



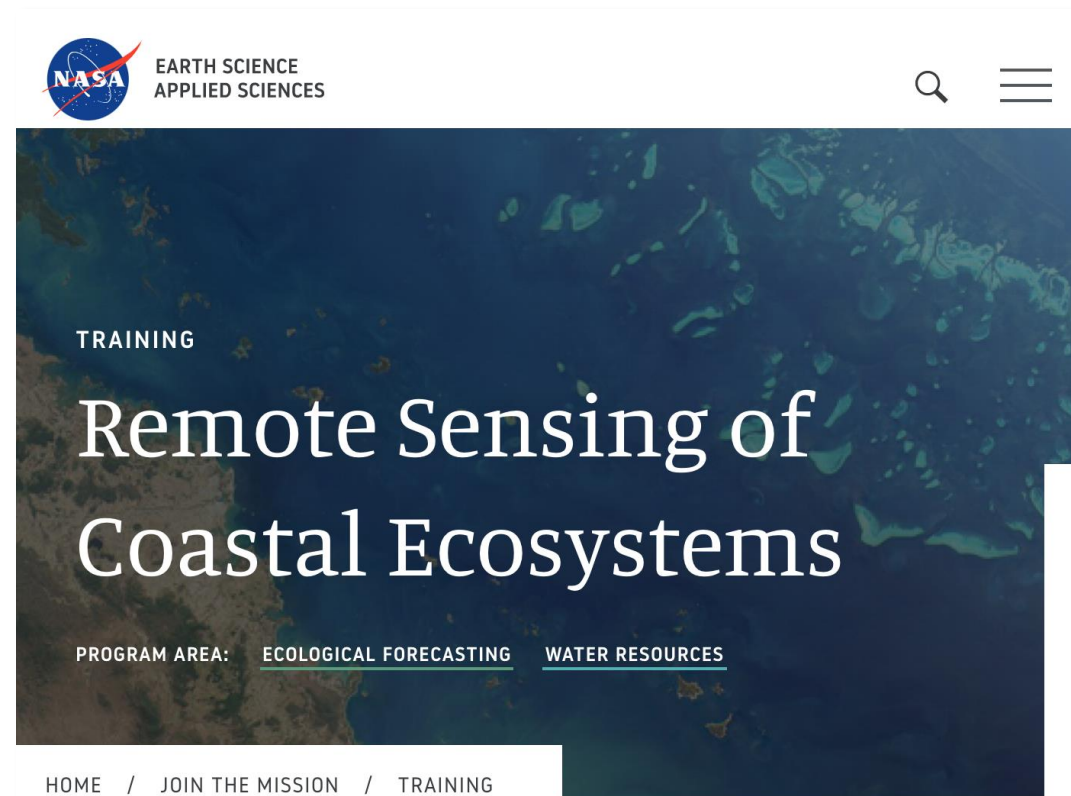
# Teledetección de Ecosistemas Costeros

Juan L. Torres-Pérez y Amber McCullum

25 de agosto – 8 de septiembre de 2020

# Estructura y Materiales del Curso

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



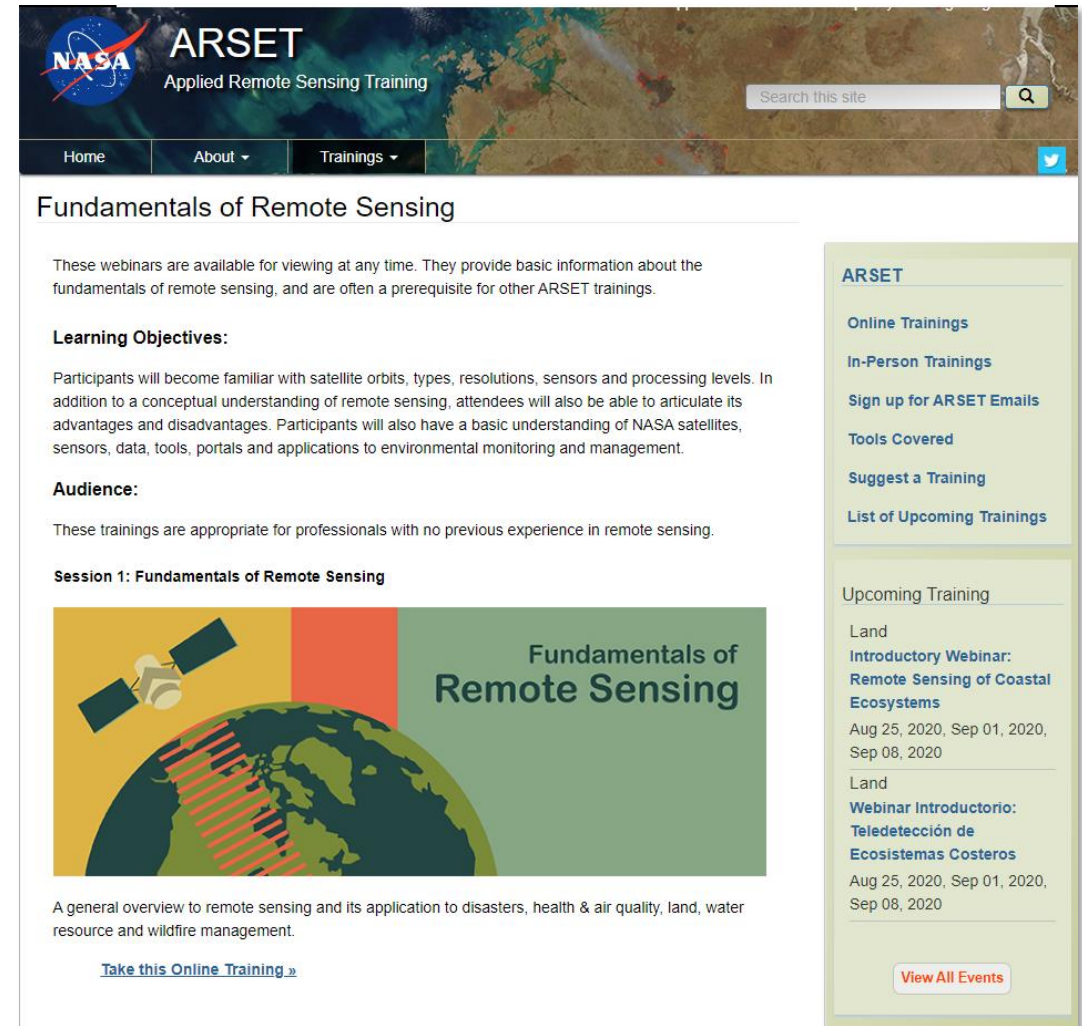
# Tarea y Certificados

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



# Prerrequisitos

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



**ARSET**  
Applied Remote Sensing Training

Search this site

Home About Trainings

## Fundamentals of Remote Sensing

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


**Learning Objectives:**

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

**Audience:**

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

**Session 1: Fundamentals of Remote Sensing**



**Fundamentals of Remote Sensing**

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

[Take this Online Training »](#)

**ARSET**

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

Upcoming Training


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

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

[View All Events](#)



# Esquema del Curso



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



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



Sesión 3: Teledetección de Componentes de la Línea de Costa



# Objetivos de Aprendizaje

Al final de esta sesión, usted podrá:

- Identificar las principales características geológicas de las líneas de costa, incluyendo ambientes playeros
- Resumir técnicas utilizadas para la caracterización de líneas de costa con datos teledetectados



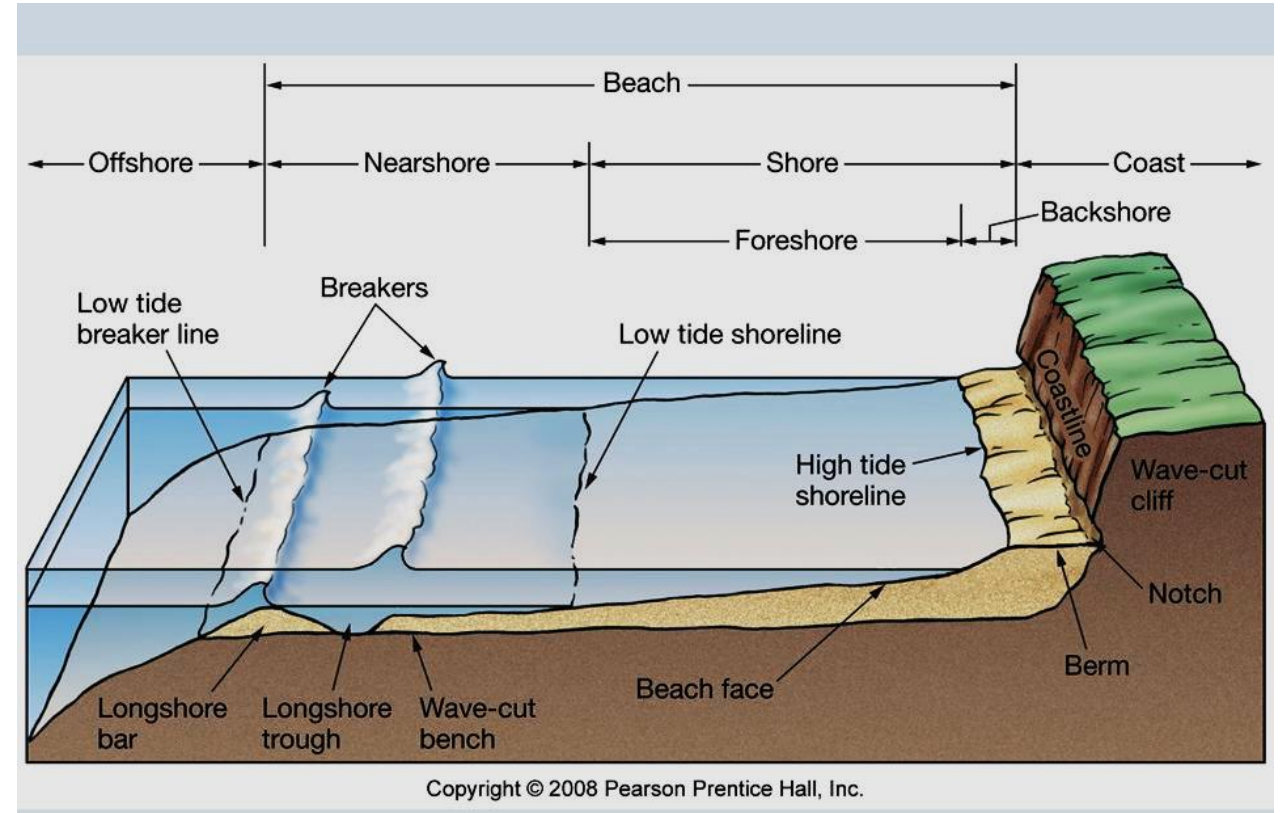
Playa Tómbolo en la costa norte de Puerto Rico. Fuente: Juan L. Torres-Pérez



