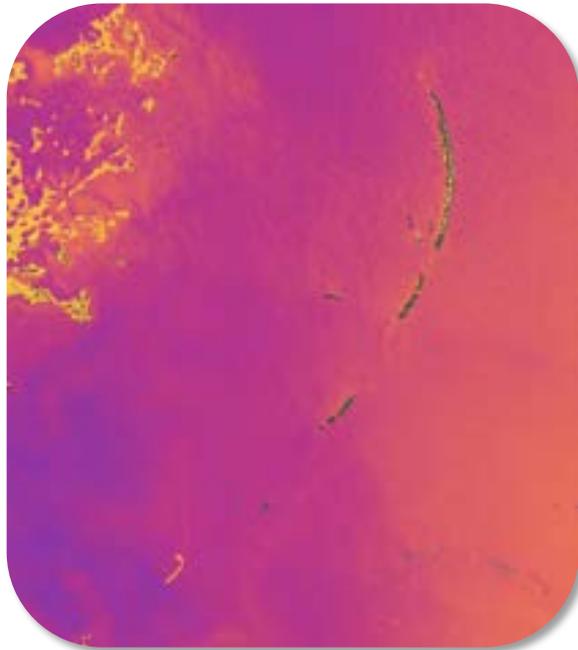
- Donde  $\rho$  = Reflectancia superficial

Villa et al (2014), Aquatic vegetation indices assessment through radiative transfer modeling and linear mixture simulation. Int. J. Appl. Earth Obs. And Geoinformation, 30, 113-127.



# NDAVI – Un Índice Espectral Útil para el Monitoreo de Hierba Marina

Banda Infrarroja Cercana (NIR)



