

# Aplicaciones del Radar de Apertura Sintética (SAR )

Erika Podest

29 de Noviembre 2017



# Objetivos de Aprendizaje

1. Entender cómo diferentes frecuencias de microondas apoyan diferentes aplicaciones
2. Entender como los diferentes métodos (ej. interferometría, polarimetría) apoyan diferentes aplicaciones



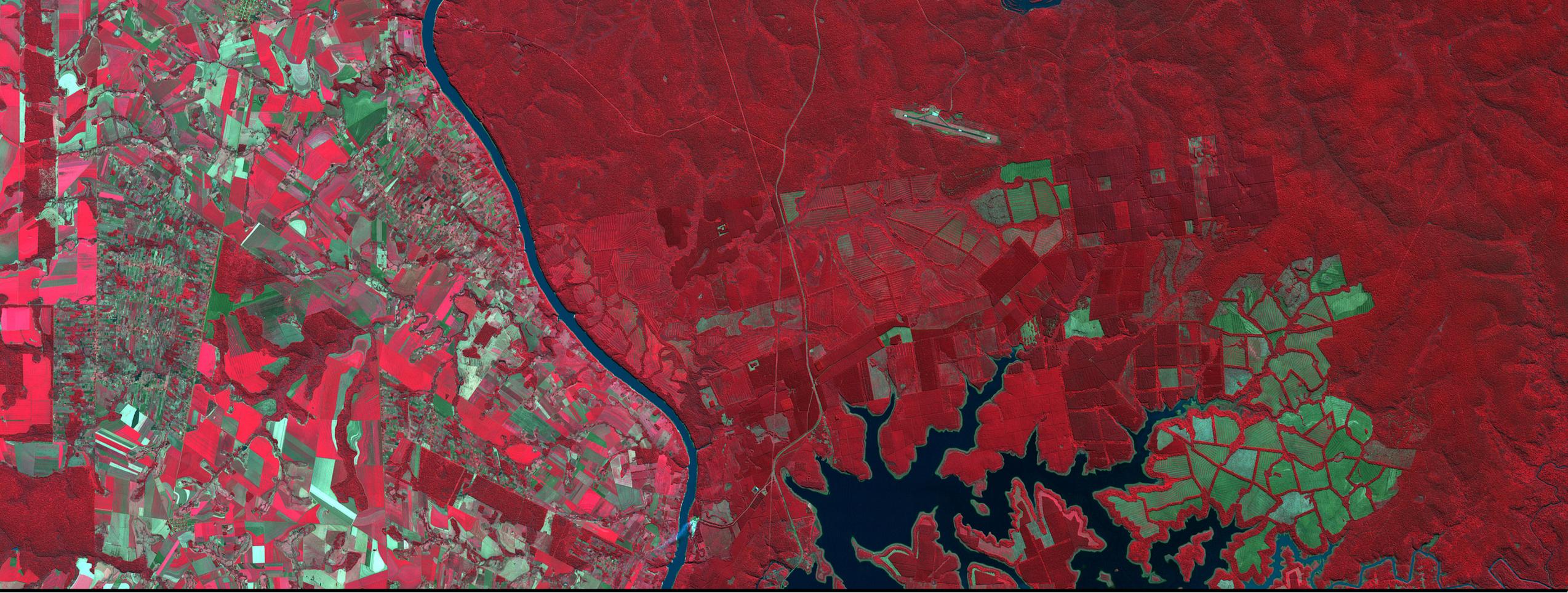
# Aplicaciones Terrestres de SAR

1. Ecosistemas de Humedales
2. Estudios de la Vegetación
3. Monitoreo de Desastres
4. Hundimiento del Terreno
5. Criósfera
6. Océanos
7. Cambios en la Cubierta Terrestre y la Infraestructura

# Aplicaciones de SAR Usando Diferentes Bandas de Frecuencias

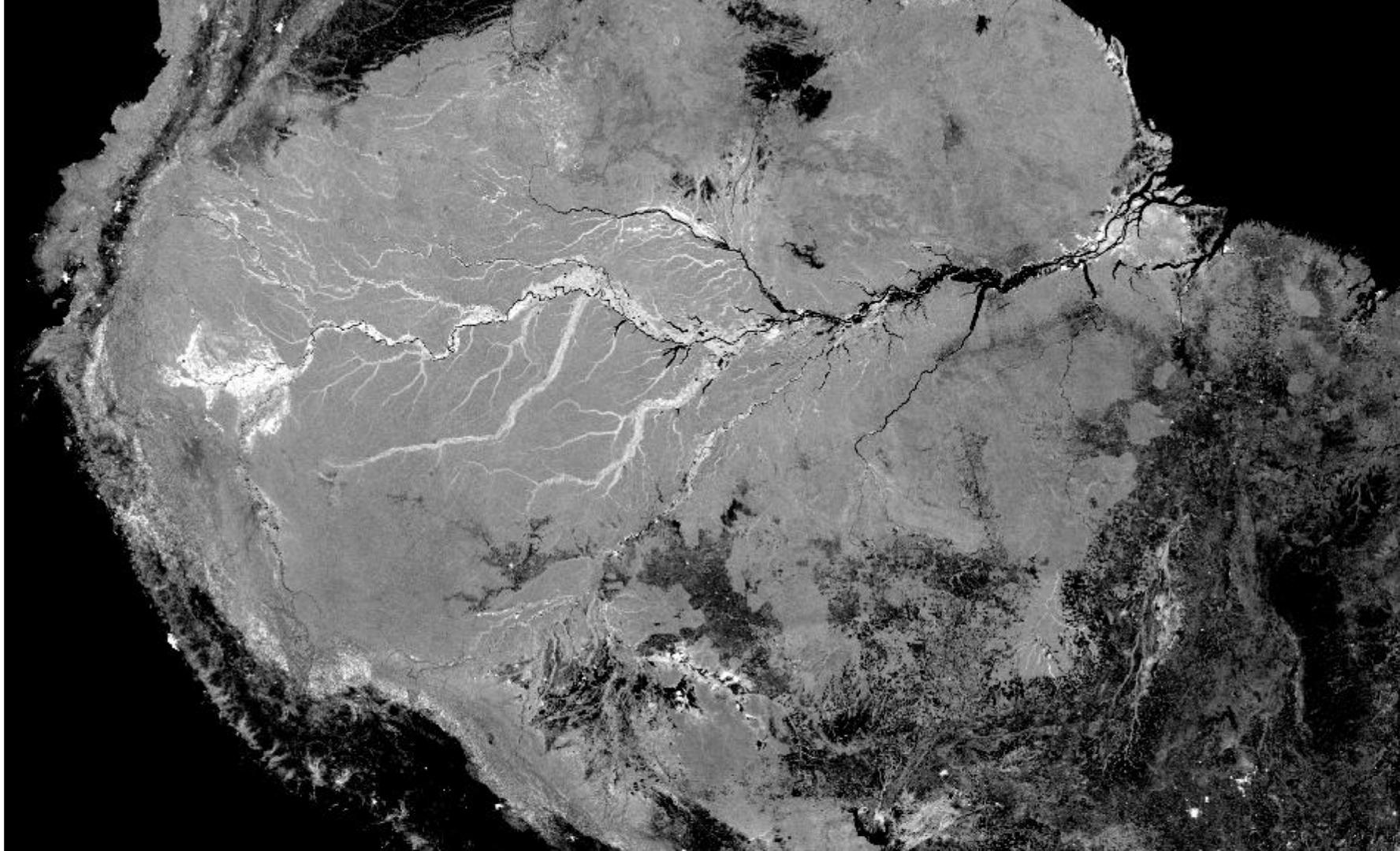
| Banda   | Gama de Frecuencias | Ejemplos de Aplicaciones                         |
|---------|---------------------|--|
| VHF     | 300 KHz – 300 MHz   | Follaje, penetración del suelo, biomasa          |
| P-Band  | 300 MHz – 1 GHz     | biomasa, humedad del suelo, penetración          |
| L-Band  | 1 GHz – 2 GHz       | agricultura, gestión forestal, humedad del suelo |
| C-Band  | 4 GHz – 8 GHz       | océano, agricultura                              |
| X-Band  | 8 GHz – 12 GHz      | agricultura, océano, radar de alta resolución    |
| Ku-Band | 14 GHz – 18 GHz     | glaciología (mapeo de la cubierta de nieve)      |
| Ka-Band | 27 GHz – 47 GHz     | radares de alta resolución                       |