# Componentes Principales de la Línea de Costa



Fuente: Dr. Maritza Barreto, Univ. de PR



# Las Costas son Clasificadas en Dos Tipos Principales

## Costas Erosionales

- Tienen unos acantilados bien definidos y son comunes en lugares afectados por actividad tectónica
- Algunas formaciones características incluyen cuevas, pilas de mar, arcos de mar, y promontorios
  - Por ejemplo, la Costa Oeste de EEUU



## Costas Deposicionales

- Son típicas de márgenes pasivos y normalmente muestran áreas con depósitos sedimentarios grandes (playas arenosas)
- Algunas formaciones incluyen deltas de ríos, tombolos, islas de barreras, y lagunas
  - Por ejemplo, la Costa Este de EEUU



Fuente: Dr. Maritza Barreto, Univ. de PR





# Caracterización Morfológica de la Línea de Costa

- Identificación de los tipos de línea de costa (rocoso, playa, cubierta por vegetación)
- Identificación de áreas de erosión vs áreas de acreción
- Identificación de los tipos y composición de sedimentos
- Provee información acerca de patrones de atemperamiento en otras partes de la cuenca hidrográfica
- Combina teledetección con técnicas in situ para estudiar cambios históricos y actuales en la extensión de un tipo de costa en particular
- Identifica la distribución y el estado actual de barreras naturales o hechas por el hombre



Fuente: Dr. Maritza Barreto, Univ. de PR



# Causas para Cambios en la Línea de Costa

- Ocurrencia y magnitud de sistemas tropicales o templados
- Huracanes
- Frentes de Frío
- Acción del Oleaje y Marejada Ciclónica
- Amplitud de la Marea
- Actividad Tectónica
- Eventos relacionados a Cambio Climático como Variaciones en la Temperatura de la Superficie del Agua, Aumentos en el Nivel del Mar, etc.
- Descargas de Ríos
- Actividades Humanas como Remoción de Arenas o Construcciones



# Efectos del Aumento en el Nivel del Mar en las Costas



Fuente: [www.ejatlaz.org](http://www.ejatlaz.org)



Fuente: Dr. Maritza Barreto, Univ. de PR



# Efectos del Aumento en el Nivel del Mar en las Costas



Marzo 2018



Febrero 2020

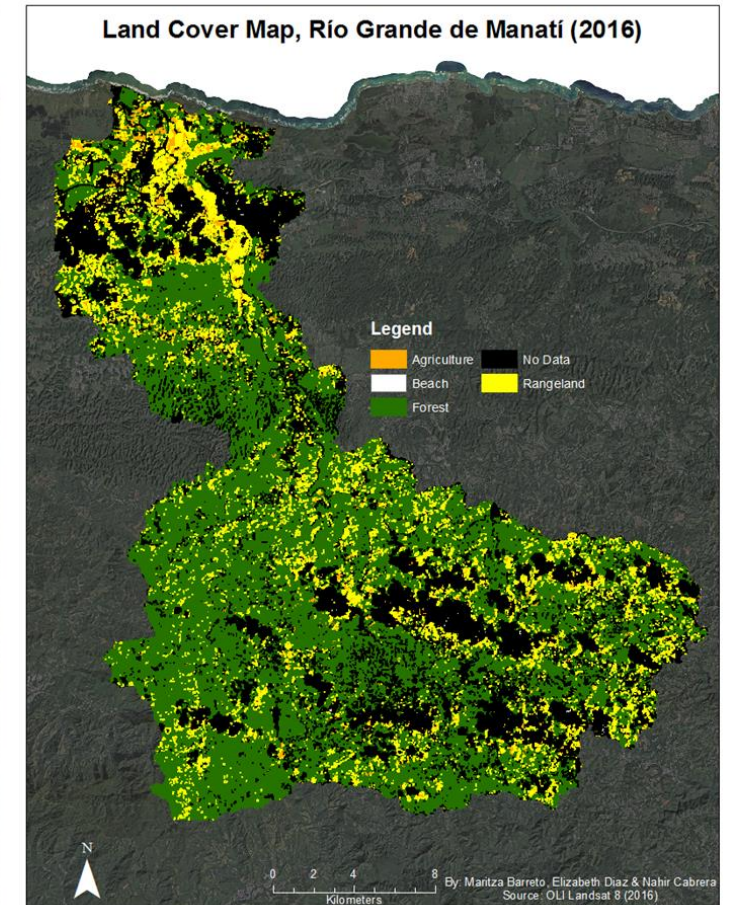
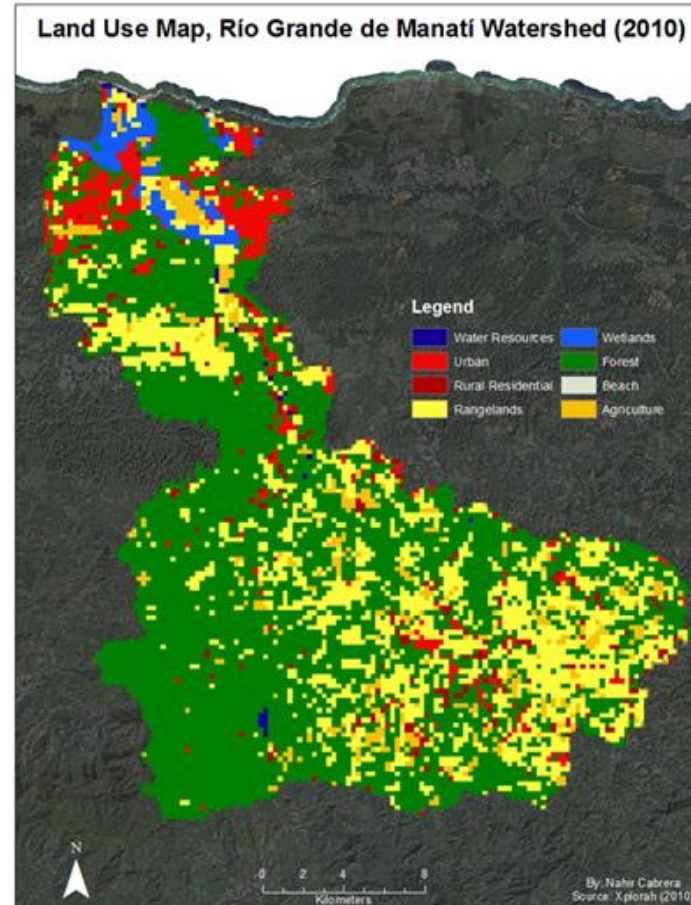
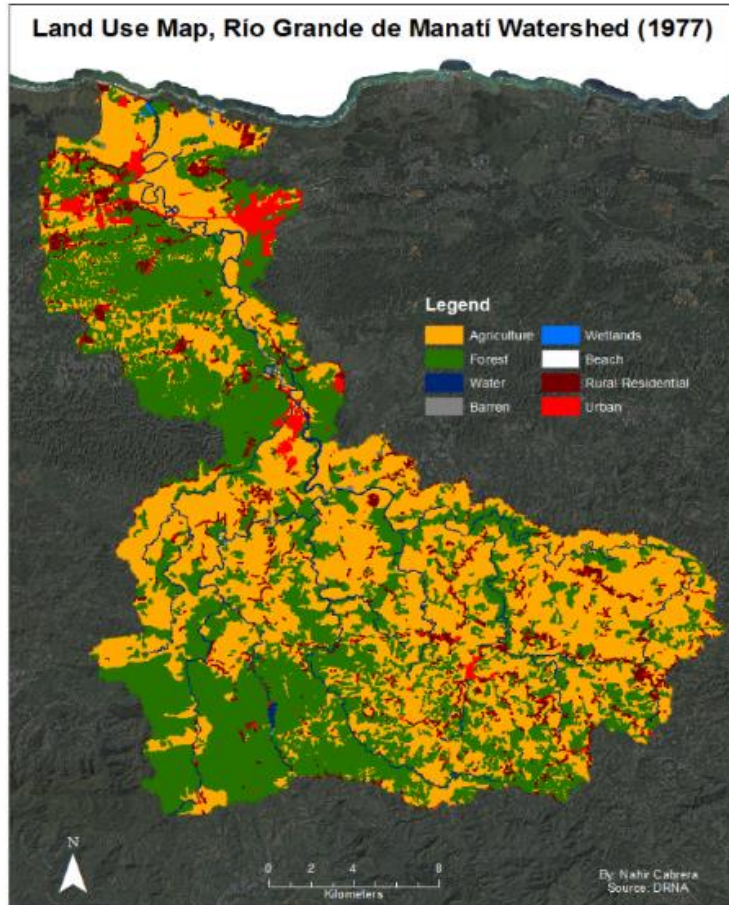