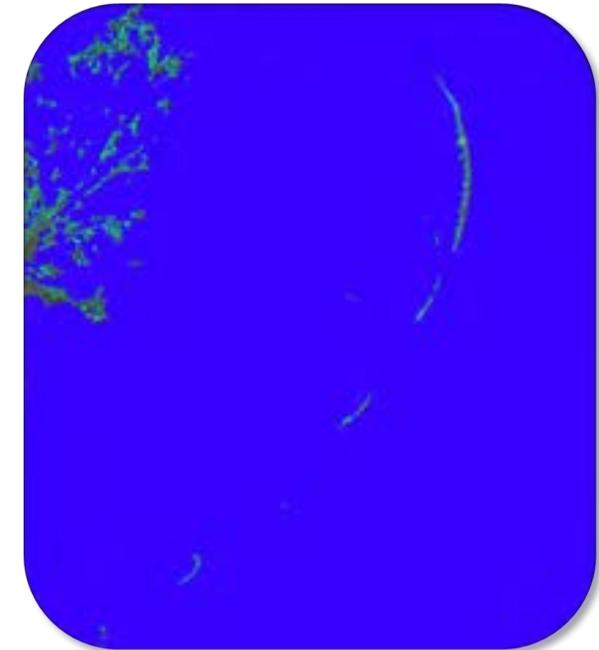
Banda Azul



+

=

Vegetación Acuática



Primavera 2019 sobre la bahía de Chausey

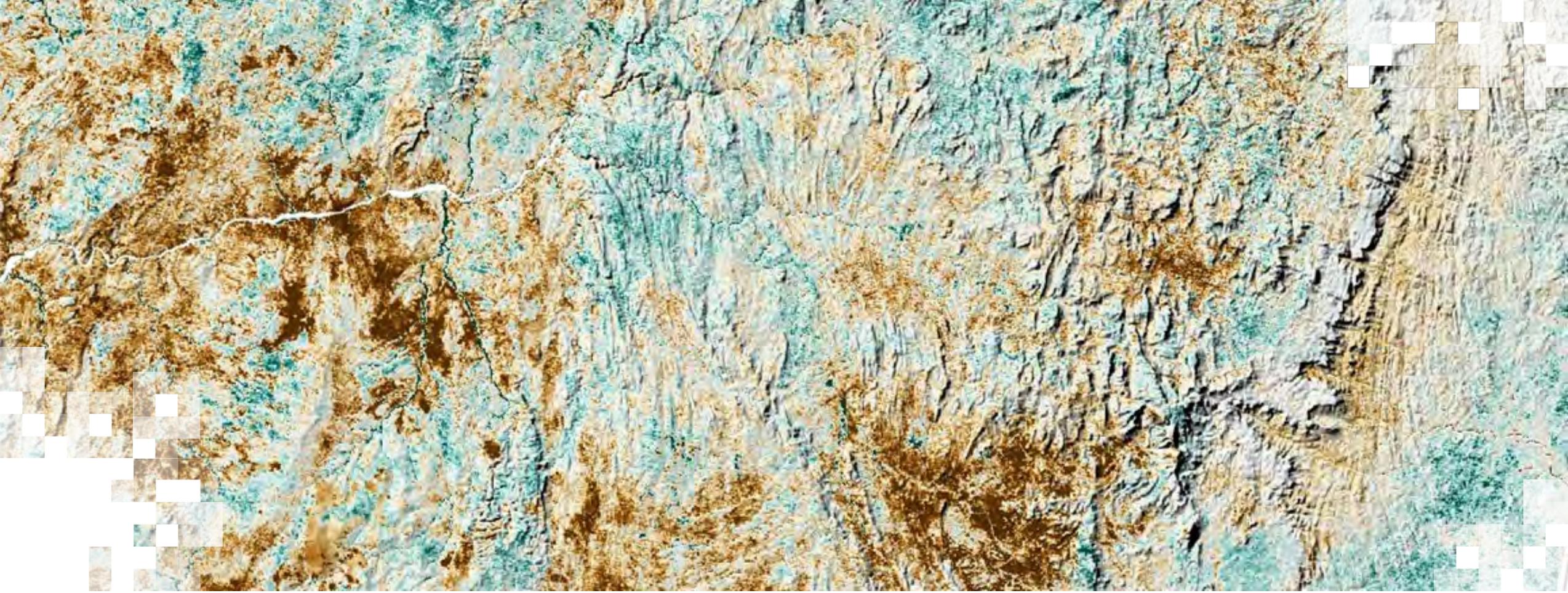
NDAVI



Índice de Vegetación Acuática de Diferencia Normalizada =  $(\text{NIR} - \text{Azul}) / (\text{NIR} + \text{Azul})$

Índice de Vegetación Acuática de Diferencia Normalizada =  $(\text{IR cercano} - \text{Azul}) / (\text{IR cercano} + \text{azul})$





## Índice de Algas Flotantes (Floating Algae Index o FAI)

# Floating Algae Index (FAI) – Índice de Algas Flotantes

- $R_{rc (RED, NIR, SWIR)}$  = Reflectancia molecular (Rayleigh) corregida por dispersión en las regiones del rojo, infrarrojo cercano e infrarrojo de onda corta
- $R'_{rc,NIR}$  = Reflectancia de referencia en el NIR derivada de una interpolación lineal entre las bandas roja y SWIR (Infrarrojo de onda corta)
- $\lambda_{RED} = 645\text{nm}$
- $\lambda_{NIR} = 859\text{nm}$
- $\lambda_{SWIR} = 1240\text{nm}$

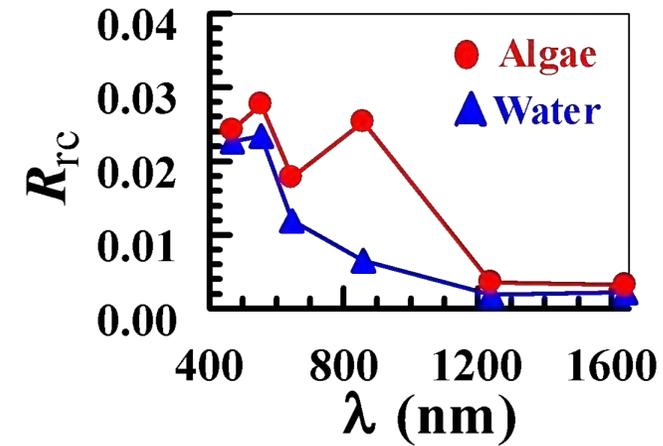
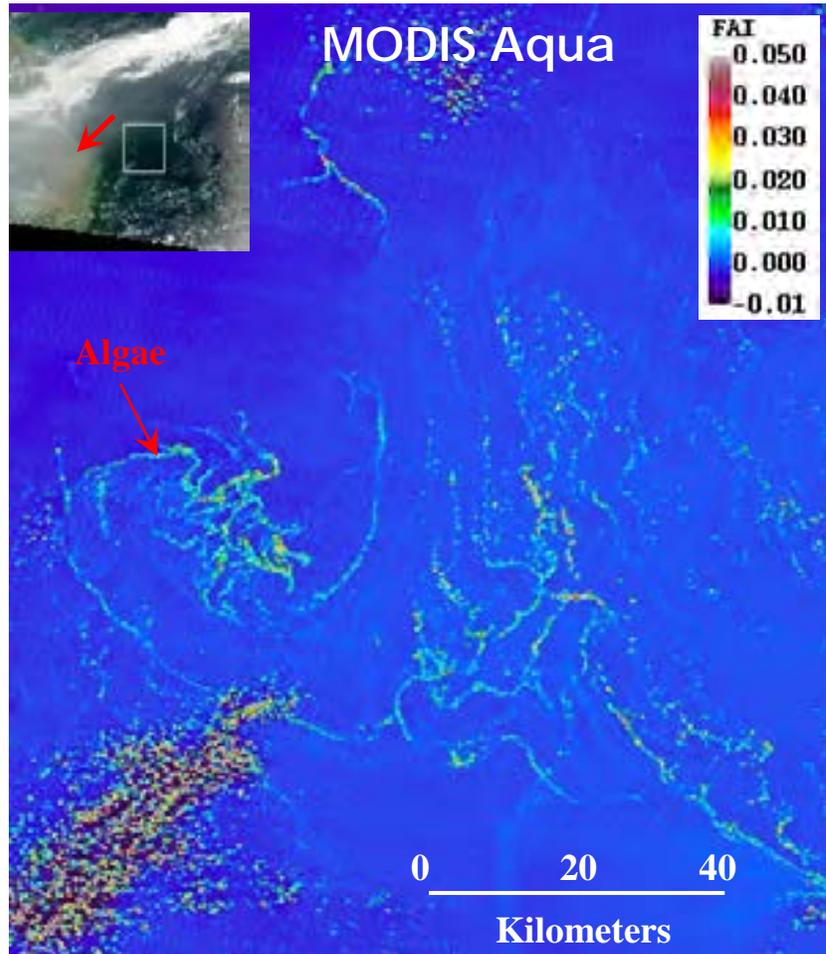
$$FAI = R_{rc,NIR} - R'_{rc,NIR}$$

$$R'_{rc,NIR} = R_{rc,RED} + (R_{rc,SWIR} - R_{rc,RED}) * (\lambda_{NIR} - \lambda_{RED}) / (\lambda_{SWIR} - \lambda_{RED})$$

Hu, C. (2009). A novel ocean color index to detect floating algae in the global oceans. *Remote Sensing of Environment*, 113, 2118–2129.