Source: Alberto Moreira, DLR

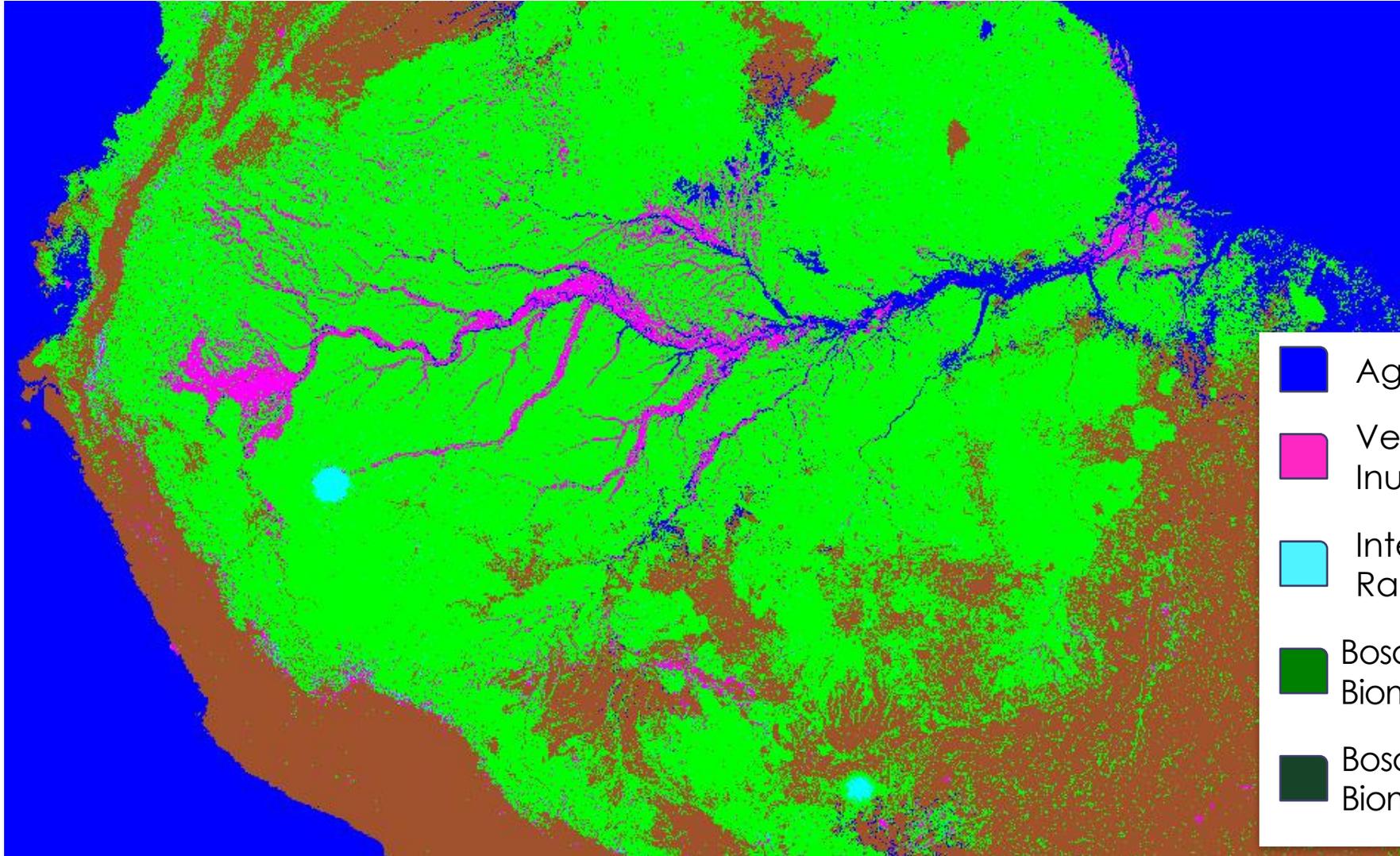


# Ecosistemas de Humedales

# Mosaico de Radar de SMAP de la Cuenca Amazónica (L-band, HH, Abril 2015)



# Mosaico de Radar de SMAP de la Cuenca Amazónica (L-band, HH, Abril 2015)



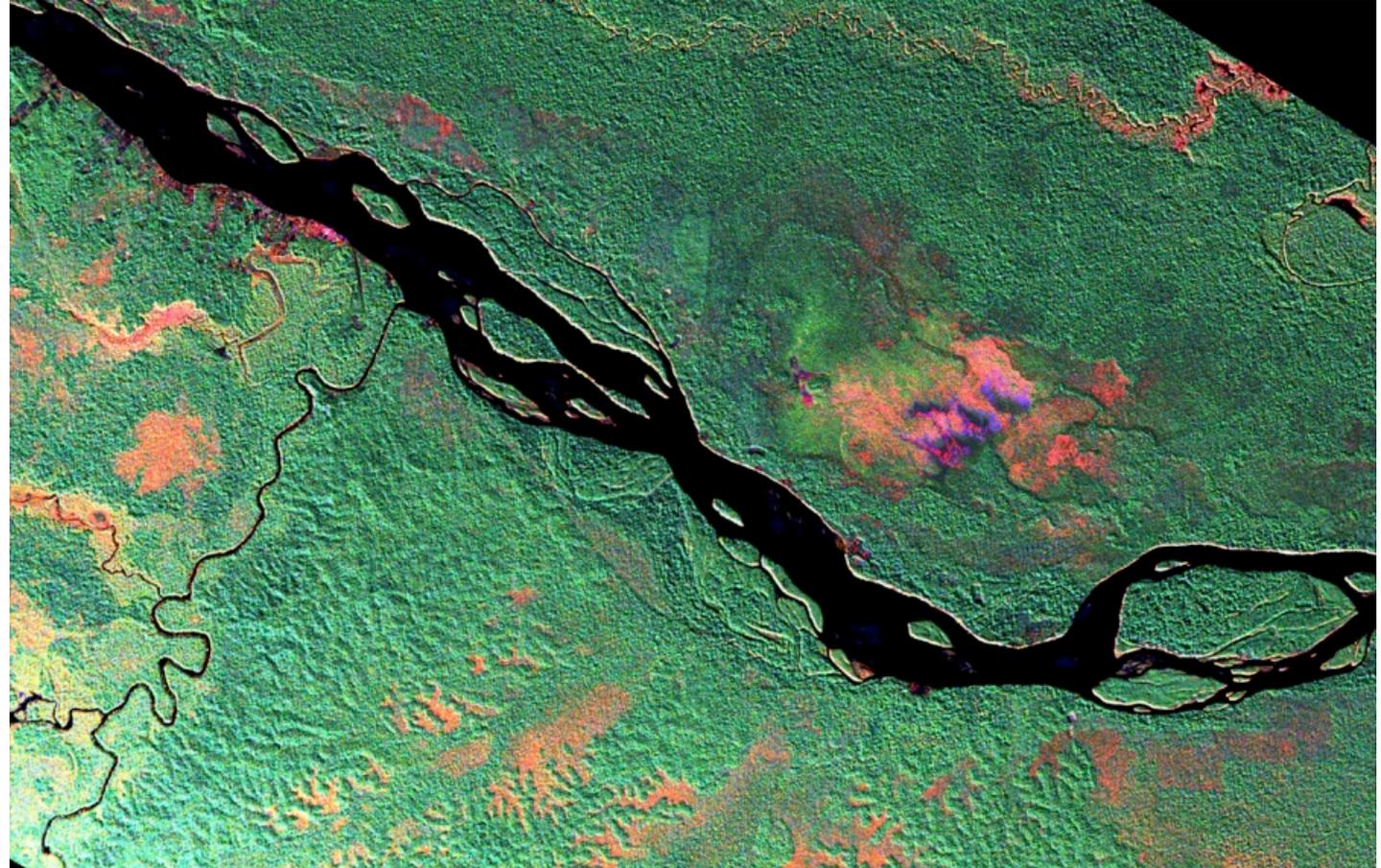
- Agua Abierta
- Vegetación Inundada
- Interferencia Radioeléctrica
- Bosque Alto en Biomasa No Inundado
- Bosque Bajo en Biomasa No Inundado

Credit: Erika Podest



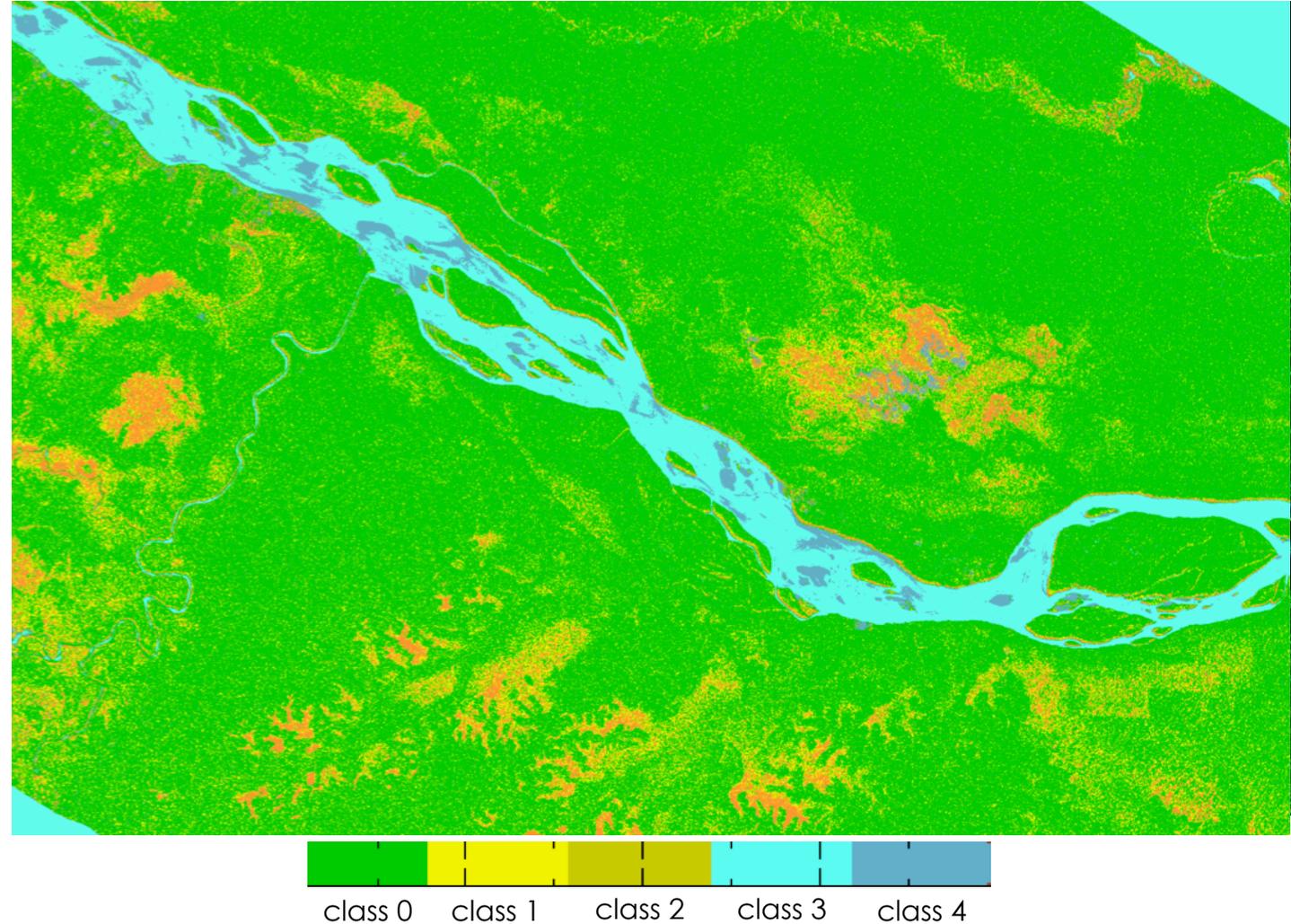
# Mapeando la Extensión de una Inundación con UAVSAR – Completamente Polarimétrico

- UAVSAR quad-pol
- Río Napo, Ecuador
- 31 de marzo de, 2013
- Descomposición VanZyl de un subárea de la imagen de UAVSAR
  
- **Rojo**: dispersión de doble rebote
- **Verde**: dispersión por volumen
- **Azul**: dispersión irregular

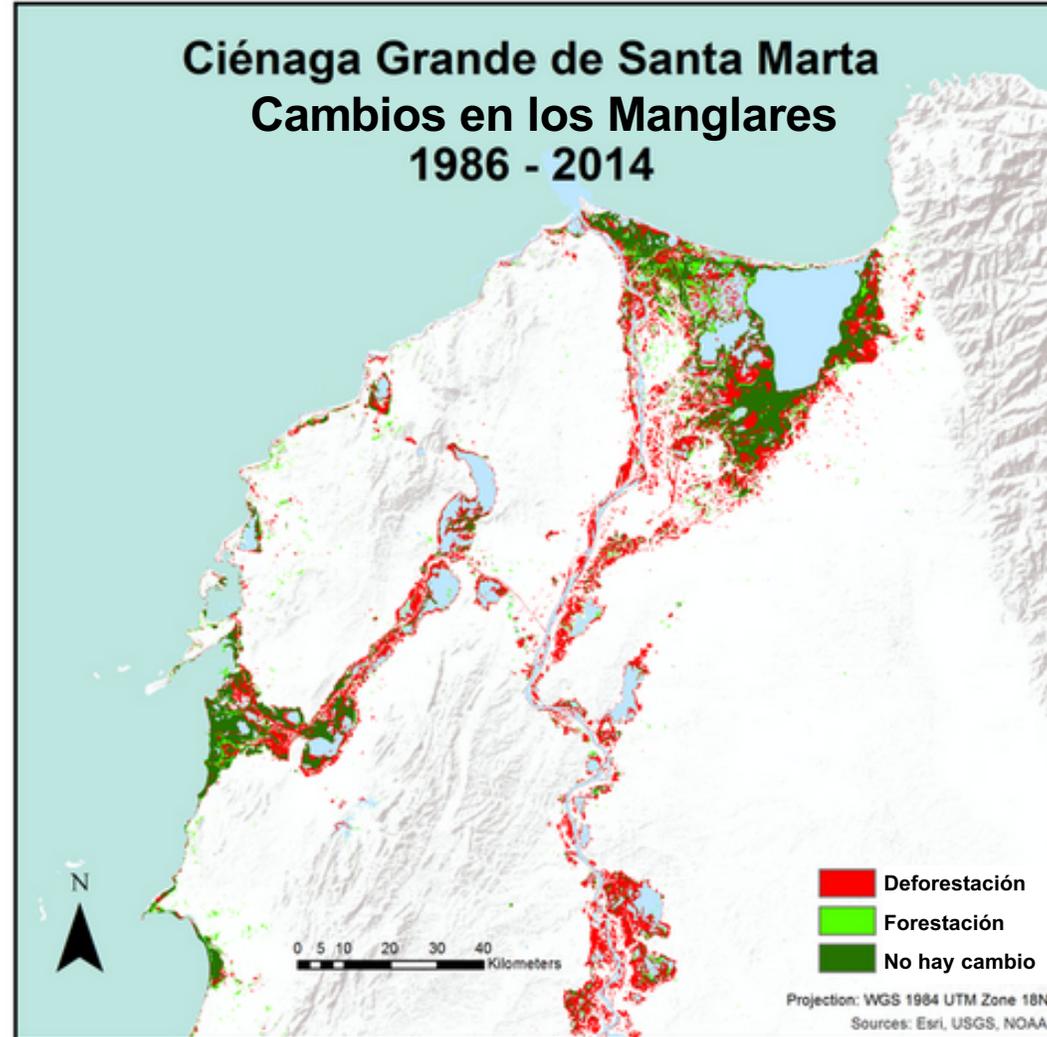


# Clasificación en Base a Observaciones de SAR

- Verde: no inundada
- Amarillo y Anaranjado: Vegetación Inundada
- Azul Claro y Oscuro: Agua Abierta