# Ventajas del Uso de la Teledetección para Estudiar Cambios en la Línea de Costa

- Permite la evaluación del estado de la línea de costa en el momento de captura de la imagen
- Permite una evaluación cuantitativa y cualitativa de los componentes de la línea de costa
- Permite comparaciones entre distintos periodos de tiempo o lugares
  - Usando series satelitales como Landsat se pueden hacer análisis de series de tiempo en muchos lugares de hasta 50 años!
- Se pueden combinar diversas herramientas dependiendo de las metas del proyecto
  - Ópticos y Radares
  - Satélites y Aéreas
  - Sistemas No-piloteados (UAS; drones)
  - Diferentes escalas espaciales



# Uso de Landsat para Cambios en la Línea de Costa y en Cuencas Hidrográficas



Fuente: Dr. Maritza Barreto, Univ. de PR



# Ventajas del Uso de la Banda Costera de Landsat 8 para Ver Características de la Línea de Costa

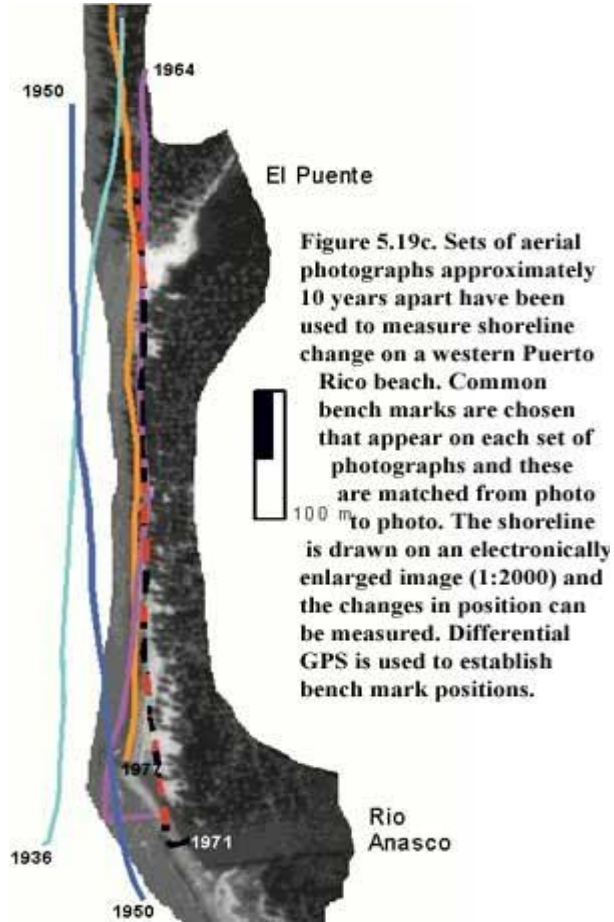
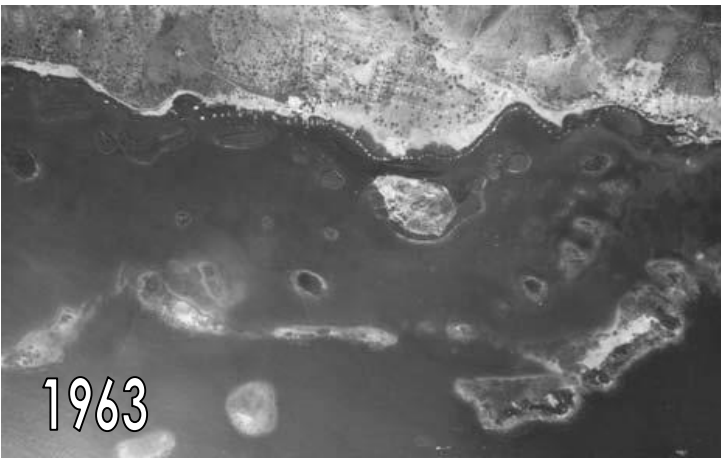
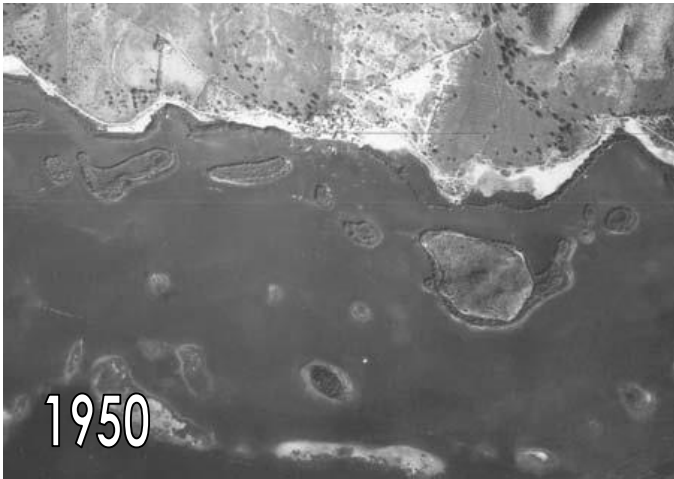
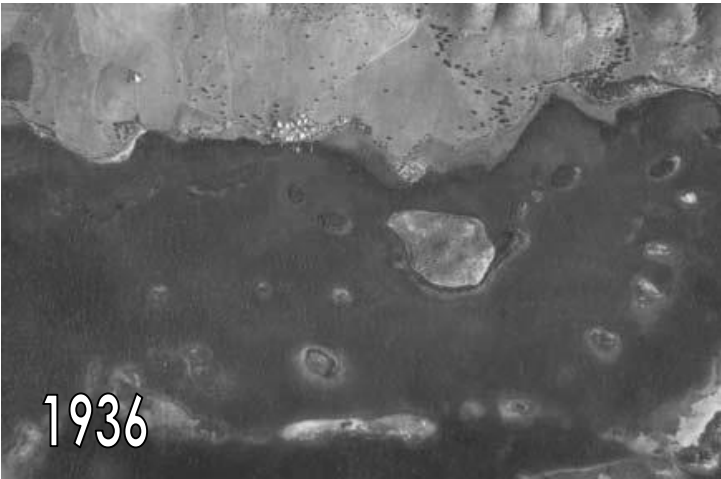