# Floating Algae Index (FAI) - Índice de Algas Flotantes



De: Hu (2009)

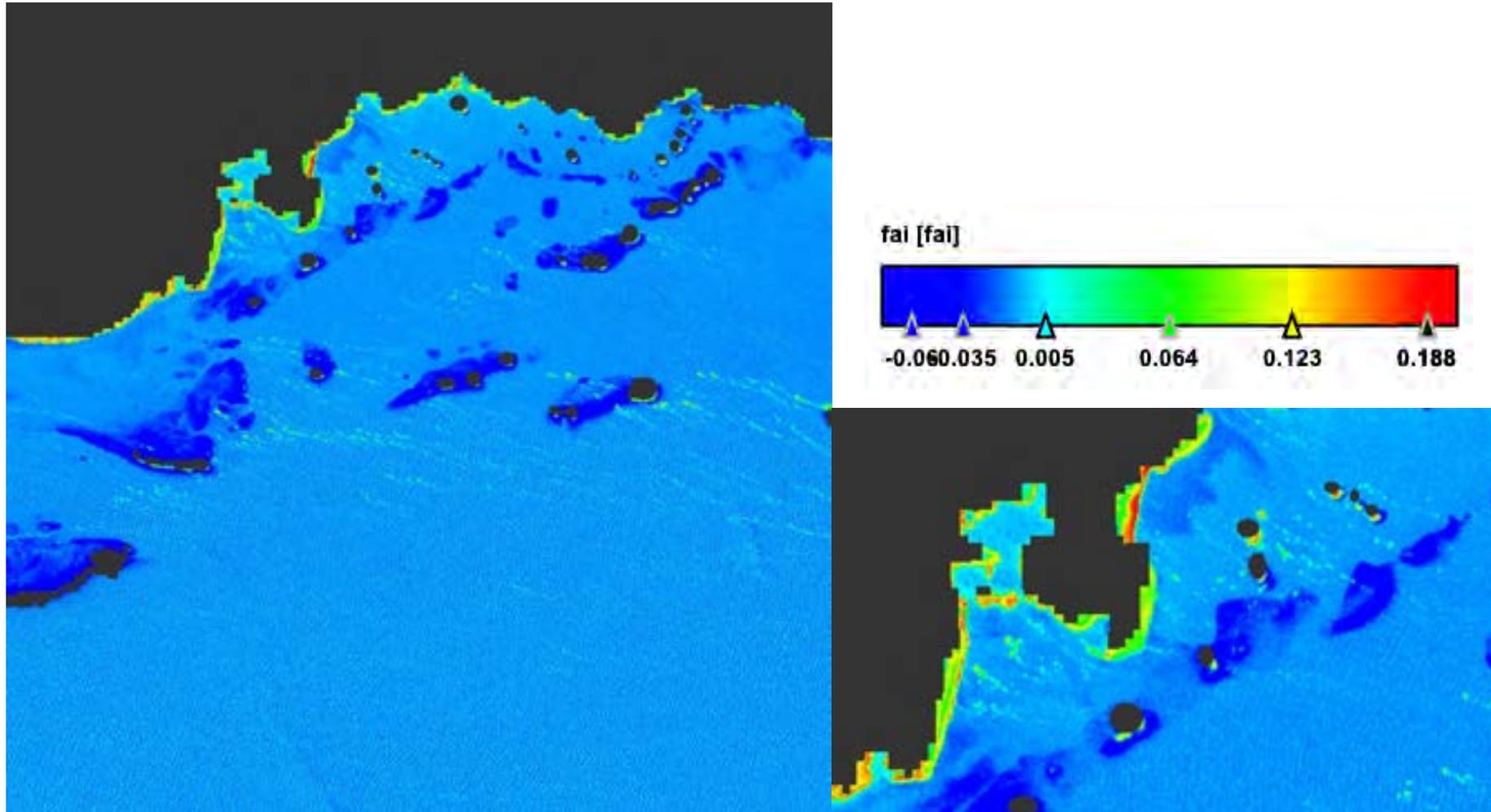


Bandas Espectrales del FAI:  $\lambda_{RED} = 645\text{nm}$ ,  $\lambda_{NIR} = 859\text{nm}$ ,  $\lambda_{SWIR} = 1240\text{nm}$

Hu, C. (2009). A novel ocean color index to detect floating algae in the global oceans. *Remote Sensing of Environment*, 113, 2118–2129.