# Monitoreo de Manglares

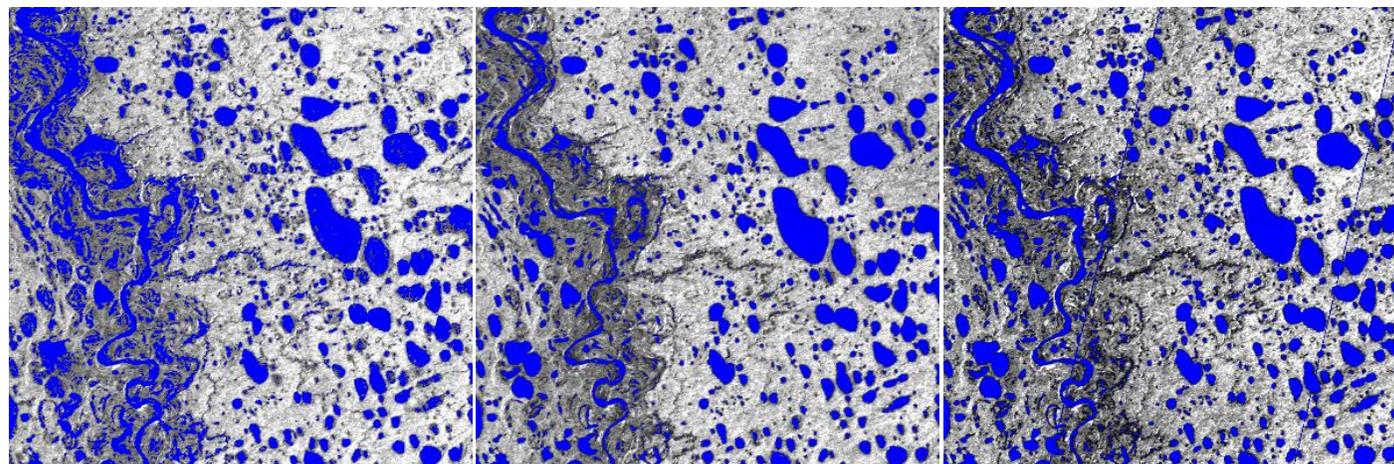


Fuente: Marc Simard, JPL



# Cambios en Aguas Abiertas: North Slope, Alaska

La imagen derecha superior muestra aguas abiertas superpuestas en una imagen JERS-1 y la del fondo muestra cambios en aguas abiertas relativo al mes de junio



Junio 1998

Julio 1998

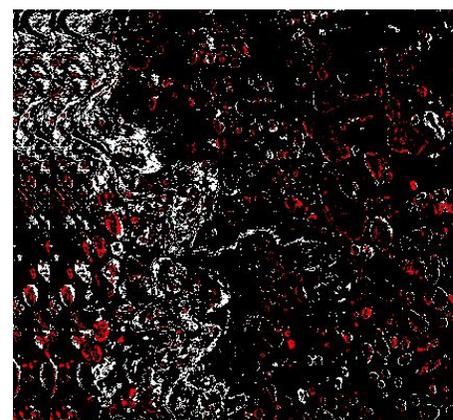
Agosto 1998

## Cambios en Aguas Abiertas Respecto a Junio

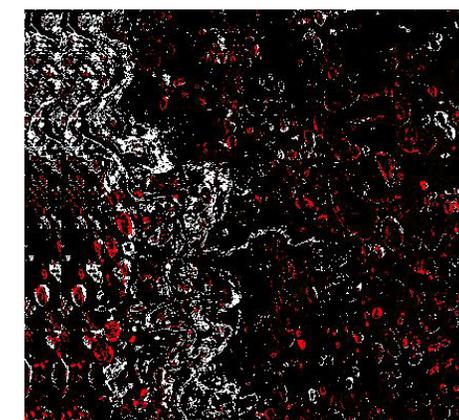
|        | Más seco | Más húmedo |
|--------|----------|------------|
| Julio  | 7.7%     | 2.7%       |
| Agosto | 6.9%     | 3.2%       |

- Más agua abierta
- Menos agua abierta
- No hay cambio

40 km



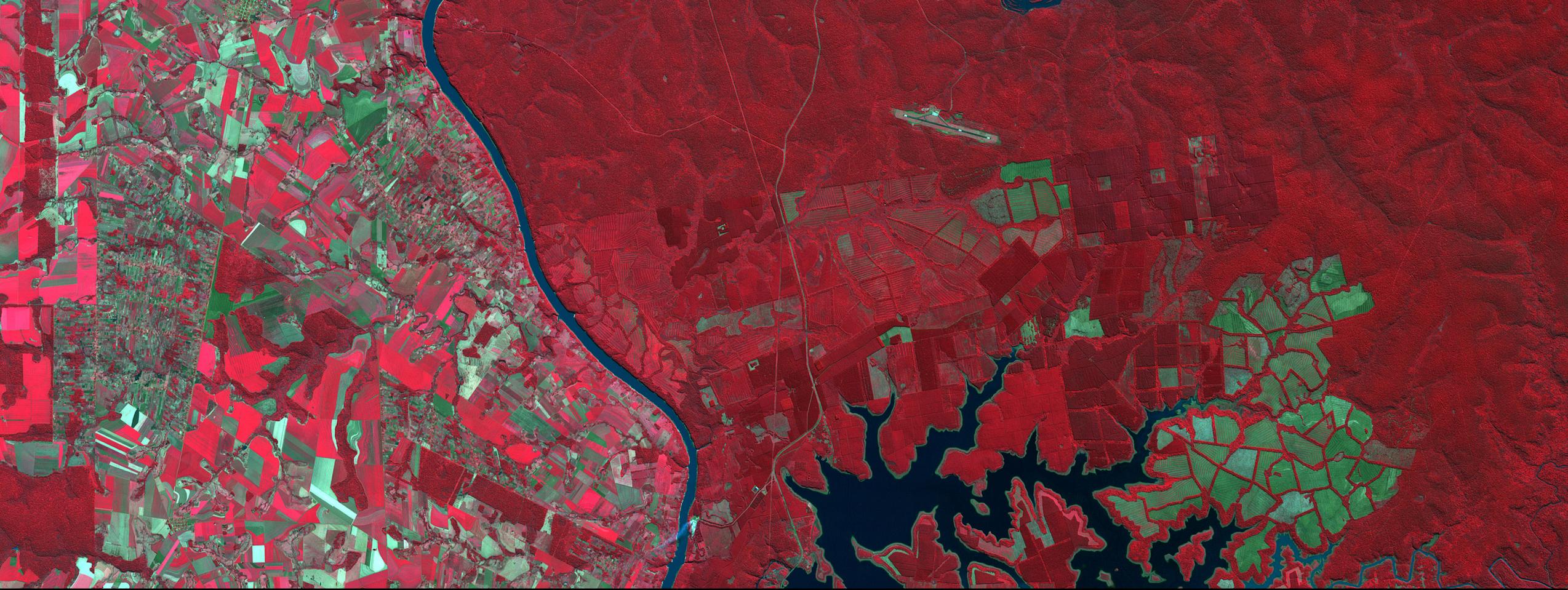
Cambios en Aguas Abiertas Junio/Julio



Cambios en Aguas Abiertas Junio/Agosto

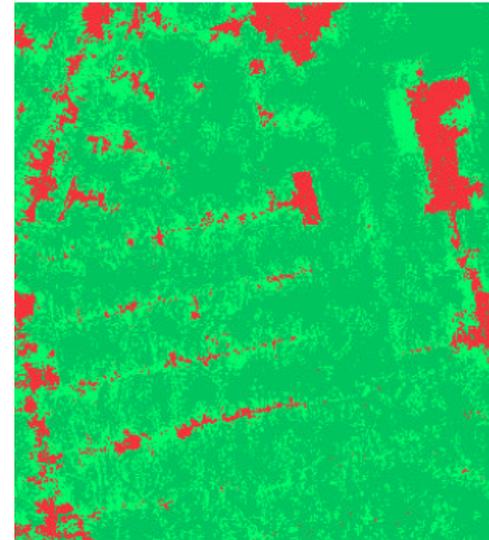
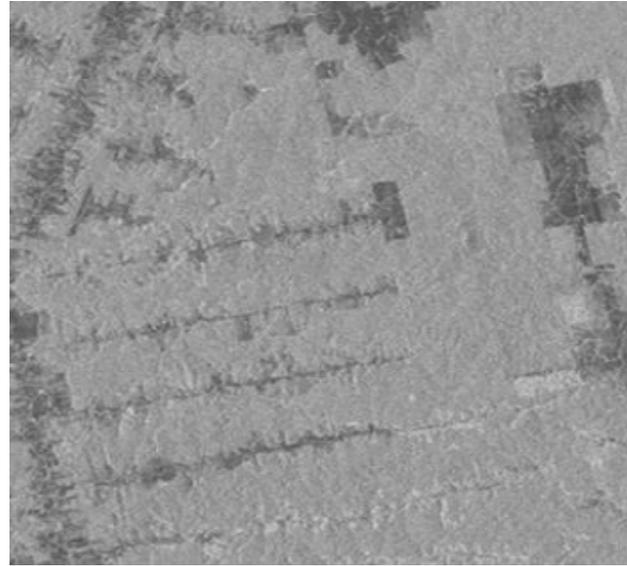
Credit: Erika Podest



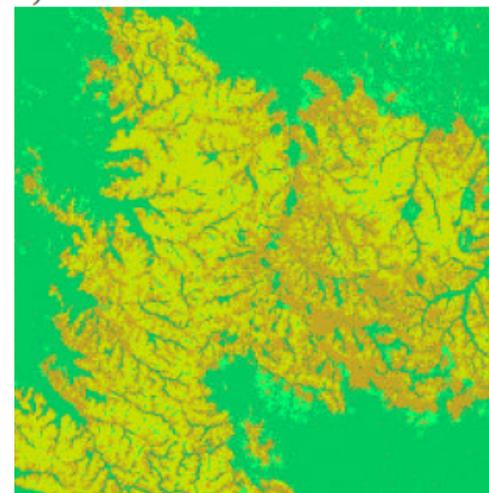
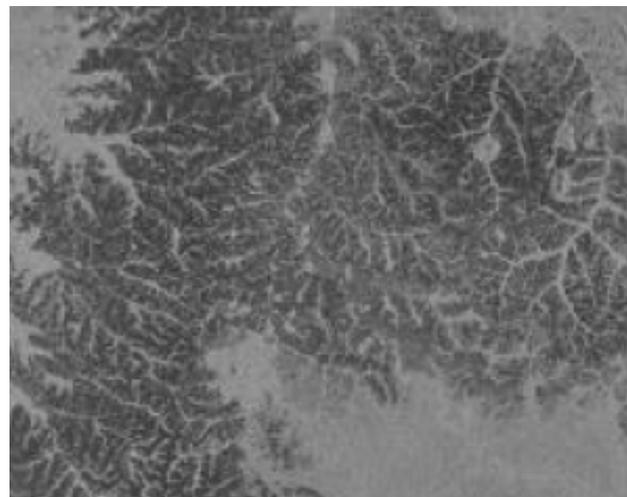