Lagoa Dos Patos, Brasil

Delta del Río del Congo



# Uso de Fotos Aéreas Históricas para Cuantificar Cambios en la Línea de Costa

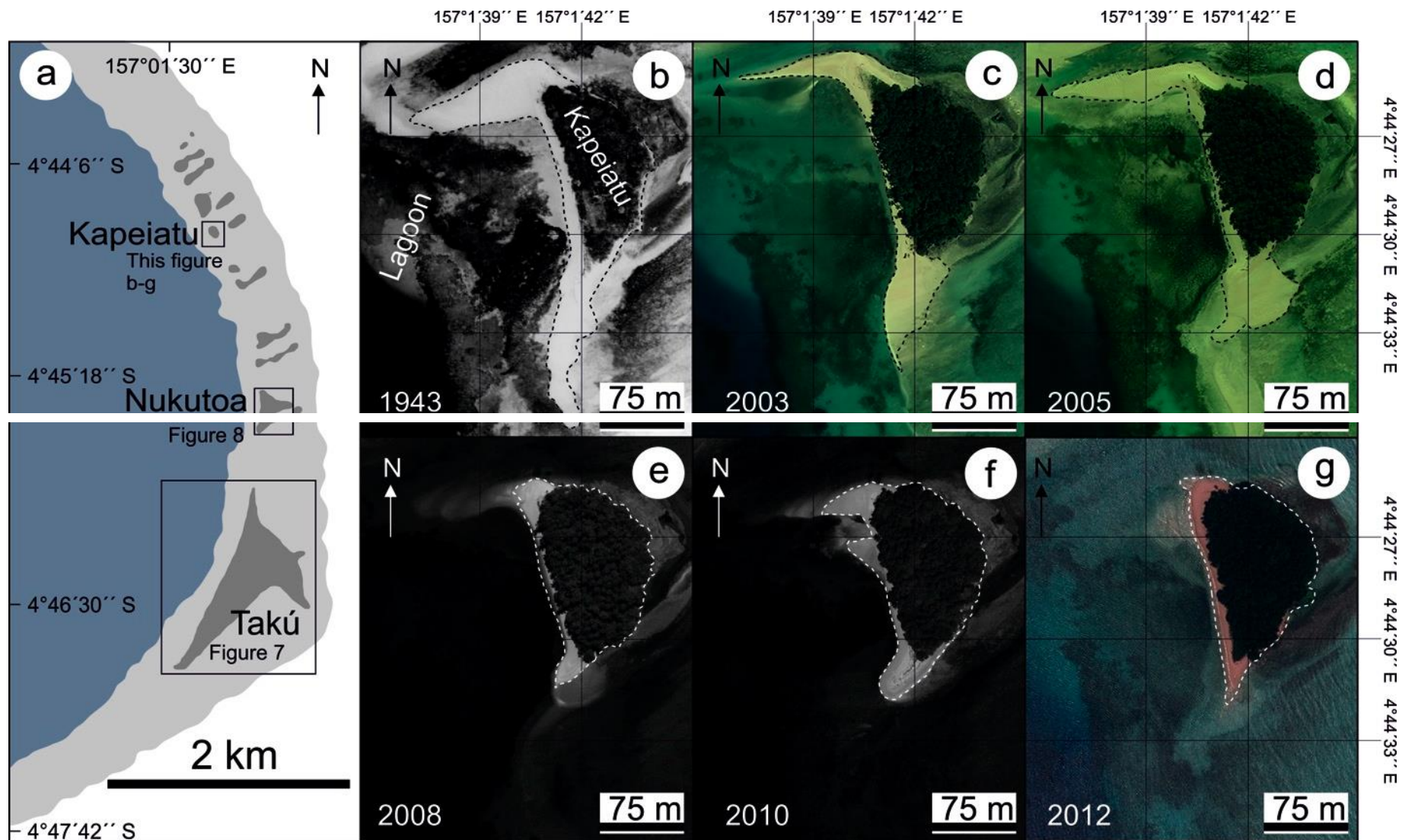


Fuente: Dr. Maritza Barreto, Univ. de PR





# Combinación de Fotos Aéreas y Datos de Satélites de Alta Resolución para Analizar Cambios en la Línea de Costa

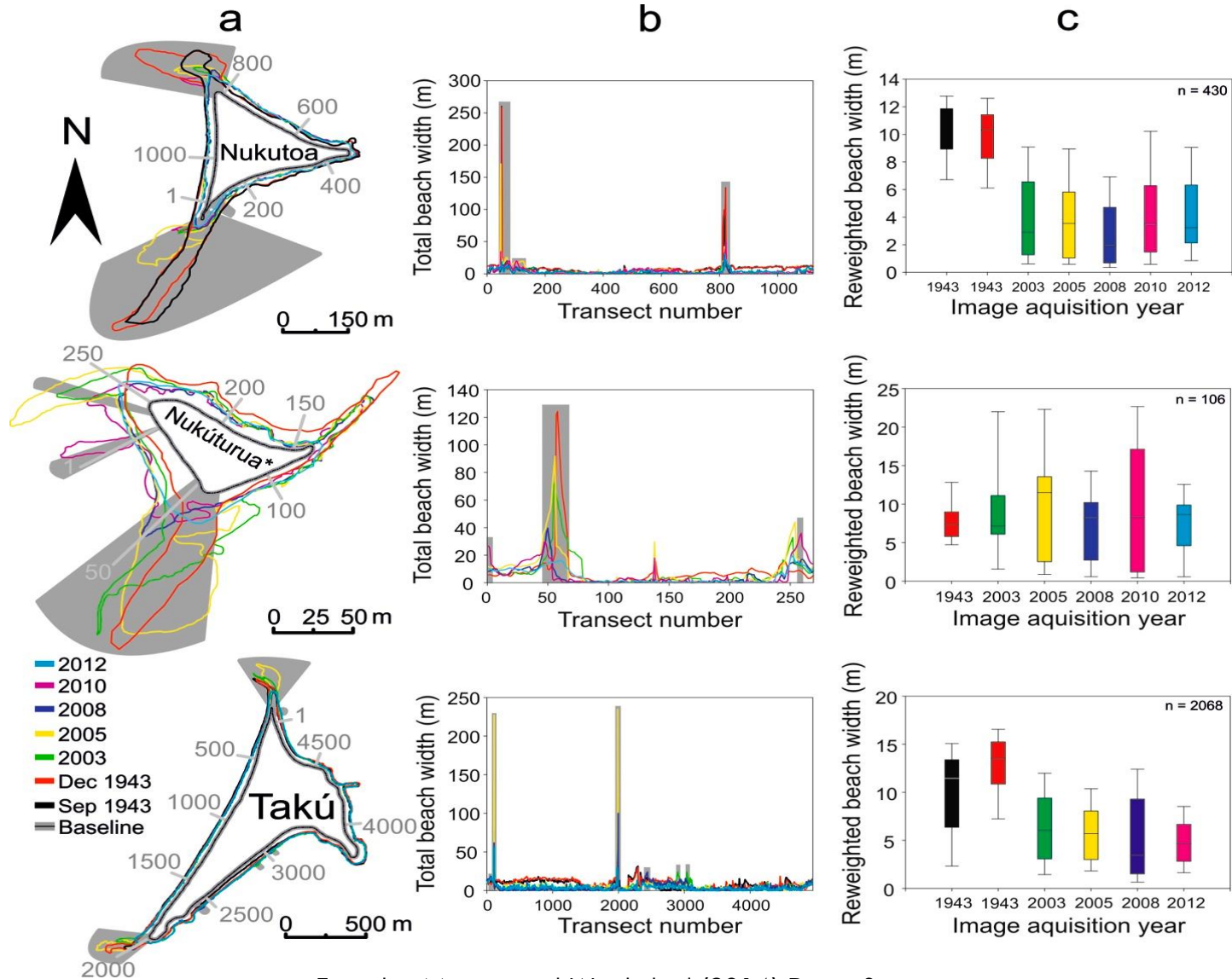


Fuente: Mann and Westphal (2014) Rem. Sens.



# Combinación de Fotos Aéreas y Datos de Satélites de Alta Resolución para Analizar Cambios en la Línea de Costa

Datos históricos aéreos pueden ser combinados con imágenes satelitales para estudiar cambios en la línea de costa como resultado en aumentos en el nivel del mar u otros factores relacionados al clima o a humanos



Fuente: Mann and Westphal (2014) Rem. Sens.





Dunas, Playas, y Humedales

# Dunas Costeras

- Ocurren donde hay un suplemento de arenas, hay viento para moverlas, y un lugar donde se acumulen
- Ocurren por encima de la línea de la marea alta y donde la parte posterior de la playa forma la barrera hacia el mar de las dunas y el suplemento de arenas
- Las dunas se clasifican en dos tipos principales:
  - Dunas cubiertas de vegetación – Forman crestas paralelas a la playa ancladas por vegetación
  - Dunas transversales – Carecen de vegetación y por lo general migran



Fuente: [www.geology.uprm.edu/MorelockSite](http://www.geology.uprm.edu/MorelockSite)



Fuente: [www.commons.wikimedia.org](http://www.commons.wikimedia.org)



# Tipos de Playas (Disipativas vs. Reflectivas)

## Playas Disipativas

- Se desarrollan bajo condiciones de alto oleaje donde hay un suplemento abundante de arenas finas a medianas
- La zona de surf es ancha y con una pendiente moderada (<5 grados)
- Son dominadas por la acción del oleaje
- Tienen un frente de playa ancha
- Usualmente carecen de berma



## Playas Reflectivas

- Se forman durante condiciones de oleaje bajo o medio
- Las arenas son más gruesas
- Tienen una pendiente mayor (>10 grados)
- Son dominadas por la marea



Playas Disipativas (izq.) y Reflectivas (Der.) en Australia. Fuente: [www.ozcoasts.org.au](http://www.ozcoasts.org.au)



# Las Playas son Ambientes Altamente Dinámicos

- La extensión y el ancho de la playa puede cambiar en períodos de tiempo bien cortos
- Esto puede ser parte del ciclo natural de una playa o también como consecuencia de un evento natural mayor (huracán)
- Esto hace que el conocimiento local y los datos in situ colectados durante el paso del satélite sean claves para el procesamiento y análisis preciso de imágenes



Cambios en el ancho de playa (San Juan, PR). Fuente: Dr. Maritza Barreto, Univ. of PR



# Las Playas son Ambientes Altamente Dinámicos

Playa Guajataca, Noroeste PR



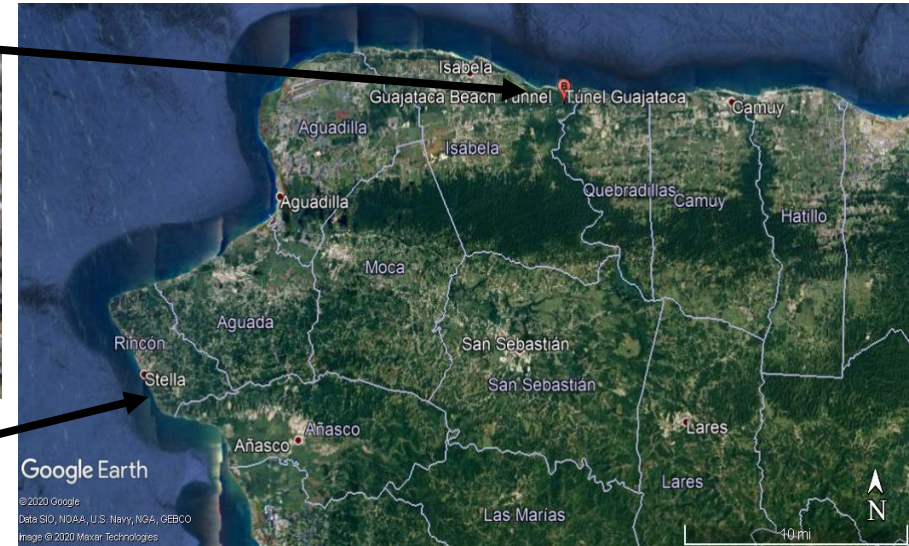
Sept 2009



Oct 2009



Nov 2009



Playa Rincón, Noroeste PR



Sept 2009



Oct 2009



Nov 2009



Dinámica de composición de sedimentos en dos playas de PR.  
Fuente: Dr. Maritza Barreto, Univ. de PR



# Las Playas son Ambientes Altamente Dinámicos



Playa La Selva, Luquillo, PR (Sept 2009) (Transición)