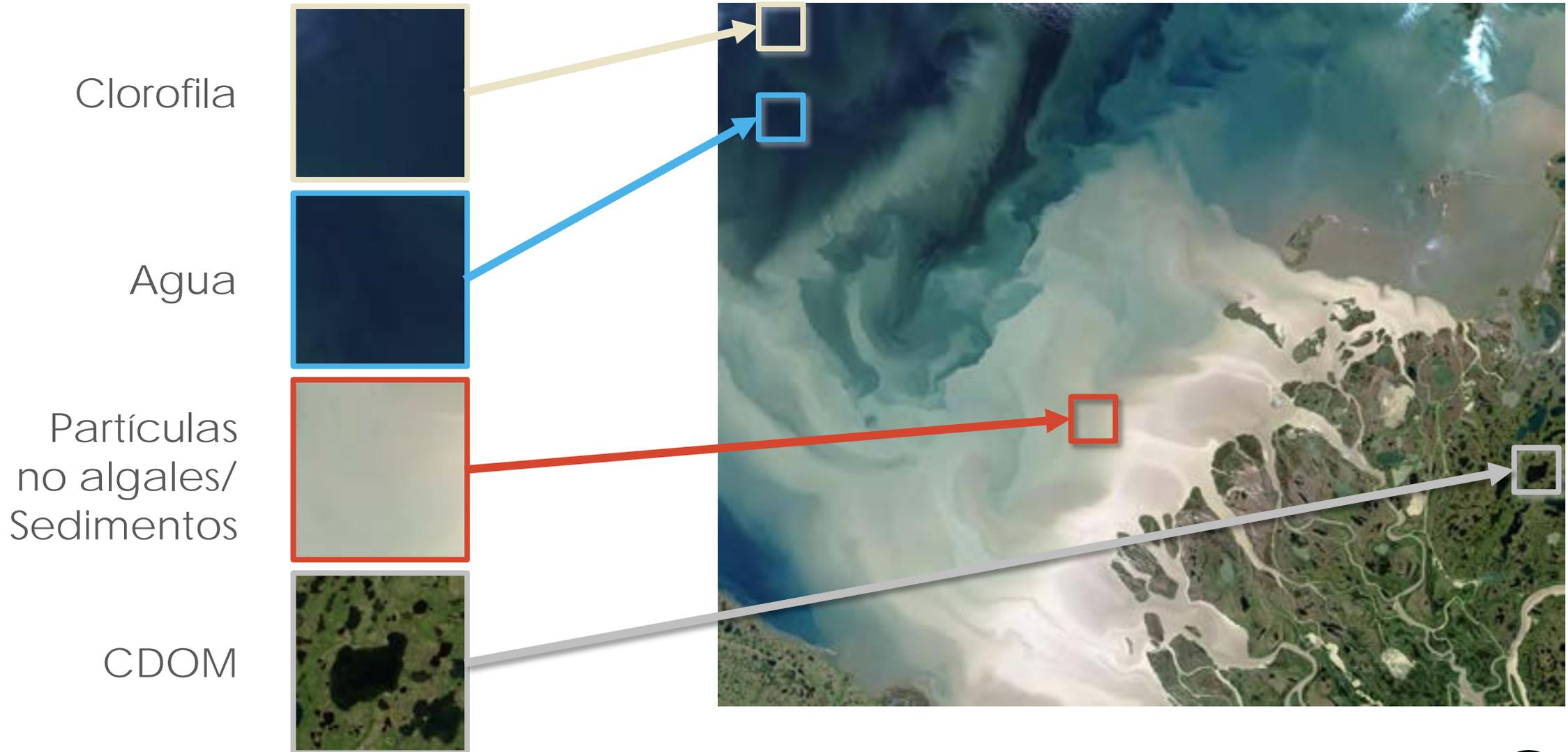
# Sentinel 2 MSI (10m) FAI, La Parguera, Suroeste de Puerto Rico