# Estudios de la Vegetación

# Cubierta Terrestre y Cambios en el Uso del Suelo en el Brasil – Polarización Singular



Forest  
Regrowth  
Nonforest



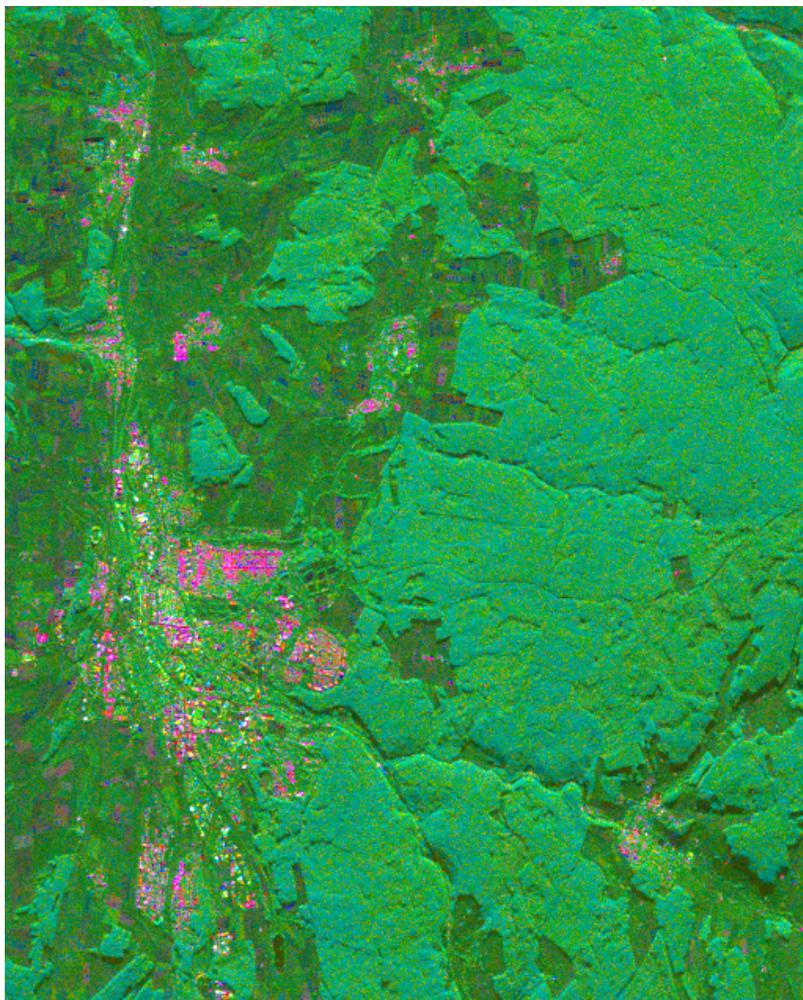
Forest  
Regrowth  
Non-woody Savanna  
Woody Savanna

Brasil  
datos de JERS-1 L-  
band 100 metros de  
resolución

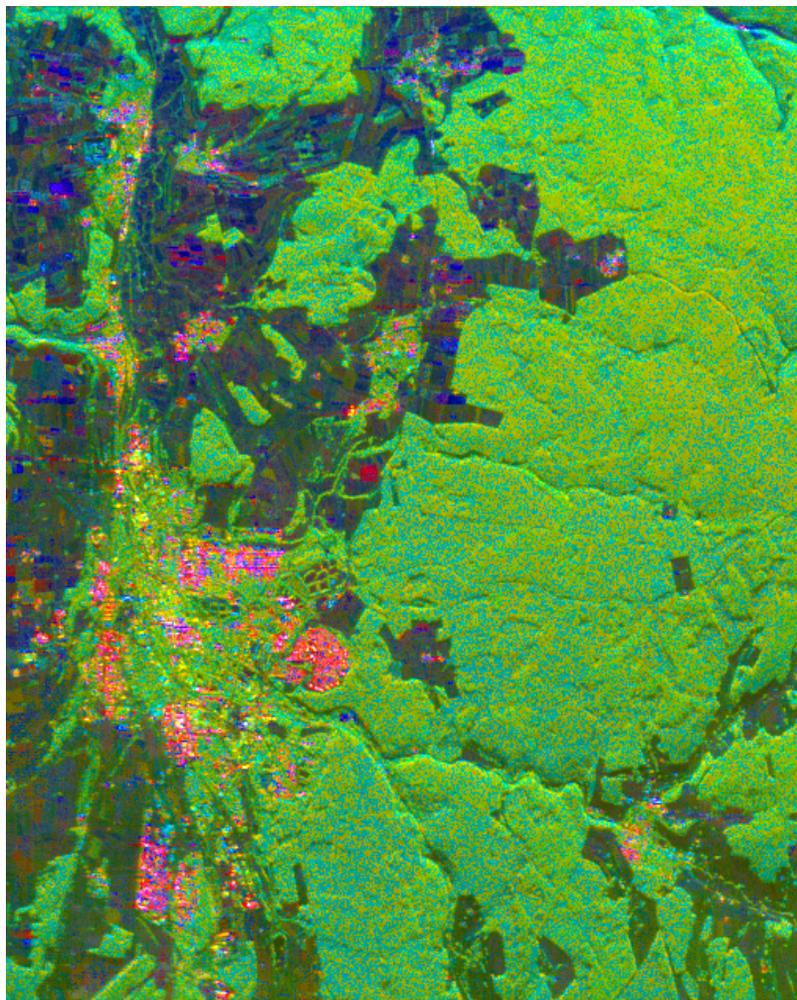
Fuente: E. Podest, JPL



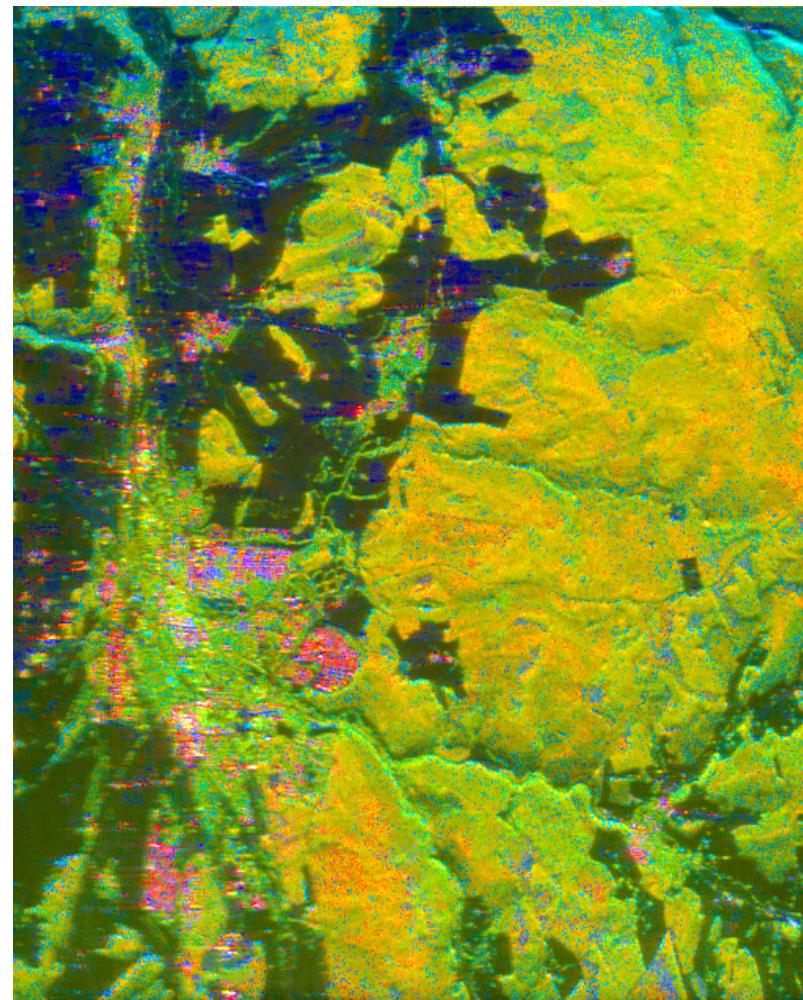
# Cubierta Terrestre y Cambios en el Uso del Suelo – Polarizaciones Múltiples



**C-Band**



**L-Band**

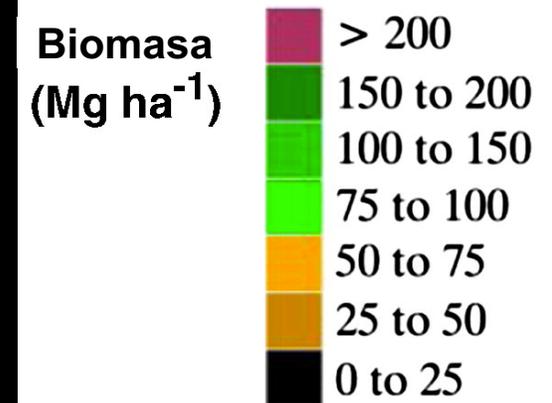
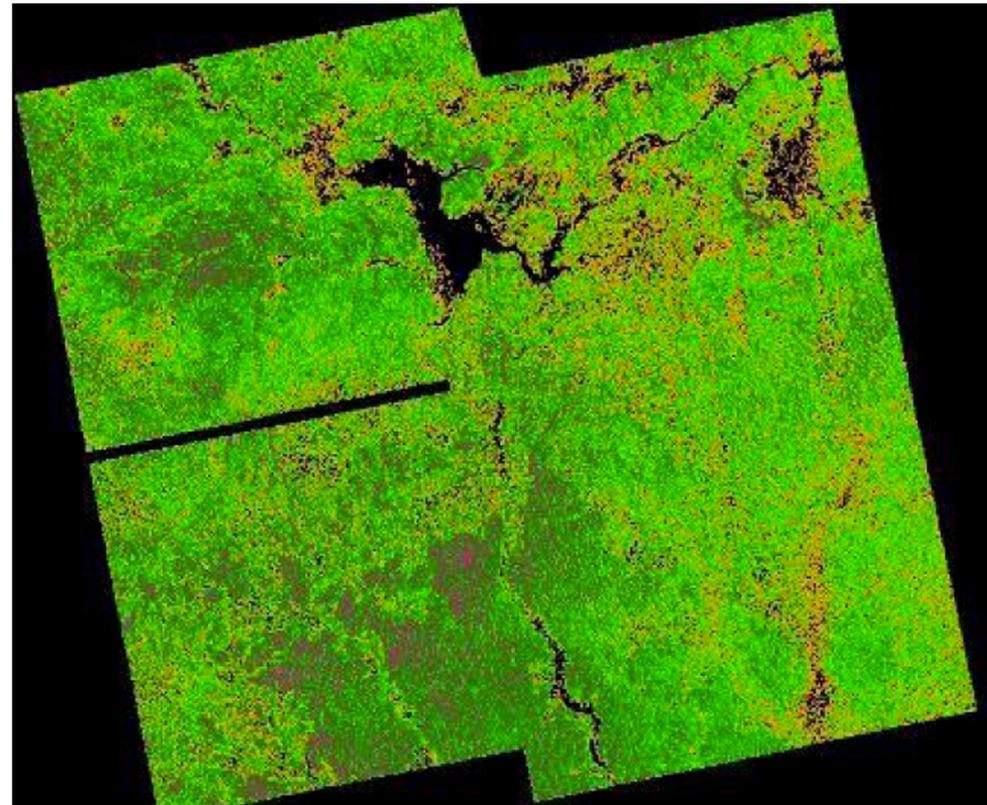