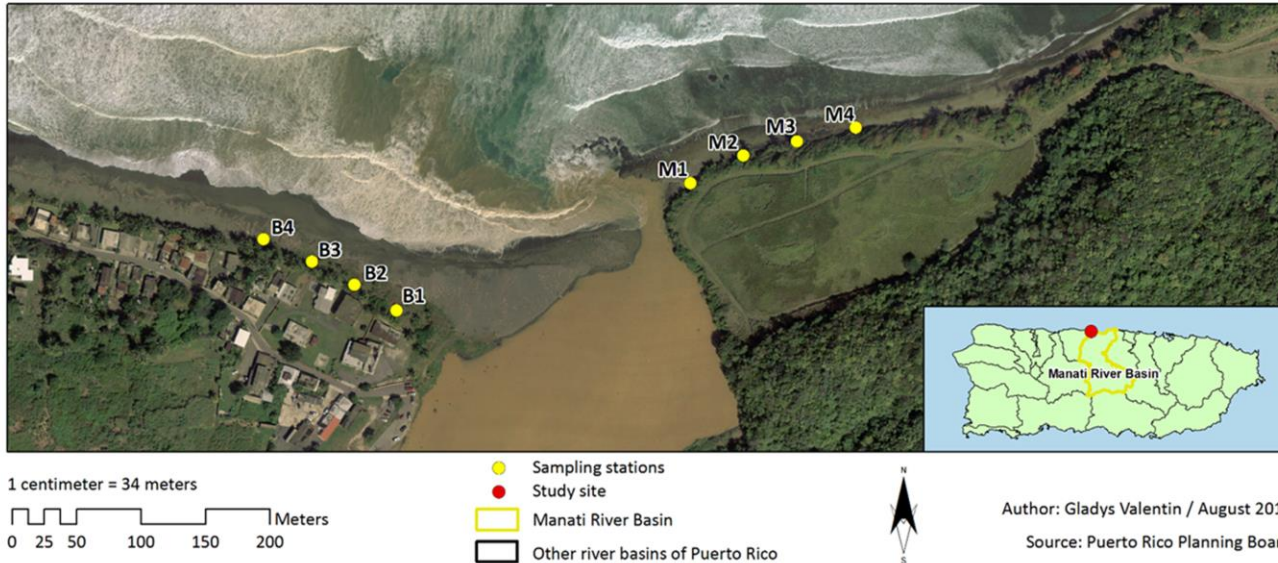
La misma playa en Octubre 2009 (Playa Disipativa)





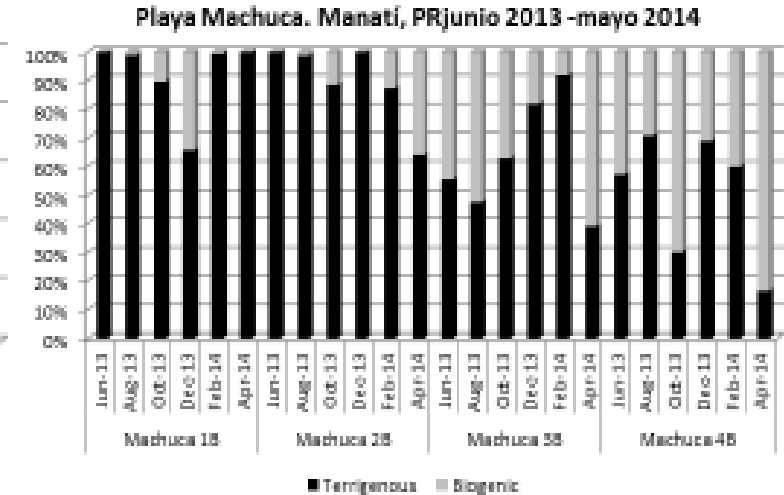
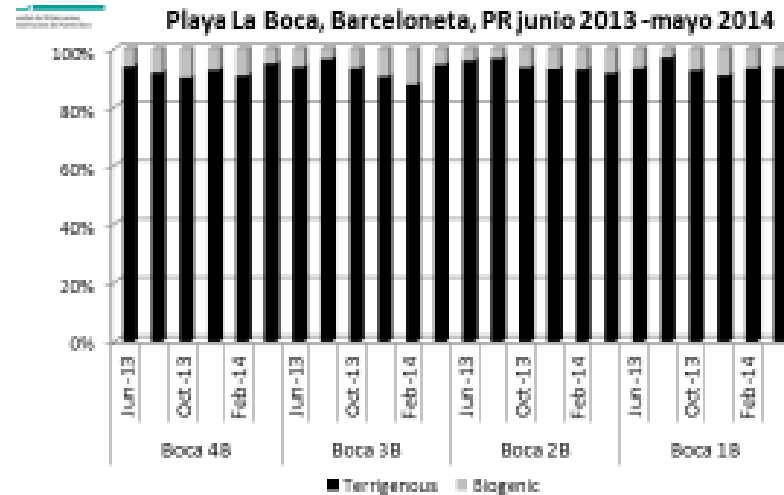
# Las Playas son Ambientes Altamente Dinámicos

Study Area: Beaches located at Rio Grande de Manati river mouth  
La Boca Beach (Barceloneta) and Machuca Beach (Manati)



Composición de sedimentos (y, por lo tanto, la firma espectral) puede cambiar en un periodo corto de tiempo dependiendo de la dinámica de los procesos físicos que actúan sobre ellos.

Fuente: Dr. Maritza Barreto, Univ. de PR



# Humedales Costeros

**Salinas** – Más típicos de latitudes templadas



Cumberland Island, Georgia USA. Fuente: [www.flickr.com](http://www.flickr.com)

**Bosques de Mangle** – Más típicos de latitudes bajas (trópicos)



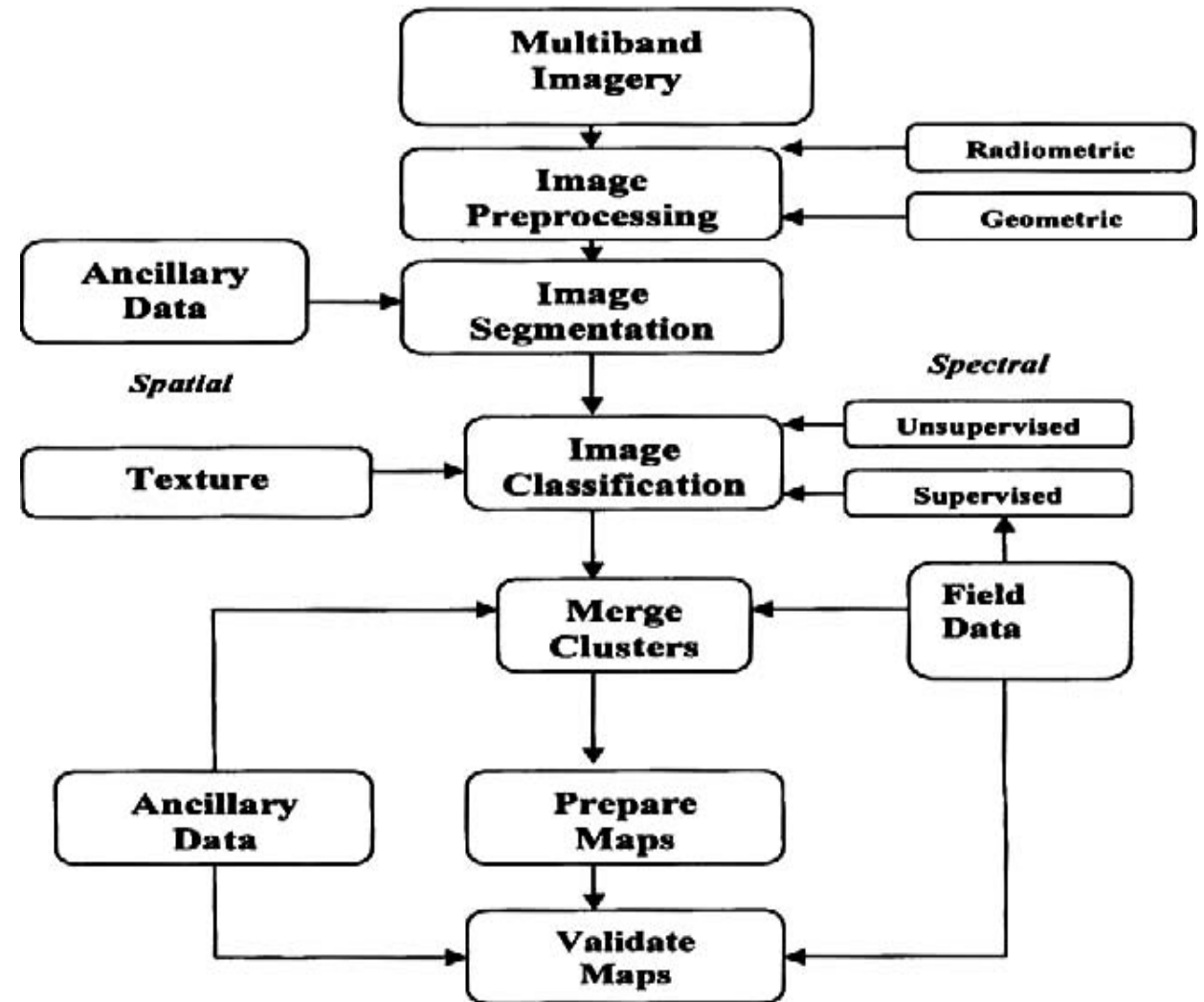
Bosque de Mangle Negro – Suroeste PR. Fuente: Juan L. Torres-Pérez



# Análisis de Imágenes Típico para Humedales Costeros

1. Corrección Radiométrica y Geométrica
2. Segmentación de Imágenes
3. Clasificación Supervisada y No-Supervisada
4. Análisis de Grupos
5. Clasificación Final de la Imagen

**Nota:** Los datos auxiliares pueden ser usados cuando estén disponibles; los datos de campo sirven en la validación de imágenes.