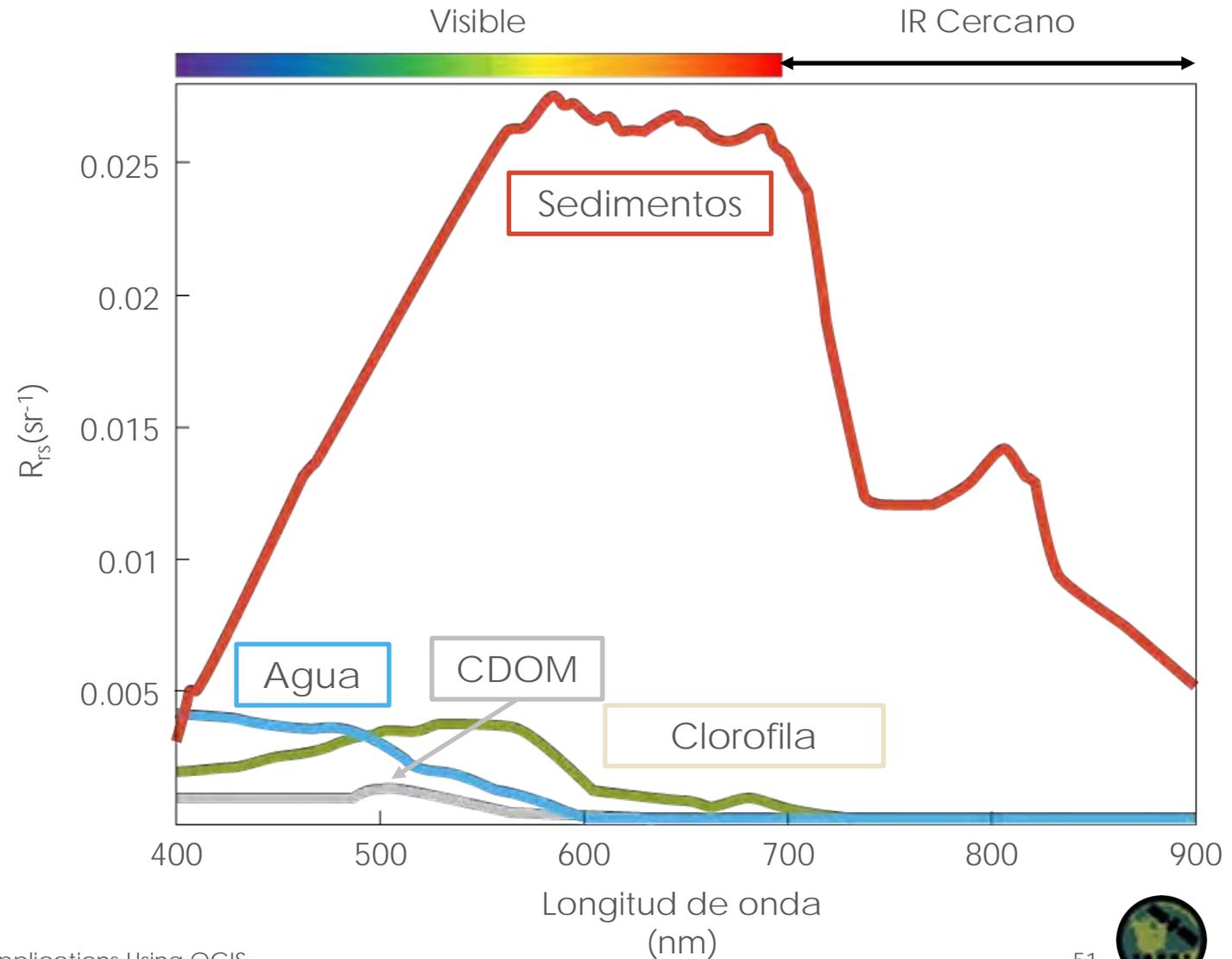
Fuente de la Imagen: Jennifer Perez Univ. de PR-Recinto Mayagüez



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



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



# Algunos Indicadores de la Calidad del Agua Que los Satélites Pueden Observar

- Materia Orgánica Disuelta Coloreada (CDOM, por sus siglas en inglés)
- Temperatura Superficial Marina (SST)
- Clorofila-a (Fitoplancton)
- Salinidad
- Sólidos en Suspensión Totales (TSS)
- Altura de la Línea de Fluorescencia
- Profundidad Eufótica
- Atenuación de la Luz Difusa