**P-Band**



# Mapeo de Biomasa sobre el Nivel del Suelo

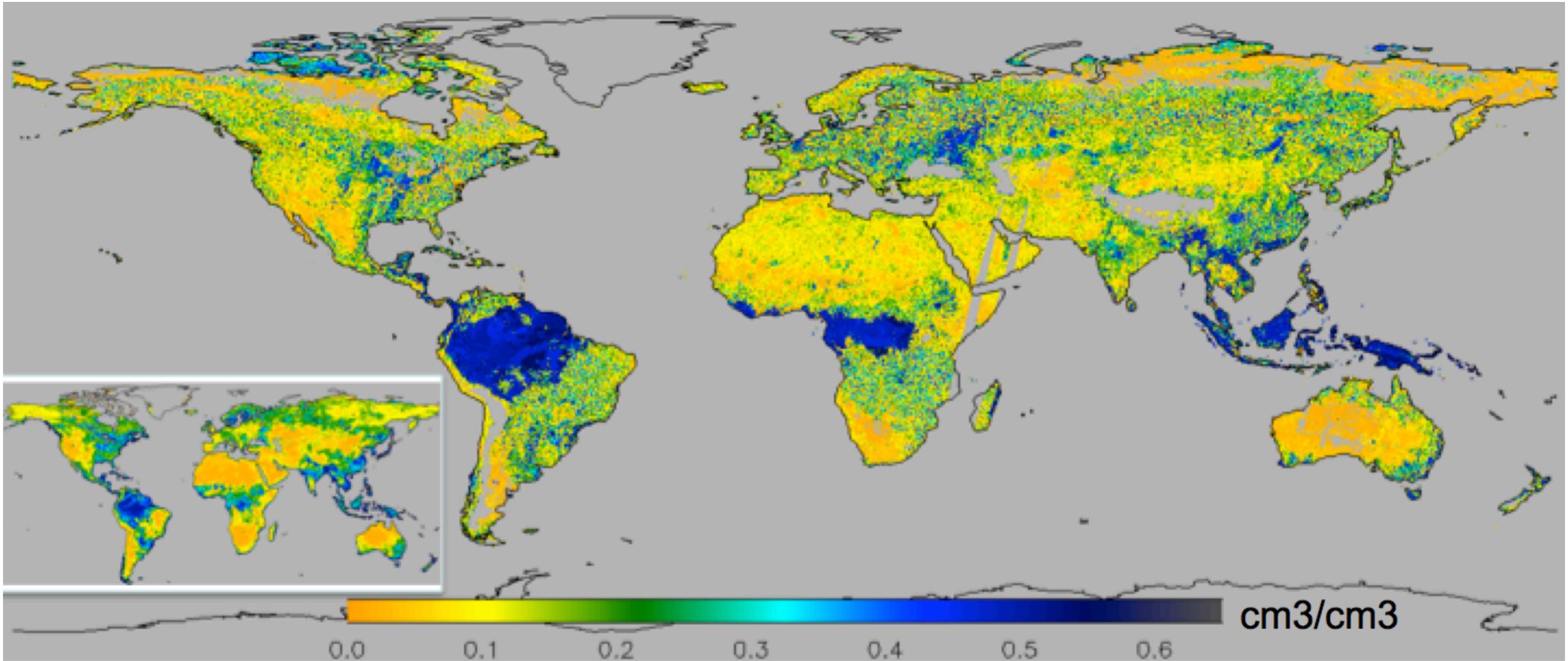
Mapa de biomasa sobre el Parque Nacional Mbam Djerem en Camerún  
Derivado de datos de ALOS PALSAR de 2007 y la calibración de campo

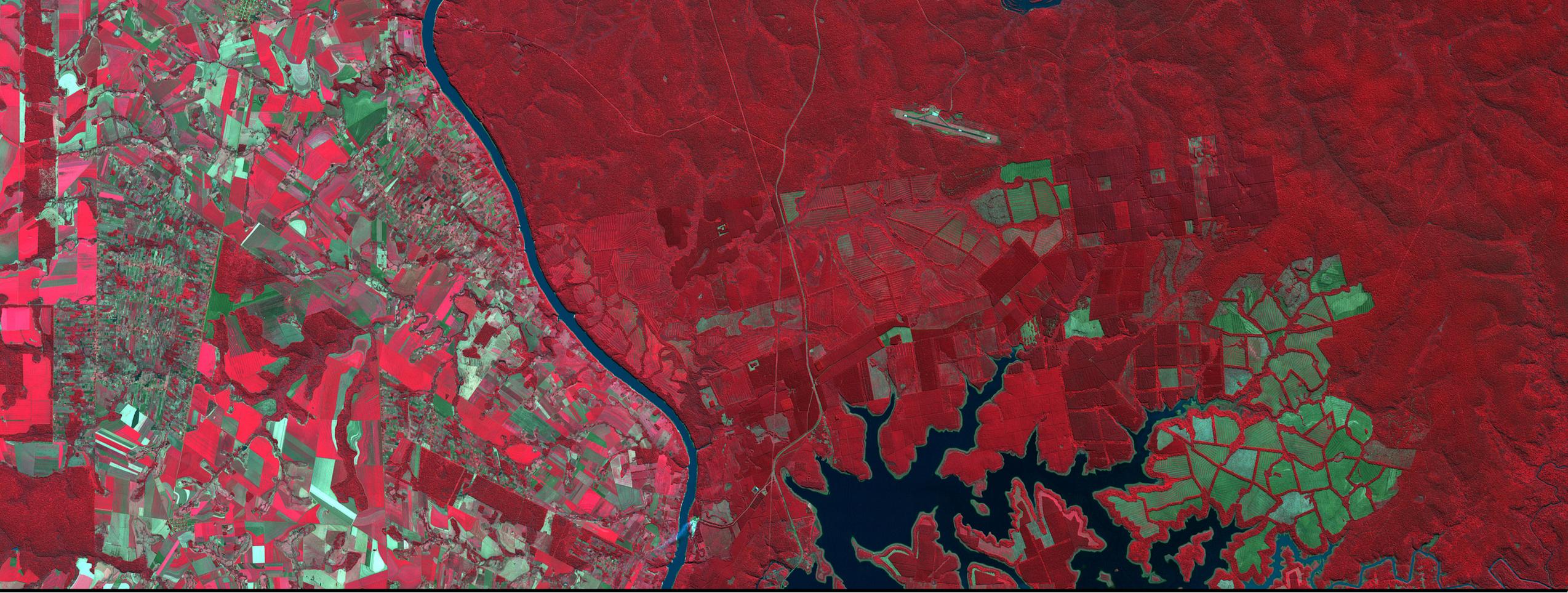


Mitchard, E., et al. (2011). Measuring biomass changes due to woody encroachment and deforestation/degradation in a forest-savanna boundary region of central Africa using multi-temporal L-band radar backscatter. *Remote Sensing of Environment*, 115(11), 2861-2873. doi:10.1016/j.rse.2010.02.022



# Humedad del Suelo del Radar SMAP– 19 a 26 de junio de 2015

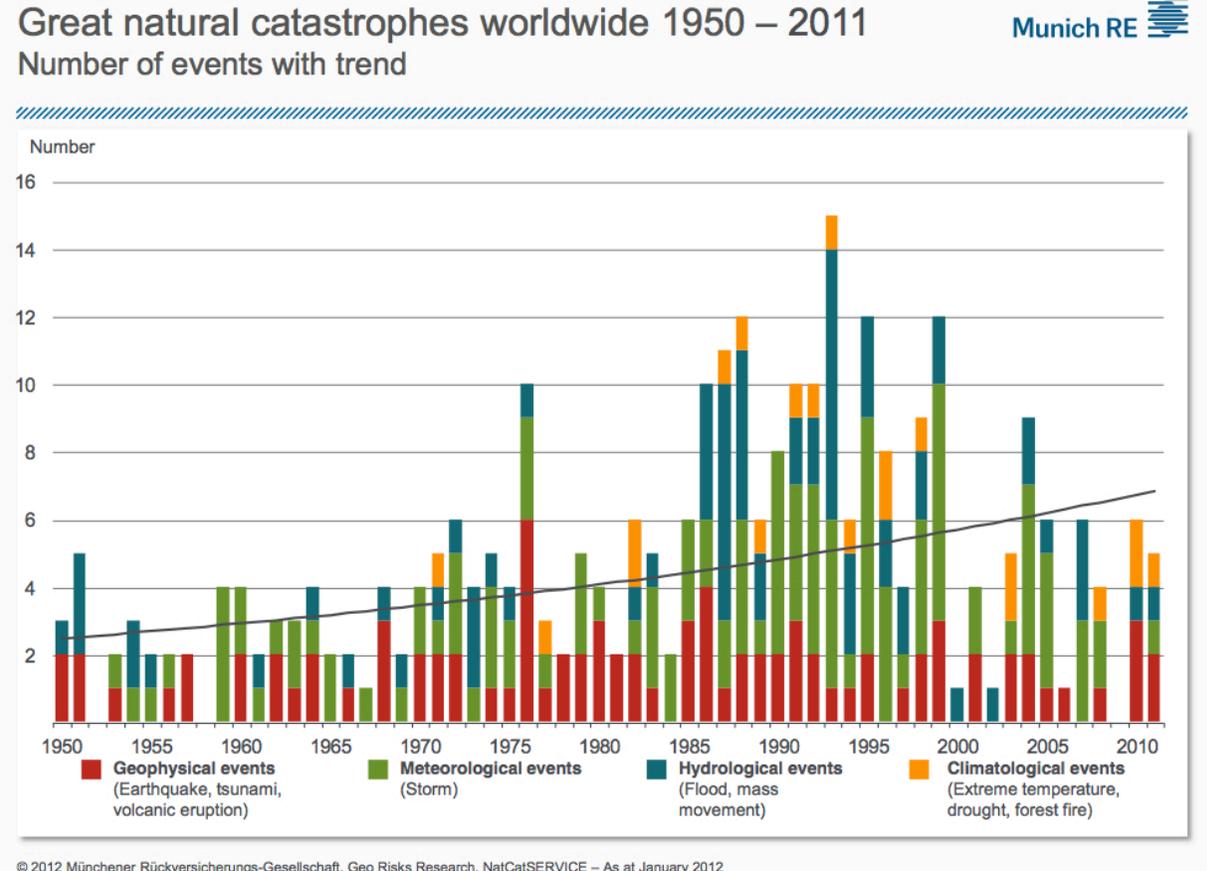




# Monitoreo de Desastres

# SAR para el Monitoreo de Desastres Naturales

- Grandes desastres naturales (miles de vidas perdidas o pérdidas económicas mayores) desde 1950 desglosados por categoría.
- Los eventos geofísicos, meteorológicos e hidrológicos conforman la mayoría de éstos
- No hay un solo radar óptimo que satisfará todas las necesidades de monitoreo de desastres
- La elección de frecuencia, resolución, ancho de barrido, capacidad, interferométrica etc. varía dependiendo del tipo de desastre



# Las Diferentes Plataformas y Requisitos Sensoriales

| Desastre                  | Requisitos Informáticos  | Plataforma y Requisitos Sensoriales  |
|---------------------------|--|--|
| Inundación                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mapas diarios de extensión de inundación (50 m)</li> <li>Nivel de inundación (exactitud vertical de 20 cm)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ondas de longitud de radar polarimétrico (5-25 cm) con resolución moderada y barrido ancho</li> <li>Interferómetro de un solo pase (0.5-5 cm)</li> </ul>  |
| Volcán                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Deformación diaria con exactitud de 0.5 cm</li> <li>Mapa de extensión de flujos de lava, lahares etc. A 5-10 m de resolución</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad de radar de pasos repetidos de longitud de onda adecuada (12-40 cm). Requiere control de trayectoria de plataforma y antena adecuada.</li> <li>Imágenes polarimétricas y una combinación de detección de cambios coherente e incoherente. Necesita suficiente ancho de banda para obtener looks para un producto de 10 m</li> </ul> |
| Terremoto                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Observaciones de deformación persistentes para 48-72 hrs después de un evento (0.5 cm)</li> <li>Evaluación de daños usando una imagen de referencia (5-10 m de resolución)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad de radar de pasos repetidos de longitud de onda adecuada (12-40 cm).</li> <li>Correlación de uso cambia don diferentes polarizaciones</li> </ul>  |
| Derramamiento de Petróleo | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mapas diarios o más frecuentes de extensión y espesor del derrame (20 m de resolución)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Polarimétrico con excelente equivalente de ruido <math>\sigma^0</math> y barrido ancho</li> </ul>   |
| Incendio                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mapas de extensión de incendio de cada hora (10 m)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Radar polarimétrico de barrido ancho con buena resolución y capacidad de observaciones persistentes</li> </ul>  |



# Ejemplo de Plataforma/Sistema de Sensor

- **UAVSAR** es un SAR de banda-L, completamente polarimétrico que emplea una antena de escaneo electrónico
- Su diseño incorpora:
  - Autopiloto de precisión desarrollado por NASA Dryden que permite que la plataforma vuele trayectorias repetidas mayormente dentro de un tubo de 5 m
  - Compensa por los cambios de ángulo de orientación durante y entre trayectorias repetidas dirigiendo la antena electrónicamente basado en cambios de ángulo de orientación medidas por el INU

| Característica              | Valor   |
|-----------------------------|---|
| Frecuencia                  | L-Band 1217.5 – 1297.5 MHz                          |
| Ancho de Banda              | 80 MHz  |
| Resolución                  | 1.67 m Rango, 0.8 m Acimut                          |
| Polarización                | Polarización Cuadr. Completa                        |
| Bits ADC                    | BFPQ 2, 4, 6, 8, 10 y 12 bit a seleccionar, 180 MHz |
| Forma de Onda               | Chip Nominal / Forma Arbitraria                     |
| Apertura de Antena          | 0.5 m rango, 1.5 acimut (eléctrica)                 |
| Dirección Acimut            | Mayor que $\pm 20^\circ$ ( $\pm 45^\circ$ meta)     |
| Potencia de Transmisión     | > 3.1 kW  |
| Aislamiento de Polarización | < -25 dB (< -30 dB meta)                            |
| Ancho de Barrido            | > 23 km   |