Fuente: Klemas (2011) J Coastal Res



# Índices de Vegetación y Parámetros Biofísicos Usados para Áreas Tierra Adentro También son Útiles para Humedales Costeros

## Índices de Vegetación/Verdura

- NDVI - Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada
- EVI - Índice de Vegetación Mejorado
- SAVI - Índice de Vegetación Ajustado a Suelos
- MSAVI - Índice de Vegetación Ajustado a Suelos Modificado
- SATVI - Índice de Vegetación Ajustado a Suelos Total
- Razón de Quema Normalizada (NBR)

## Estimados de Parámetros Biofísicos

- fPAR - Fracción de la Radiación Fotosintéticamente Activa
- Cubierta Fraccional
- GPP and NPP - Productividad Primaria Bruta y Neta
- LAI - Índice de Área Foliar

<https://appliedsciences.nasa.gov/join-mission/training/english/understanding-phenology-remote-sensing>



# Monitoreo de Manglares Usando Radar de Apertura Sintética (SAR)



ABOUT THE PROGRAM

WHAT WE DO

OUR IMPACT

JOIN THE MISSION



TRAINING

## Forest Mapping and Monitoring with SAR Data

PROGRAM AREA: ECOLOGICAL FORECASTING

HOME / JOIN THE MISSION / TRAINING

<https://appliedsciences.nasa.gov/join-mission/training/english/forest-mapping-and-monitoring-sar-data>





Topografía y Batimetría de la Línea de Costa

# Topografía y Batimetría de la Línea de Costa

- La topografía e hidrografía son elementos básicos necesarios para estudiar procesos costeros
- Esto incluye información sobre:
  - Cambios a corto y largo plazo
  - Perfiles de playa
  - Eventos erosionales o deposicionales
  - Cambios en humedales
  - Cambios en la estructura y salud de la vegetación local



Fuente: Dr. Maritza Barreto, Univ. of PR



# Métodos para el Mapeo Batimétrico de Aguas Costeras y Topografía de Playas Adyacentes



| Métodos                      | Sensores                        | Área        | Fortalezas   | Limitaciones   | Exactitud o Error Relativo (%)         | Referencias                         |
|------------------------------|---------------------------------|-------------|--|--|--|-------------------------------------|
| Estereoscopía                | Imágenes estereoscópicas        | Playa       | Resolución horizontal grande; capaz de capturar caract. De playas locales        | Depende de puntos de control para corregir la variación vertical   | RMSE de 0.35-0.48m                     | Almeida et al (2019)                |
| Línea de agua                | SAR y Óptico                    | Intermareal | Mayor número de sensores ne órbita permite mayor muestreo de zonas intermareales | Asume topografía estable durante la adquisición de datos           | RMSE de 0.20m                          | Li (2014)                           |
| InSAR                        | SAR                             | Intermareal | No require datos de campo  | Alta decorrelación temporal  | RMSE de 0.20m                          | Lee & Ryu (2017)                    |
| Altimetría de Radar          | Altímetros de Radar y Laser     | Intermareal | Provee medidas bastante certeras   | Genera sólo perfiles topográficos intermareales                    | RMSE de 0.23 m                         | Salameh et al (2018, 2019)          |
| Radiometría de Color de Agua | Multiespectral e Hiperespectral | Costero     | No require datos de campo  | Sensitivo a heterogeneidad de la columna de agua y las superficies | Depende de IOPs y el sustrato de fondo | Lee et al (1999); Capo et al (2014) |





# Estereoscopía para Batimetría y Topografía Costera

- Provee alta resolución espacial (sub-métrica)
- El Satellite Pour l'Observation de la Terre (SPOT) fue la 1ra constelación de satélites civiles en adquirir imágenes estereoscópicas
- La constelación de Pleiades 1A-1B (Centre National d'Etudes Spatiales [CNES]) colecta imágenes estereoscópicas a 0.7m de resolución espacial y tiene la habilidad de visitar cualquier lugar el mismo día
  - Útil para monitoreo rápido de procesos costeros como erosión causada por tormentas

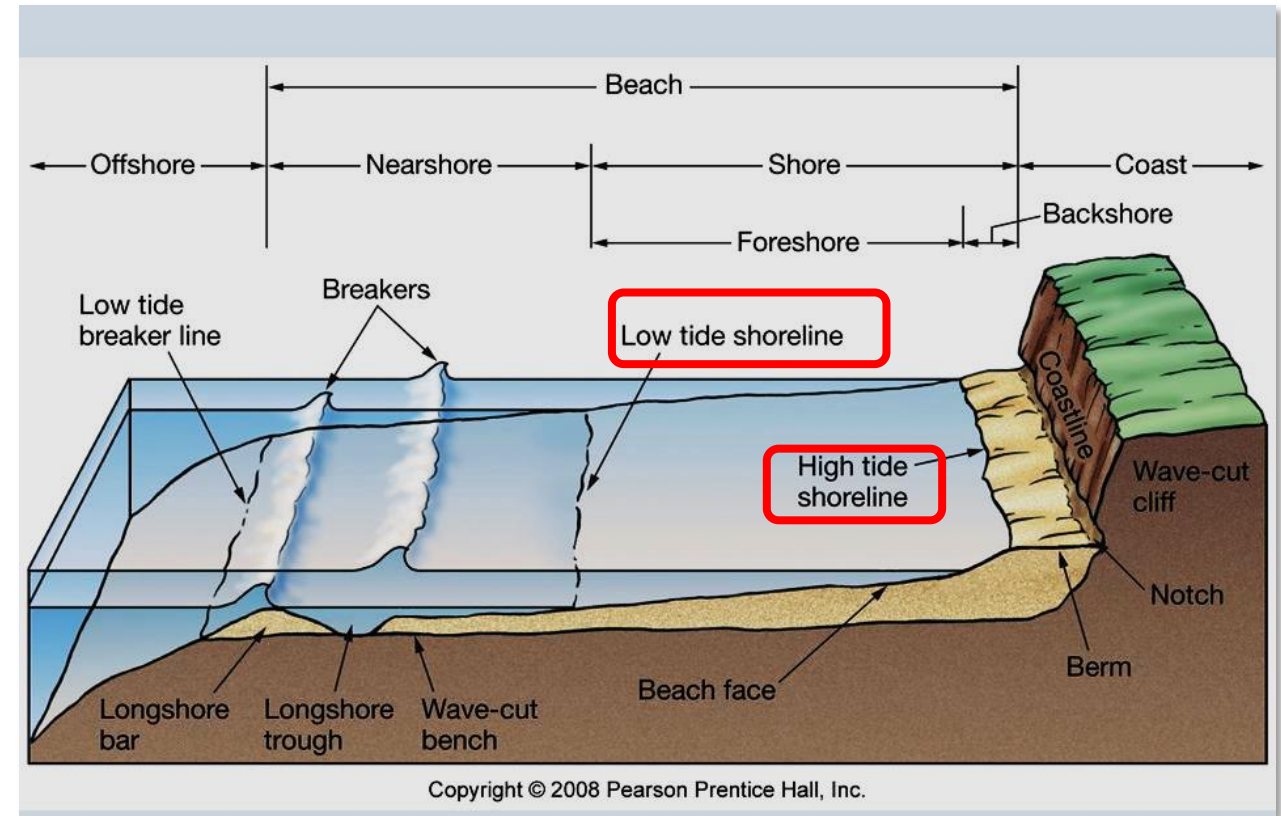


Pleiades 1A image of the island of Bora Bora in Polynesia. Fuente: CNES



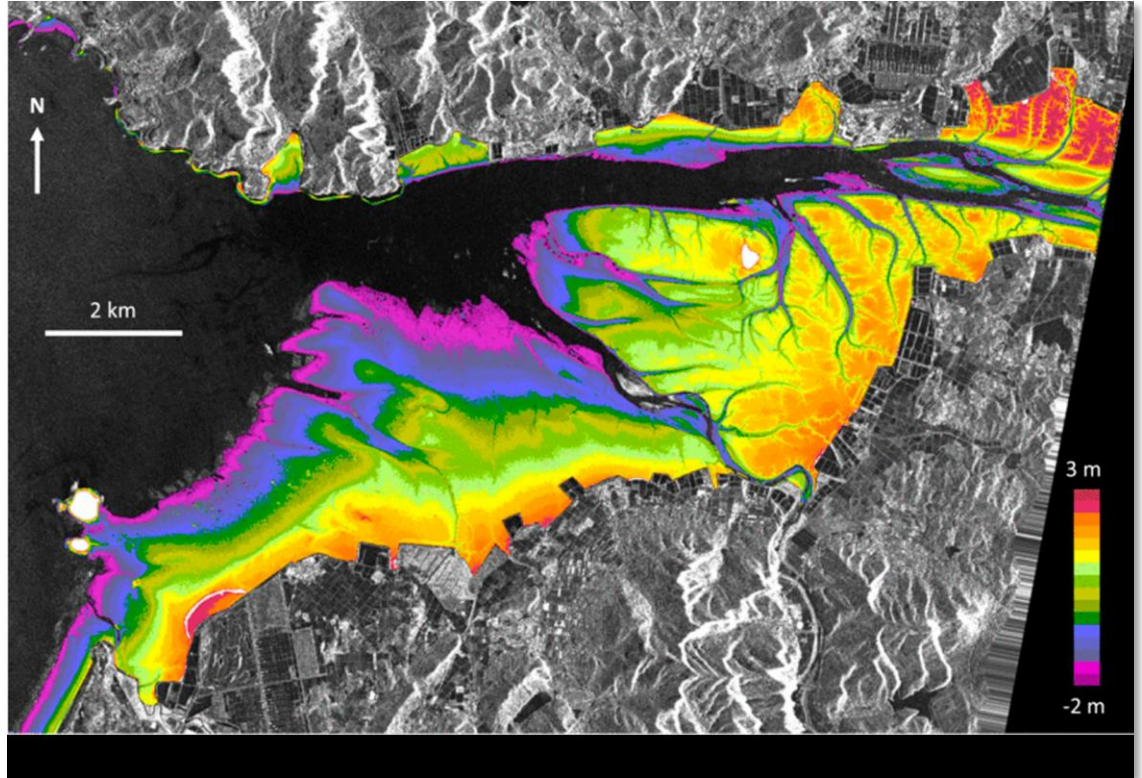
# Línea de Agua para Batimetría y Topografía Costera