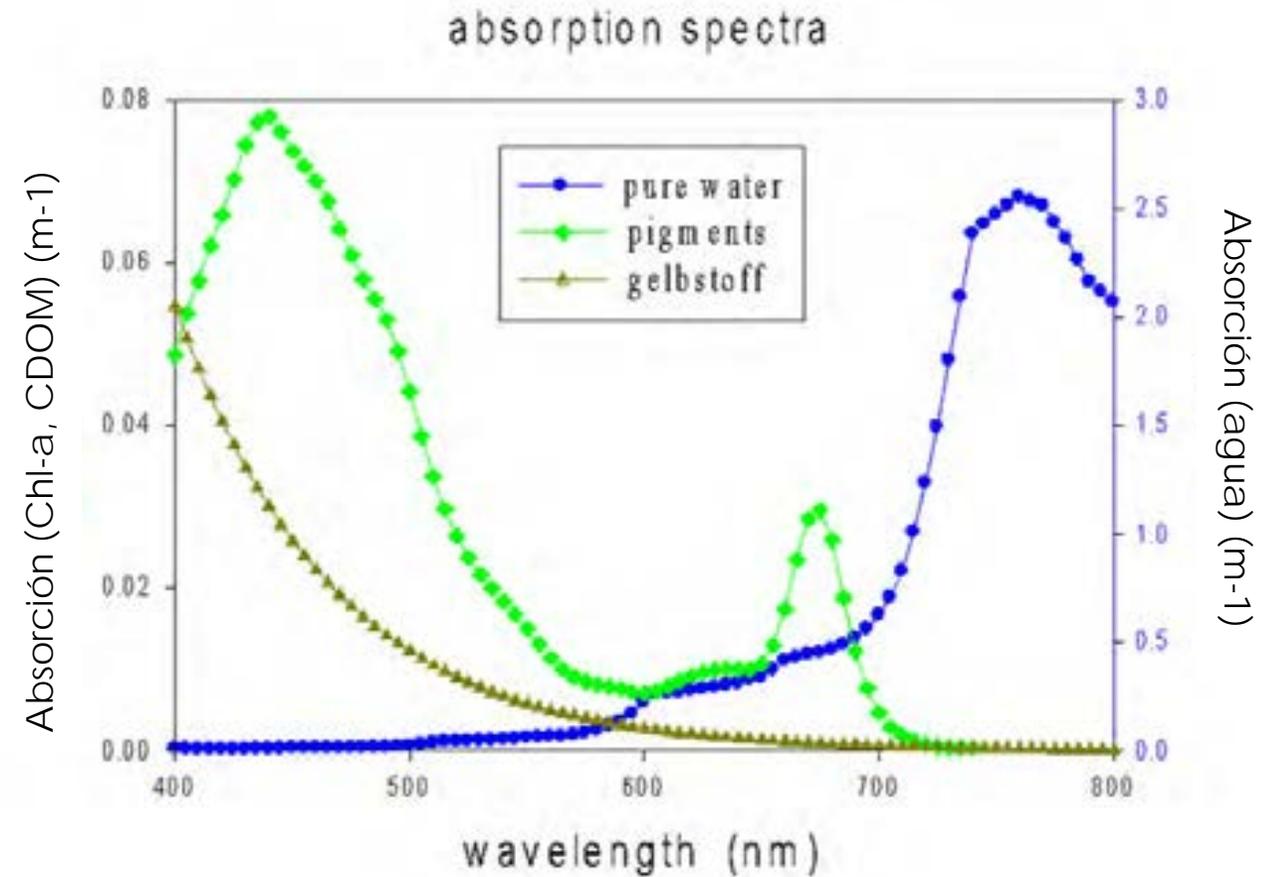


Fuente de la Imagen: A blackwater river meets the sea [Text.Article]. (2018, October 27). Fuente: [NASA Earth Observatory](#)



# Absorción por Parte del Agua, CDOM y Fitoplancton

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

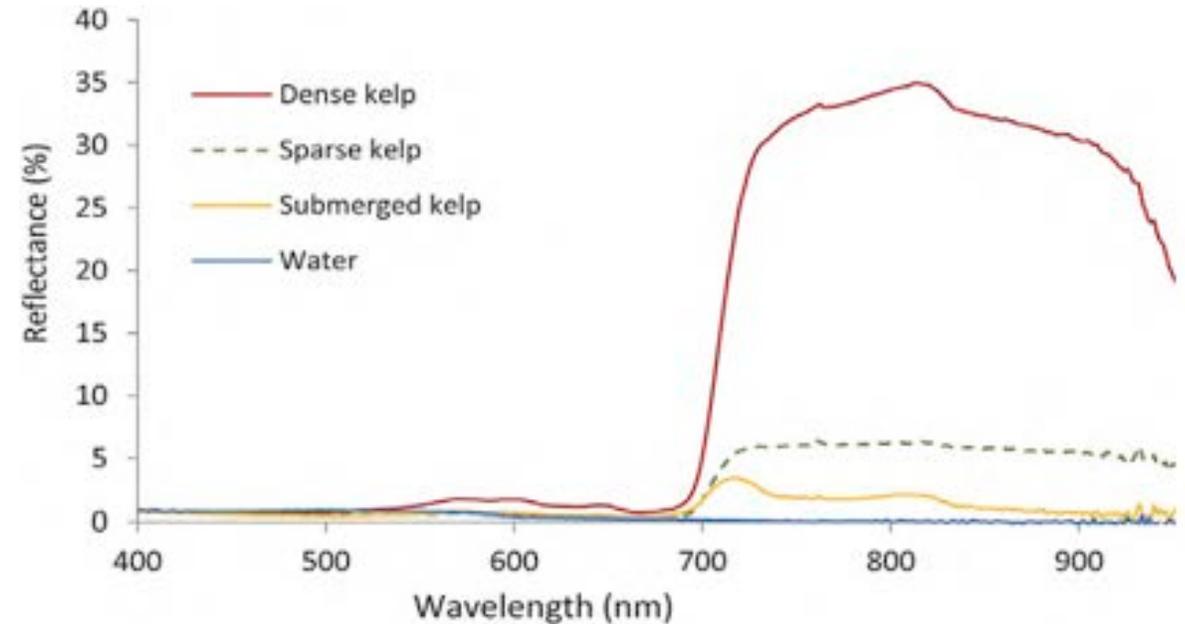


Fuente: El Laboratorio de Oceanografía Bio-  
óptica de la U. de Puerto Rico



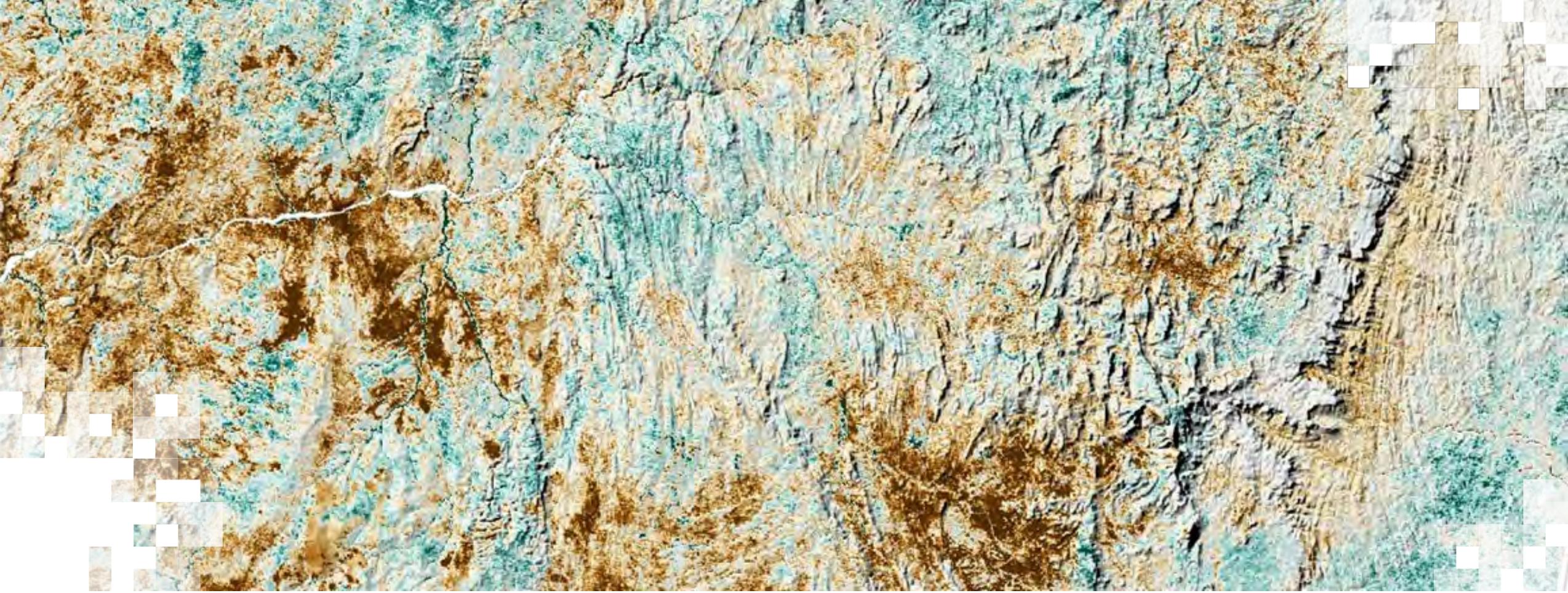
# Discriminación de Kelpos Flotantes en la Superficie del Agua