# Una red de Sensores de Incendios Forestales Con UAVSAR Fire Alert

UAVSAR Activado por alerta



Sensor Alert Service provided by MODIS RapidFire or a ground observer



La ubicación exacta de los incendios permite la respuesta autónoma de otros recursos como EO-1 para adquirir datos sobre el incendio

Se programa una nueva toma de datos con UAVSAR



DEMs y mapas de la vegetación históricos obtenidos de otros servicios de observación con sensores OGC



**Comienza el vuelo UAVSAR**

Autonomía o nuevos pedidos cambian el plan de vuelo



Se generan mapas de extensión de incendio en tiempo real y se manda la alerta



Acaba el vuelo



Se pone la plenitud de datos SAR a disposición y se envía la alerta



# Una red de Sensores de Incendios Forestales Con UAVSAR Fire Alert



Mapa del Incendio Station de 2009 producido de dos tomas de datos con UAVSAR. El área blanca es un mapa de quemas derivado de SAR y el borde azul un mapa post-quema del Servicio Forestal de EEUU. [Minchew, *et al.*]

Se programa una nueva toma de datos con UAVSAR



DEMs y mapas de la vegetación históricos obtenidos de otros servicios de observación con sensores OGC



## Comienza el vuelo UAVSAR

Autonomía o nuevos pedidos cambian el plan de vuelo



Se generan mapas de extensión de incendio en tiempo real y se manda la alerta



Acaba el vuelo

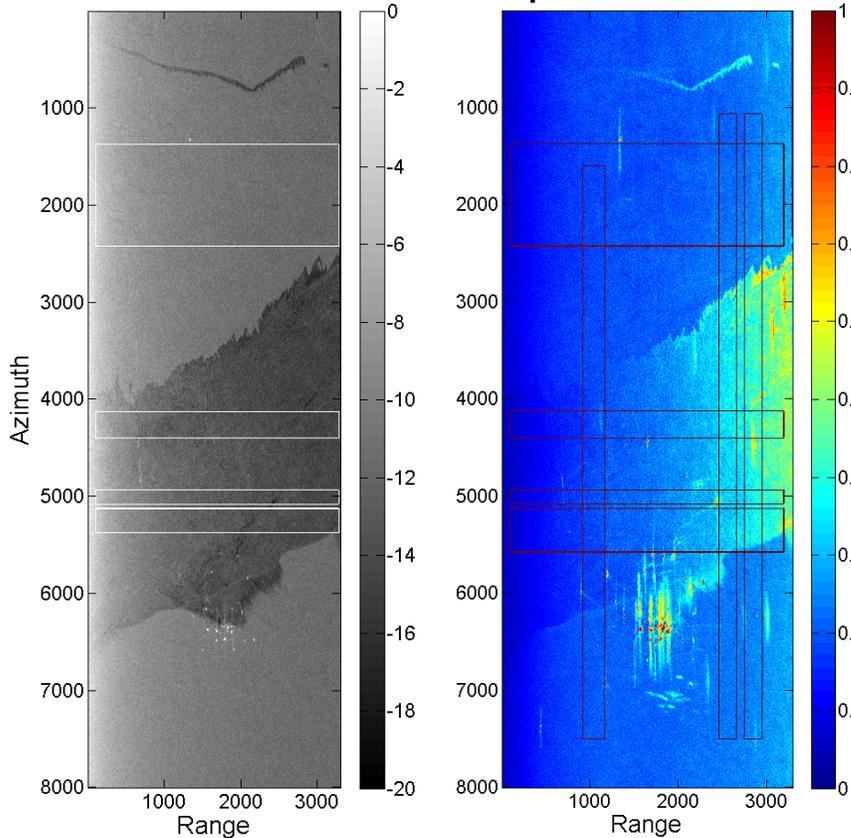


Se pone la plenitud de datos SAR a disposición y se envía la alerta

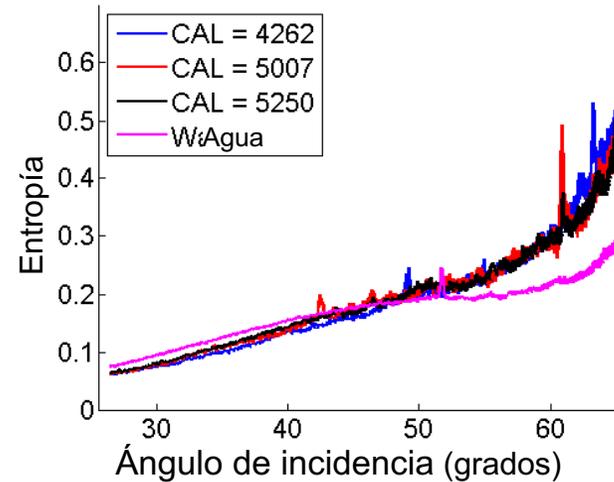


# UAVSAR- Campaña del Derrame de Petróleo Deepwater Horizon

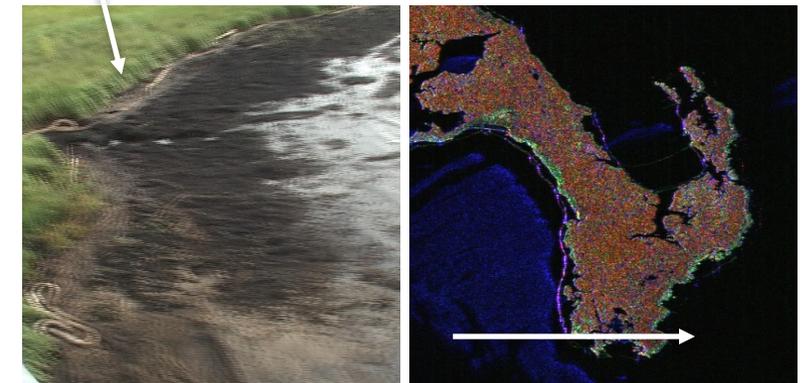
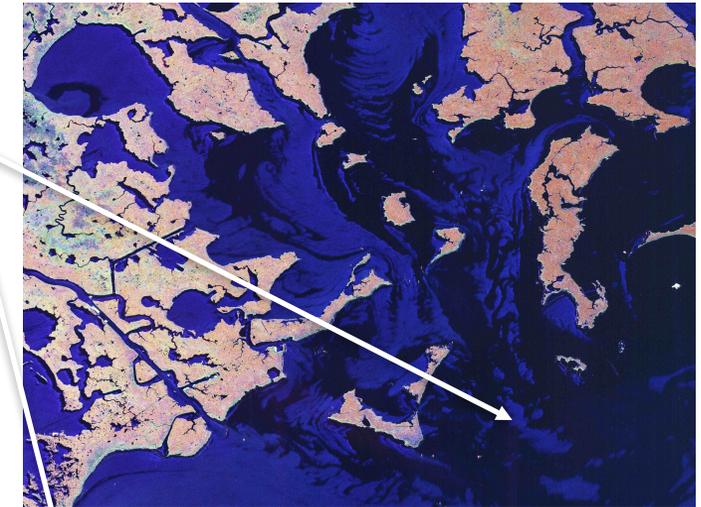
## Caracterización de derrames de petróleo



Se está usando datos fidedignos de barcos y helicópteros para validar los algoritmos basados en POLSAR para la detección de petróleo en la vegetación y en aguas interiores