- El nombre se refiere al perímetro entre tierra y mar, o la línea de costa, en la zona intermareal
- Es la técnica más usada para construir modelos de elevación digital intermareales (DEMs)
- Combina teledetección con modelaje hidrodinámico
- Usa una serie de imágenes que cubren toda la amplitud mareal para formar un DEM cuadrículado
- Asume que no hay cambios mayores en la topografía de la zona intermareal durante el tiempo de adquisición de las imágenes
- Típicamente usa imágenes SAR, pero también puede usar ópticas



# InSAR para Batimetría y Topografía Costera

- SAR Interferométrico (InSAR)
- Usa 2 o más imágenes de SAR tomadas en posiciones distintas, tiempos distintos, o ambas para extraer la información topográfica a partir de la diferencia de fases
- Al igual que otros usos de SAR, una imagen se llama el “Maestro” mientras que a las otras se les llama “Esclavos”
- Es mejor usar sistemas de interferometría de pase sencillo (2 antenas en la misma plataforma) para obtener DEMs más exactos

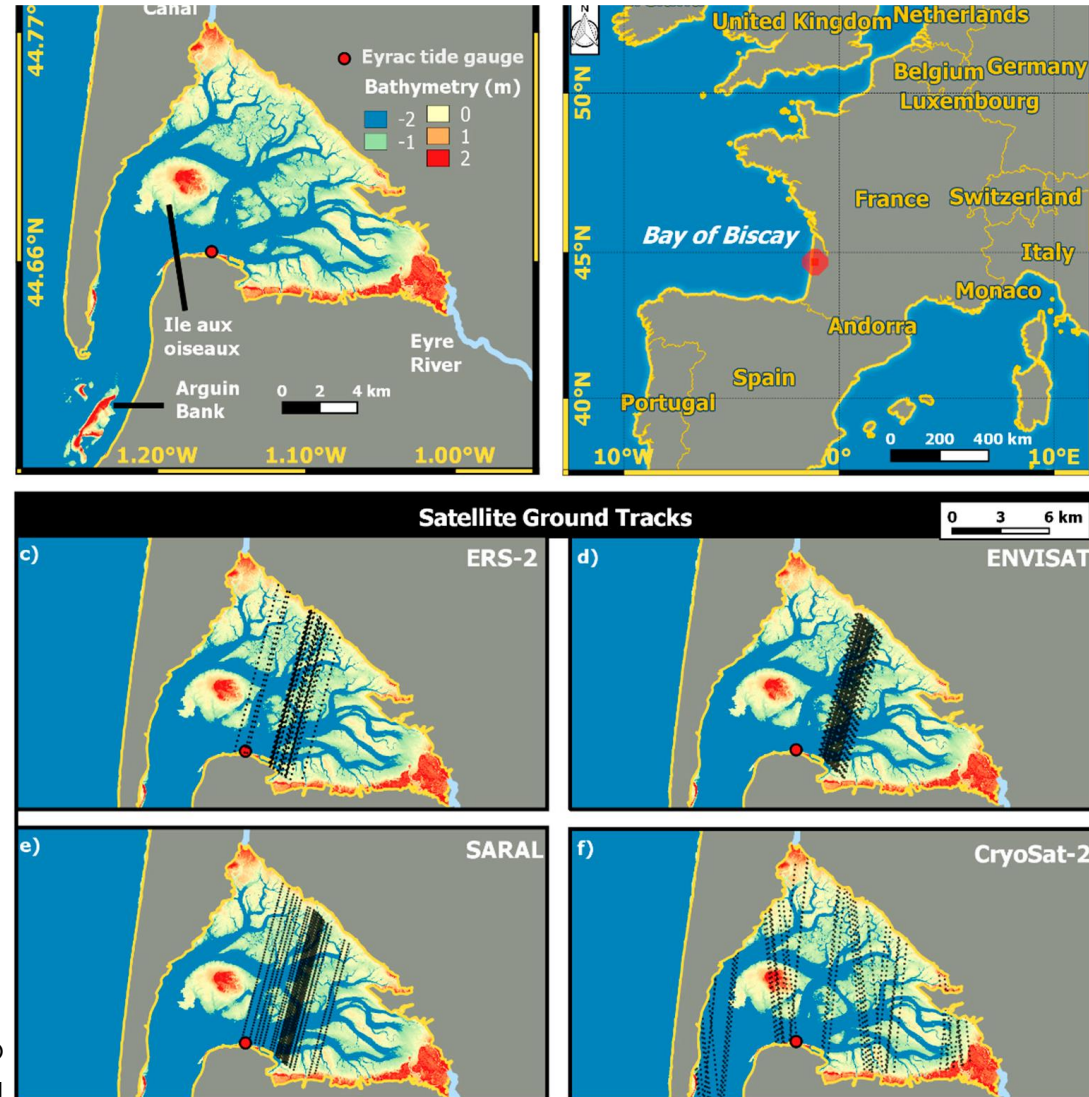


DEM hecho a partir de InSAR para la Bahía Gomso en Corea del Sur (resolución espacial = 5m). Tomado de: Lee et al (2017) IEEE



# Altimetría por Radar para Batimetría y Topografía Costera

- También puede ser usada para derivar estimados directos de topografía de fondo sobre zonas internareales durante la marea baja.
- Puede hacerse combinando datos de distintos radares satelitales:
  - ERS-2 (1995-2003)
  - ENVISAT (2002-2010)
  - Cryosat-2 (desde 2010)
  - SARAL (2013-2016)

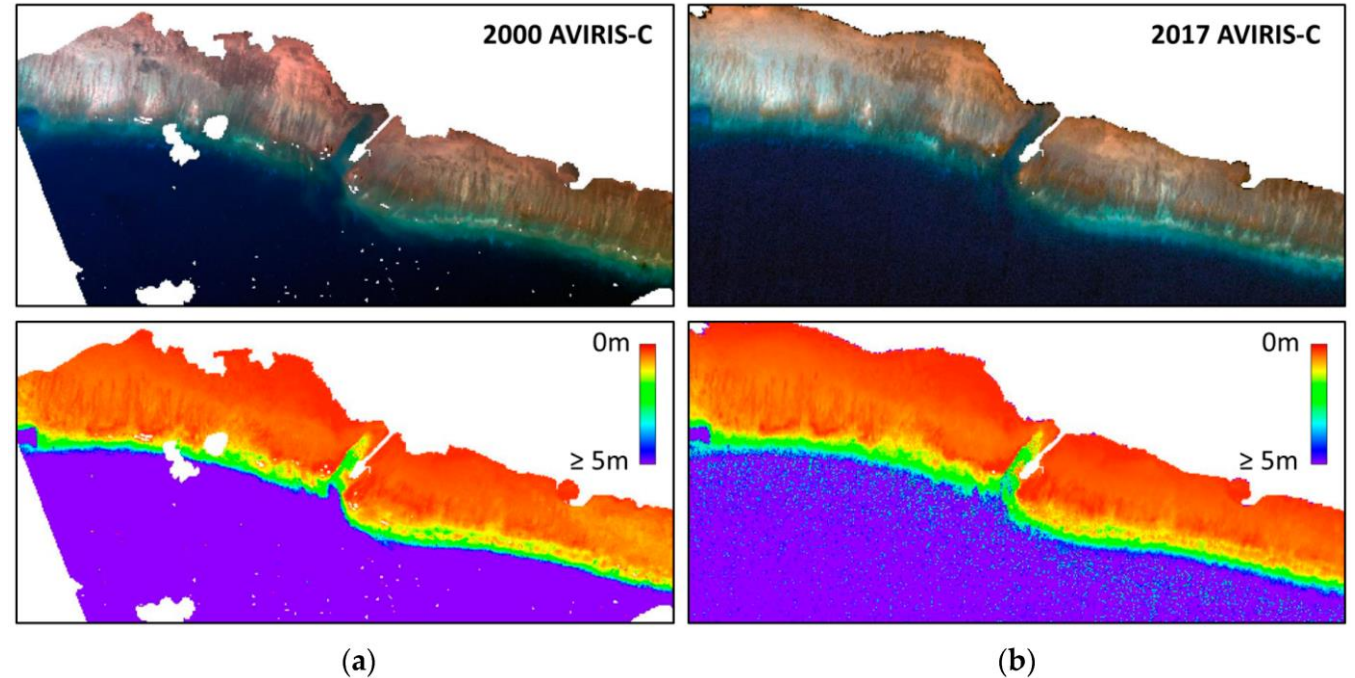


Arcachon Lagoon, Bay of Biscay, France. Tomado de: Salameh et al (2018) Remote Sensing