- El kelpo denso en la superficie del agua refleja fuertemente en el Infrarrojo cercano.
- Las señales del kelpo escaso y sumergido reflejan la gran influencia de la absorción del agua del infrarrojo cercano, incluso en los primeros centímetros de la columna de agua.
- Las señales también están influenciadas por la presencia de fitoplancton, sedimentos en suspensión y Materia Orgánica Disuelta Coloreada (CDOM).



Schroeder et al (2019) Global Ecol. Cons.





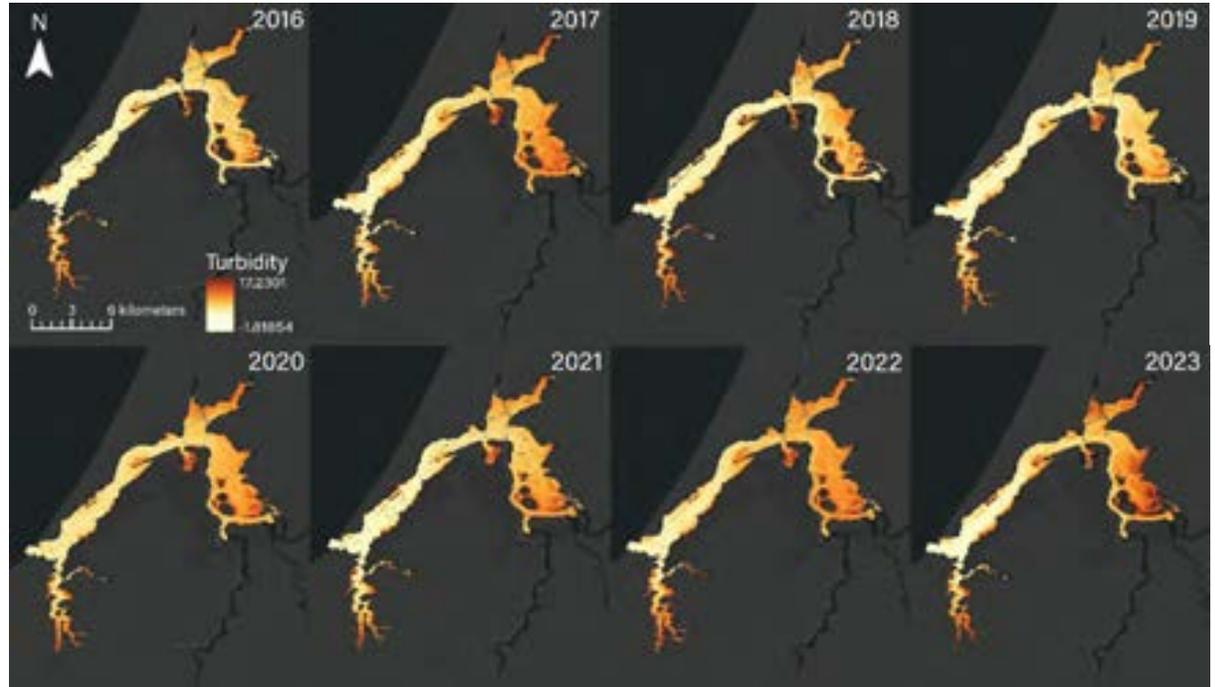
Índice de Turbidez de Diferencia Normalizada  
(Normalized Difference Turbidity Index o NDTI)

# Índice de Turbidez de Diferencia Normalizada (Normalized Difference Turbidity Index o NDTI)

- Desarrollado originalmente por Lacaux et al. (2007) para la evaluación de la calidad del agua en estanques y pequeños cuerpos de agua continentales
- Se utilizaron las imágenes SPOT-5 de Nivel 2 (resolución espacial de 10 m)
- Se ha aplicado con cierto éxito a otros cuerpos de agua utilizando otros sensores (Landsat 8 OLI; Sentinel-2 MSI)

$$NDTI = \frac{(Rojo - Verde)}{(Rojo + Verde)}$$

Lacaux et al (2007), Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing: Application to Rift Valley Fever epidemics in Senegal, Remote Sensing of Environment, 106, 66-74.