## Intrusión del Petróleo en los Humedales

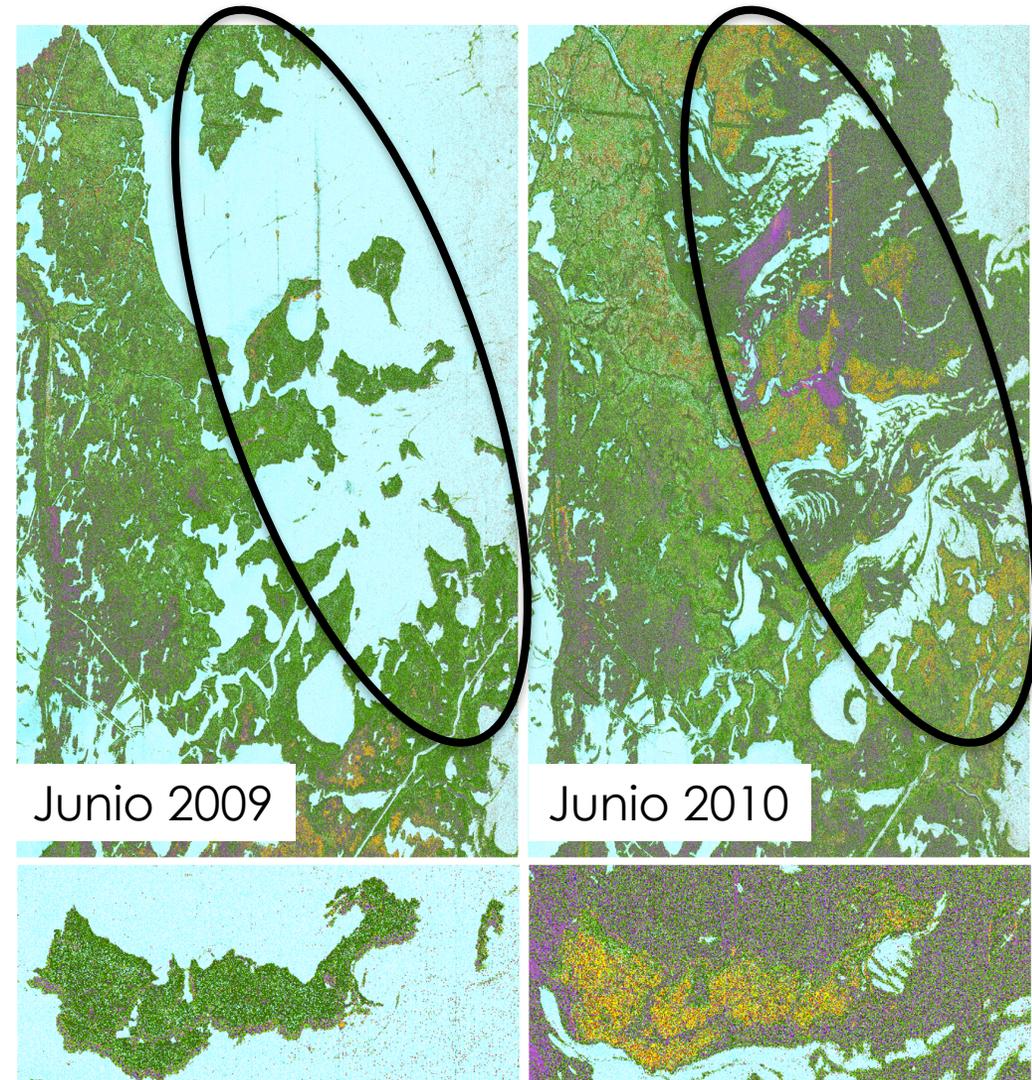


# Impacto en los Humedales

## Descomposición Cloude-Pottier (H, $\alpha$ ,A)

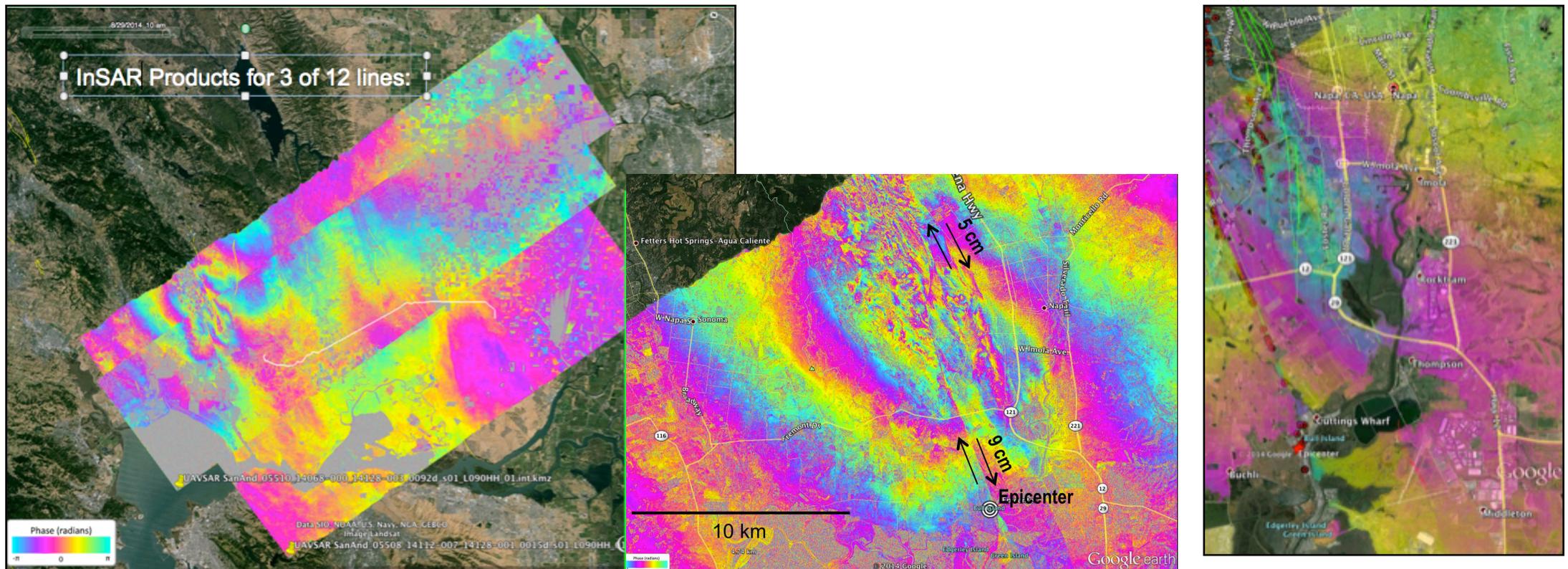


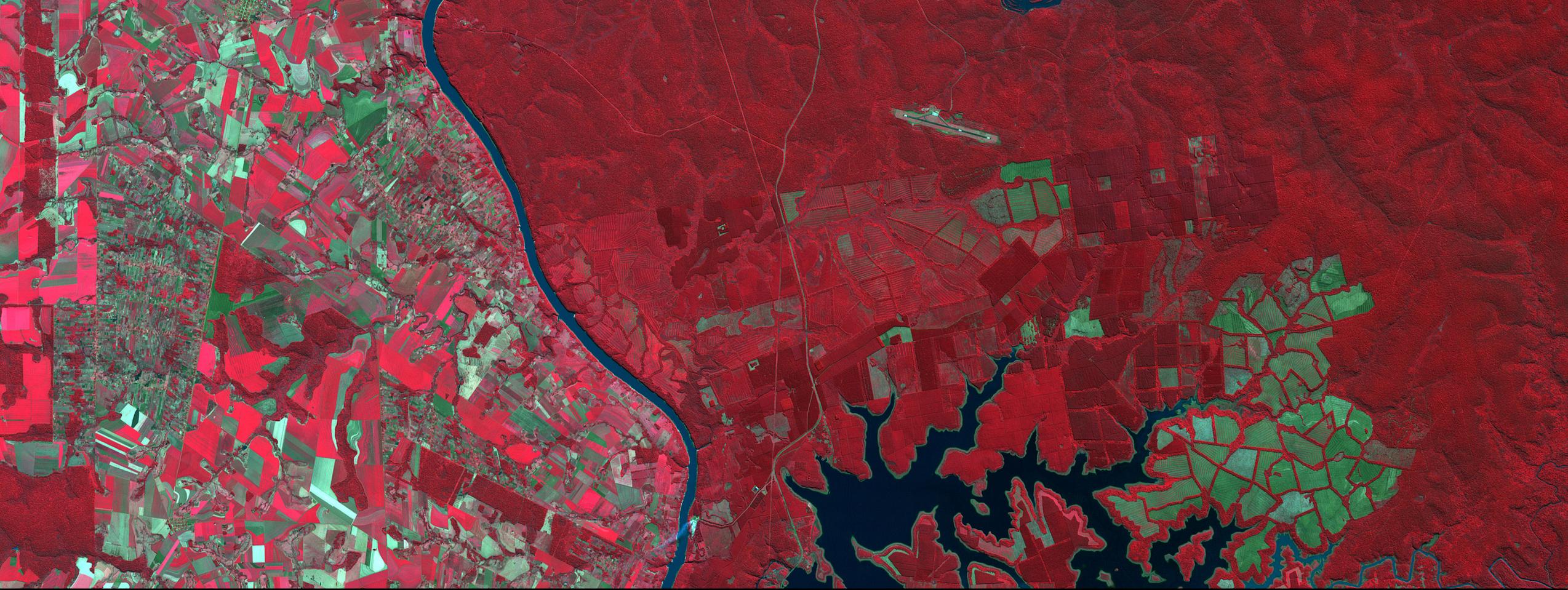
|   |                               |   |                               |   |                               |   |                               |
|---|-------------------------------|---|-------------------------------|---|-------------------------------|---|-------------------------------|
| □ | <i>Class 0:Zone 3</i>         | □ | <i>Class 9:Zone 1 Low An</i>  | ■ | <i>Class 5:Zone 6 High An</i> | ■ | <i>Class 13:Zone 6 Low An</i> |
| ■ | <i>Class 1:Zone 1 High An</i> | ■ | <i>Class 10:Zone 2 Low An</i> | ■ | <i>Class 6:Zone 7 High An</i> | ■ | <i>Class 14:Zone 7 Low An</i> |
| ■ | <i>Class 2:Zone 2 High An</i> | ■ | <i>Class 11:Zone 4 Low An</i> | ■ | <i>Class 7:Zone 8 High An</i> | ■ | <i>Class 15:Zone 8 Low An</i> |
| ■ | <i>Class 3:Zone 4 High An</i> | ■ | <i>Class 12:Zone 5 Low An</i> | ■ | <i>Class 8:Zone 9 High An</i> | ■ | <i>Class 16:Zone 9 Low An</i> |
| ■ | <i>Class 4:Zone 5 High An</i> |   |                               |   |                               |   |                               |



# UAVSAR- Respuesta Rápida a un Terremoto

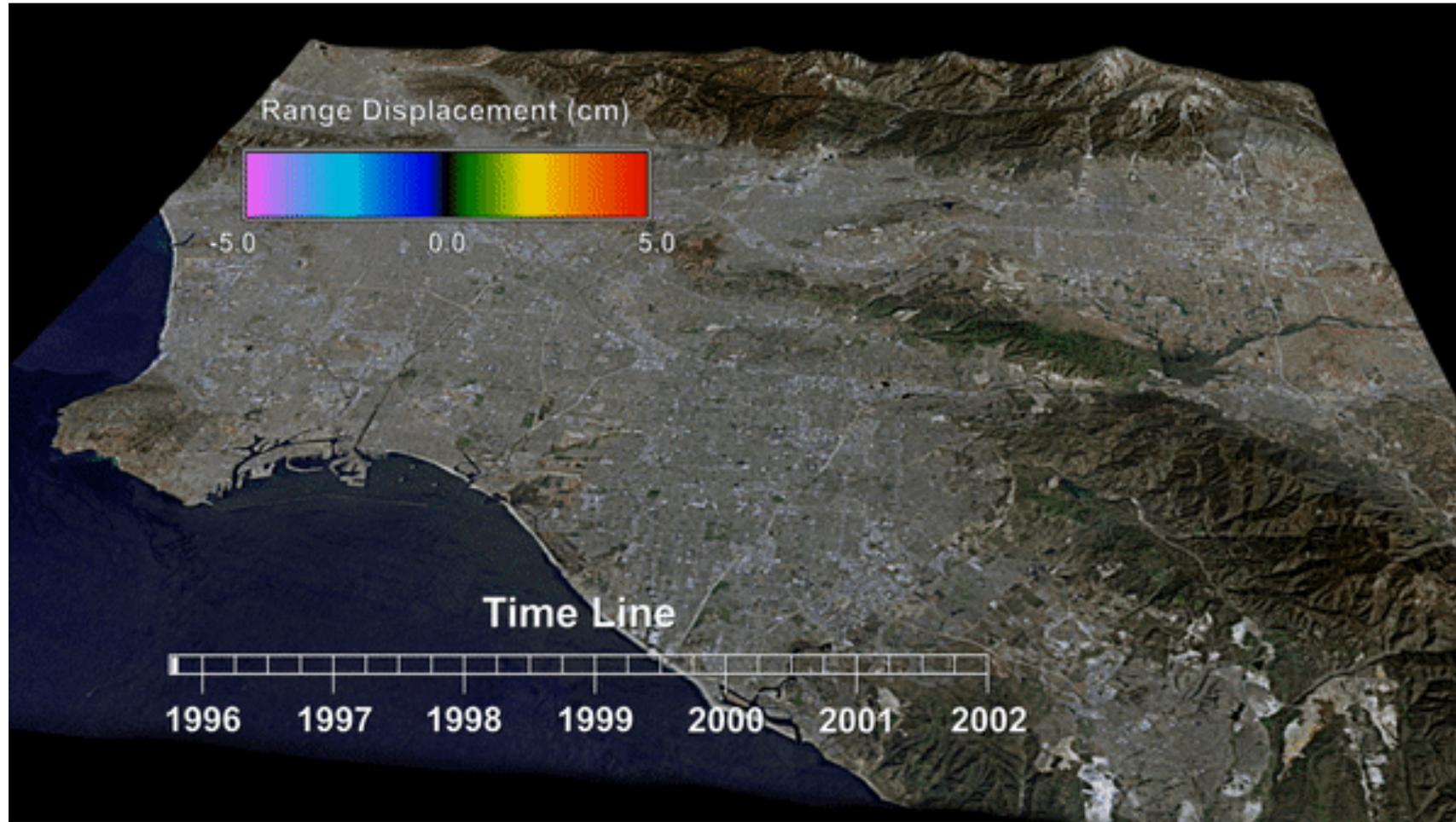
La utilización rápida el 29/8/14 para capturar movimientos co-sísmicos y post-sísmicos de l temblor M 6.0 en el sur del Valle Napa que ocurrió el 24/8/14 en apoyo a los intervinientes en el campo y para evaluar los daños resultantes