# Radiometría de Color Acuático para Batimetría y Topografía Costera

- Usa reflectancia teledetectada ( $R_{rs}$ ) como función de:
  - Albedo del fondo en aguas ópticamente llanas
  - La concentración de los componentes de la columna de agua
  - El coeficiente de atenuación vertical ( $K_d$ )
- Requiere datos hiperespectrales a menos que la variabilidad de la topografía de fondo no sea muy variada, entonces datos multispectrales (preferiblemente de alta resolución espacial) pueden ser útiles



Batimetría derivada para Molokai (Hawaii) obtenida con el sensor hiperespectral AVIRIS-C. Tomado de: Goodman et al (2020) Remote Sens





## Teledetección de Escombros Marinos en la Línea de Costa

# Escombros Marinos

- Se encuentran de polo a polo del globo terrestre
- 50-90% son plásticos
- Micro (<5mm) a macro plásticos (>25mm)
- Impactos incluyen enredo e ingestión de la fauna, efectos en el intercambio de gases entre la columna de agua y el fondo marino, desplazamiento de especies bentónicas, y pérdida del valor estético de muchas áreas.
- Métodos de muestreo usuales proveen para la remoción de escombros, pero esto es limitado y costoso para áreas remotas
- La teledetección puede usarse para evaluar la presencia de escombros prácticamente en cualquier parte del mundo

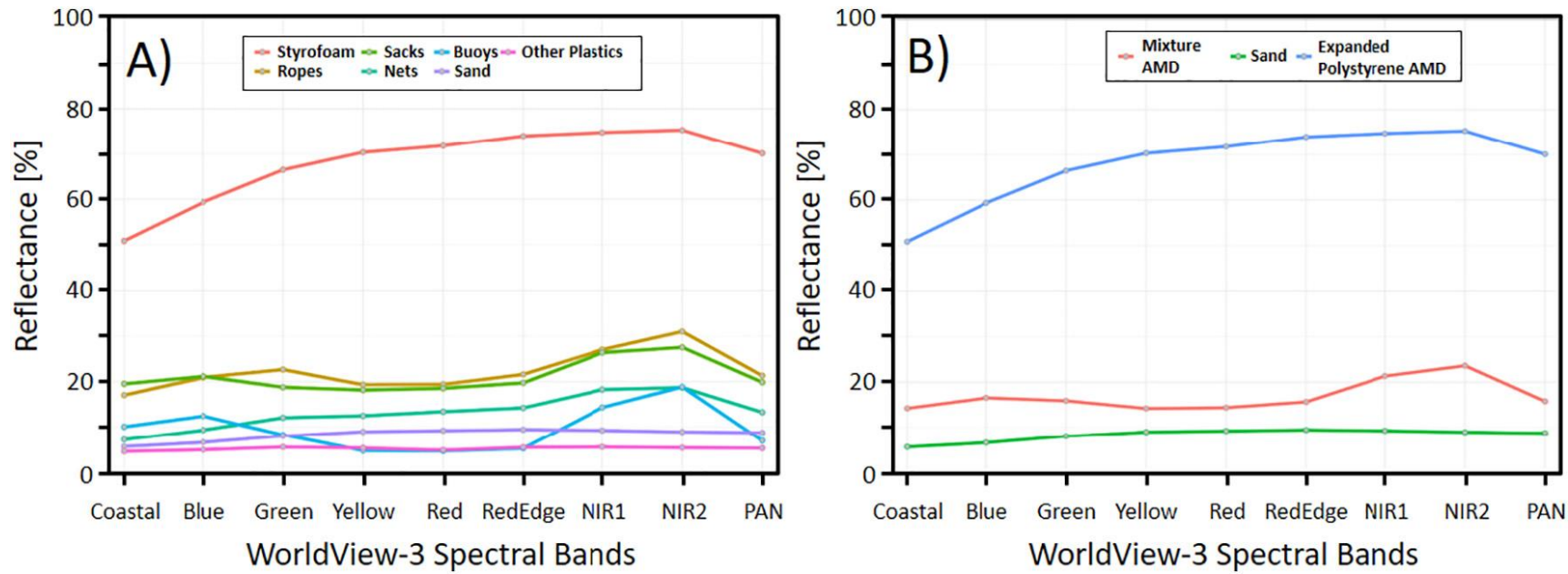


Arriba: Pedazos de un teléfono celular viejo encontrados en un arrecife. Abajo: Escombros marinos antropogénicos depositados en una playa en el oeste de PR. Fuente: Juan L. Torres-Pérez



# Teledetección de Escombros Marinos

- Difícil debido al tamaño y la variedad (cuentas plásticas, colillas de cigarrillos, equipos de pesquerías y náuticos, macro plásticos, Styrofoam, bolsas o fundas de diferentes tipos y materiales, etc.)
- Recientemente, algunos investigadores han trabajado con la creación de librerías espectrales de categorías grandes de escombros y han demostrado diferencias espectrales entre éstos (Garaba and Dierssen 2018 RSE; Acuña-Ruz et al 2018 RSE).



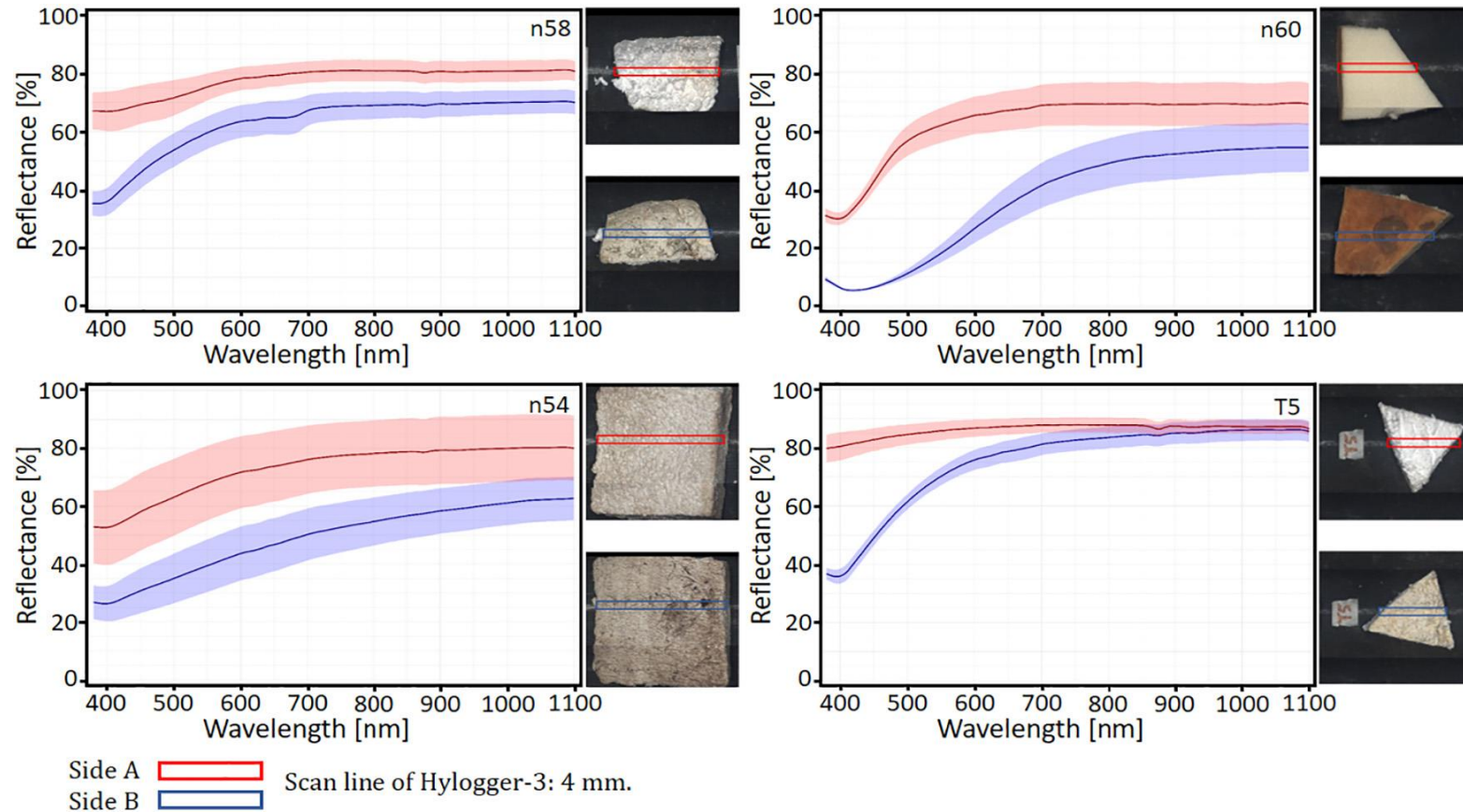
Tomado de: Acuña-Ruz et al (2018) Remote Sens Environ





# Teledetección de Escombros Marinos

- La firma espectral del material es alterada dependiendo del tiempo de exposición a condiciones ambientales (atemperización, UV, sobrecrecimiento de invertebrados, sedimentos, etc.)



Tomado de: Acuña-Ruz et al (2018) Remote Sens Environ



# En Resumen

- Las líneas de costa son ambientes altamente dinámicos dominados por factores climáticos y/o antropogénicos.
- La topografía y batimetría de líneas de costa puede obtenerse con distintos métodos de teledetección y diversas fuentes de imágenes.
- Los datos teledetectados permiten el análisis de series de tiempo a largo y corto plazo y provee información valiosa para la toma de decisiones.
- Esto puede incluir la combinación de fotos aéreas históricas e imágenes satelitales recientes.



# Contactos

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



# Preguntas

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





**¡Gracias!**