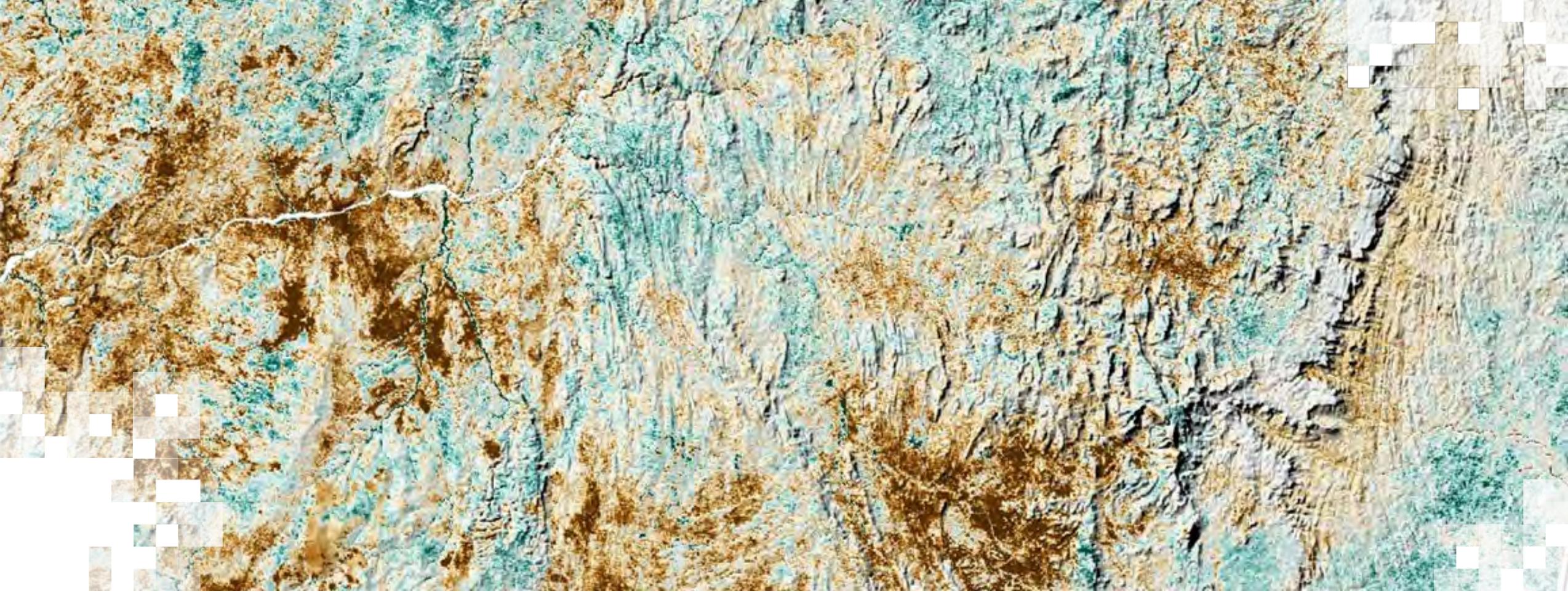
Fuente: NASA DEVELOP Program Summer 2023 South Slough Water Resources Project



# Resumen

- El índice espectral que elija utilizar dependerá de la naturaleza de los fenómenos que desee observar
- Algunos índices espectrales son mejores que otros cuando se trata de condiciones particulares, como la influencia de suelos desnudos o aguas turbias
- Los índices espectrales proporcionan métricas cuantificables que son útiles para rastrear las formas en que ciertos fenómenos se distribuyen a través del espacio y el tiempo





Cálculo de Índices Espectrales para Aplicaciones  
Terrestres y Acuáticas Usando QGIS  
**Demostración**

# Resumen de la Capacitación

- Hoy aprendimos sobre los beneficios de usar índices espectrales para estudiar la vegetación y los objetivos acuáticos.
- Hablamos de los índices espectrales más utilizados para objetivos terrestres y acuáticos.
- Demostramos cómo usar QGIS para realizar cálculos sencillos de índices espectrales para aplicaciones terrestres y acuáticas.



# Tarea y Certificados

- **Tarea:**
  - Se asignará una tarea
  - Abre el 27 de febrero de 2025
  - Acceder desde la [página web de la capacitación](#)
  - Debe enviar sus respuestas vía Formularios de Google
  - **Fecha límite: 13 de marzo de 2025**
- **Certificado de Finalización de Curso:**
  - Asista este seminario web en vivo (la asistencia se registra automáticamente)
  - Complete la tarea antes de la fecha límite
  - Recibirá un certificado por correo electrónico aproximadamente dos meses después de completar el curso.



# Datos de Contacto

Formadores:

- Justin Fain
  - [Justin.j.fain@nasa.gov](mailto:Justin.j.fain@nasa.gov)
- Sativa Cruz
  - [sativa.cruz@nasa.gov](mailto:sativa.cruz@nasa.gov)
- Juan L. Torres-Pérez
  - [juan.l.torresperez@nasa.gov](mailto:juan.l.torresperez@nasa.gov)

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

Visite nuestros Programas Hermanos:

- [DEVELOP](#)
- [SERVIR](#)



# Recursos

- Add a list of links to make a quick reference sheet that participants can refer to after the training (and for HW)





¡Gracias!