Hundimiento del Terreno

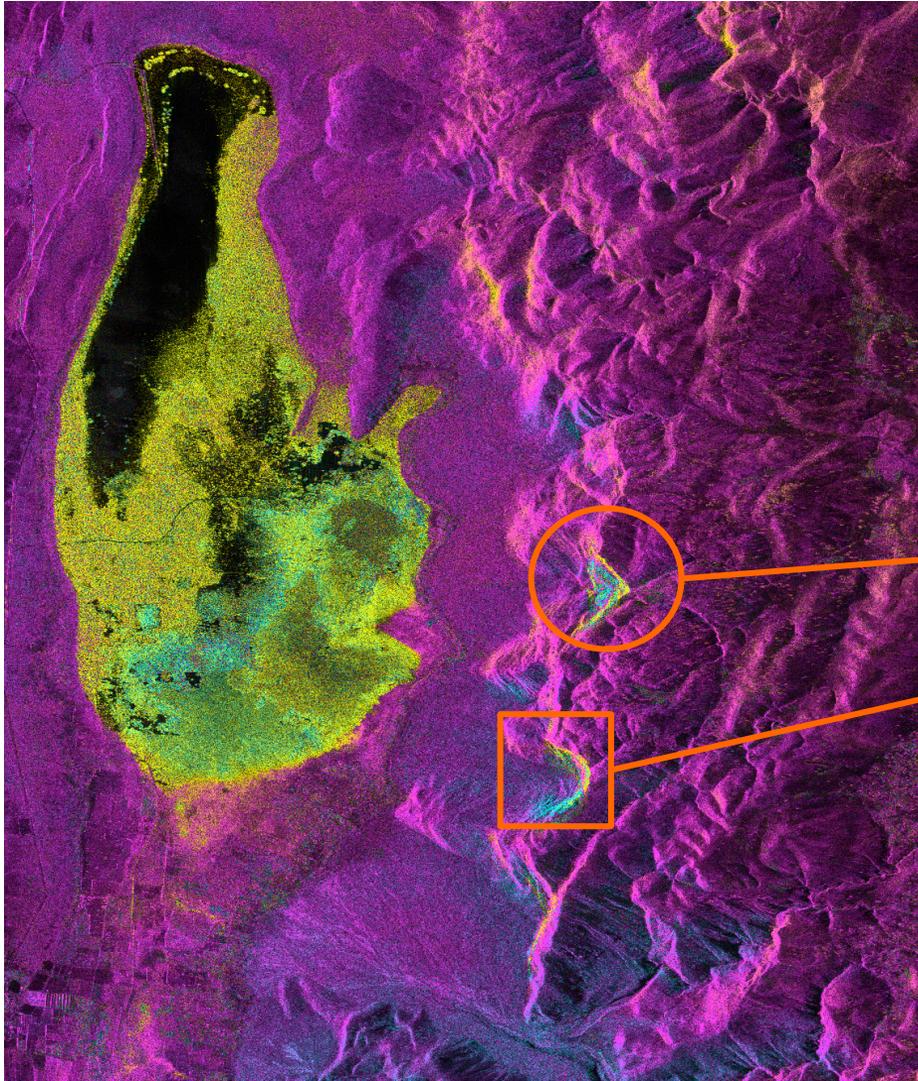
# Monitoreando la Cuenca de Los Ángeles



Credit: Vince Realmuto and Paul Lundgren, JPL



# Identificando Posibles Derrumbes, Repetición de 16 Días



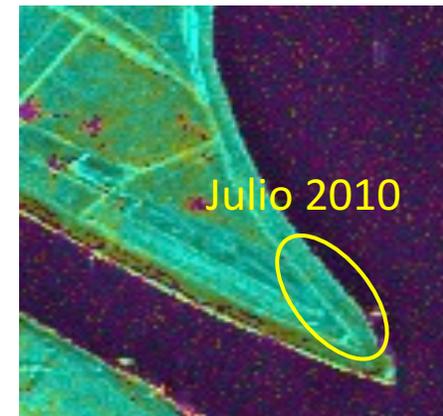
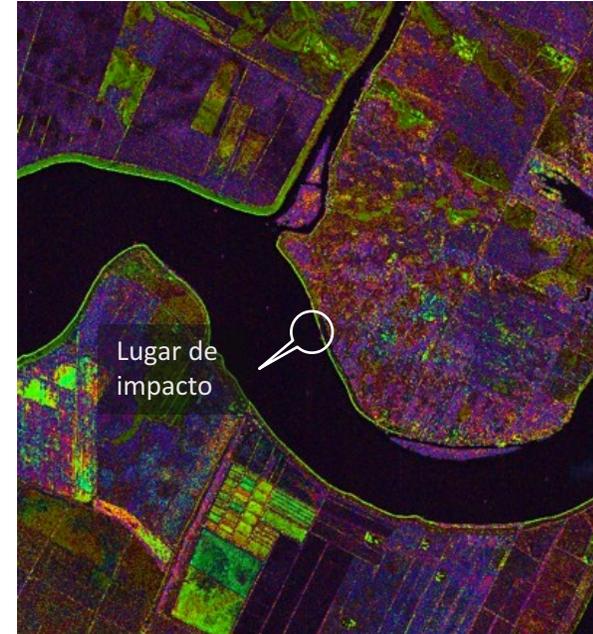
Áreas de posibles derrumbes detectados por UAVSAR. Los datos son de un rango de aprox. 2.5 m y 3.6 m en resolución de acimut



# Monitoreo de Diques en la Delta Sacramento-San Joaquín

- Se identificaron grietas en los diques con DInSAR
  1. El asentamiento post-reparación fue detectado y monitoreado
  2. Se identificaron puntos de infiltración con detección de cambios de coherencia; metodología de detección desarrollada
  3. Las tasas de hundimiento dentro de las islas se pueden medir a pesar de la descorrelación temporal y pueden mostrar hundimiento general a escala sub-isla

Reference: Cathleen E. Jones, G. Bawden, S. Deverel, J. Dudas, S. Hensley (2012). Study of movement and seepage along levees using DINSAR and the airborne UAVSAR instrument, Proc. SPIE 8536, SAR Image Analysis, Modeling, and Techniques XII, 85360E (November 21, 2012)



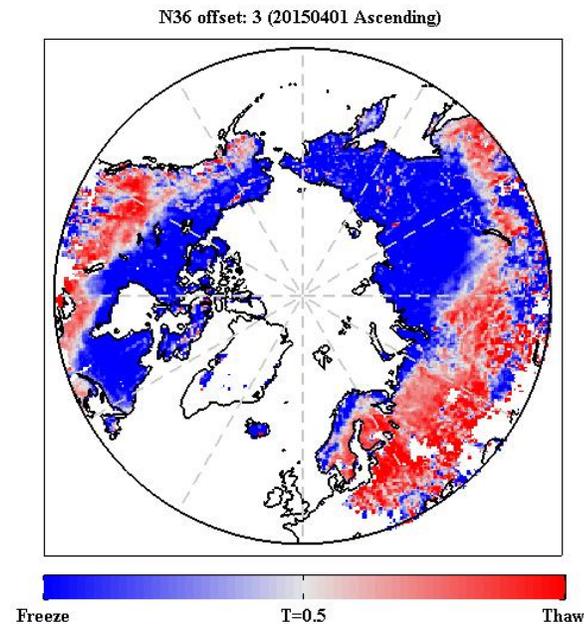


Criósfera

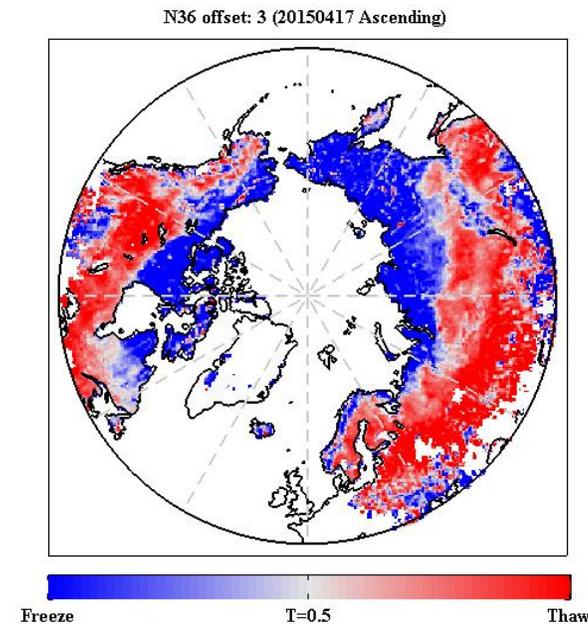
# Estado de Congelamiento/Descongelamiento de la Superficie Terrestre – Radar SMAP

Las relaciones de retrodispersión normalizadas, computadas usando las referencias de Aquarius, indican el cambio de congelamiento a descongelamiento en el hemisferio norte

1<sup>ro</sup> de abril de 2015



17 de abril de 2015

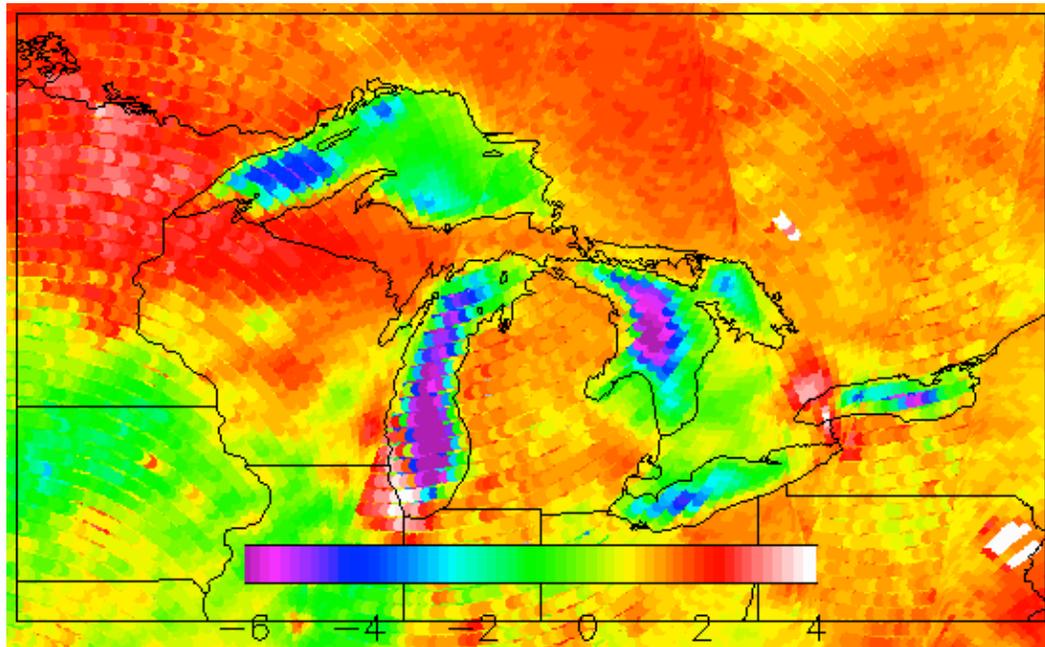


Referencias de retrodispersión a ser reemplazadas con los valores de SMAP

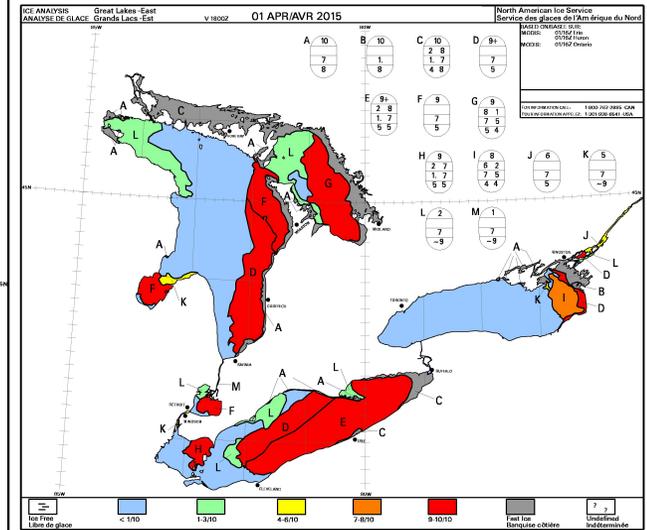
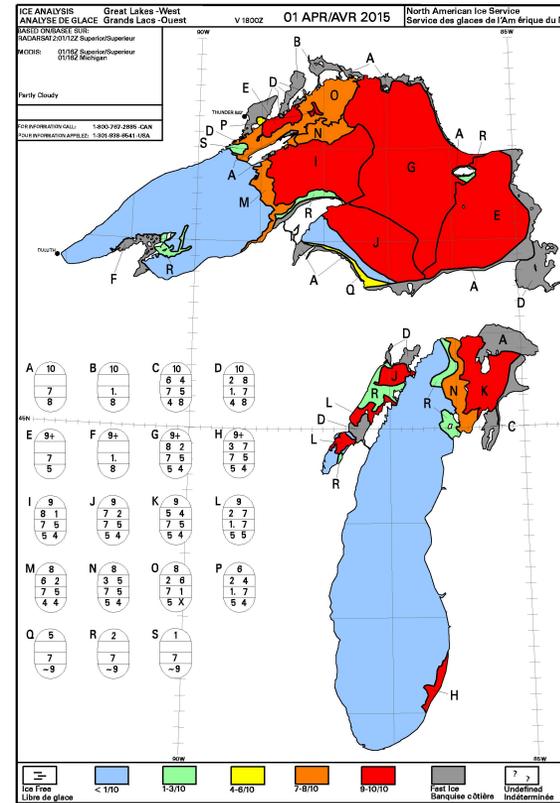


# Deshielo Lacustre – Radar SMAP

La relación HH/VV del Radar SMAP  
Indica deshielo en los Grandes Lagos



# Análisis de Hielo en Norteamérica



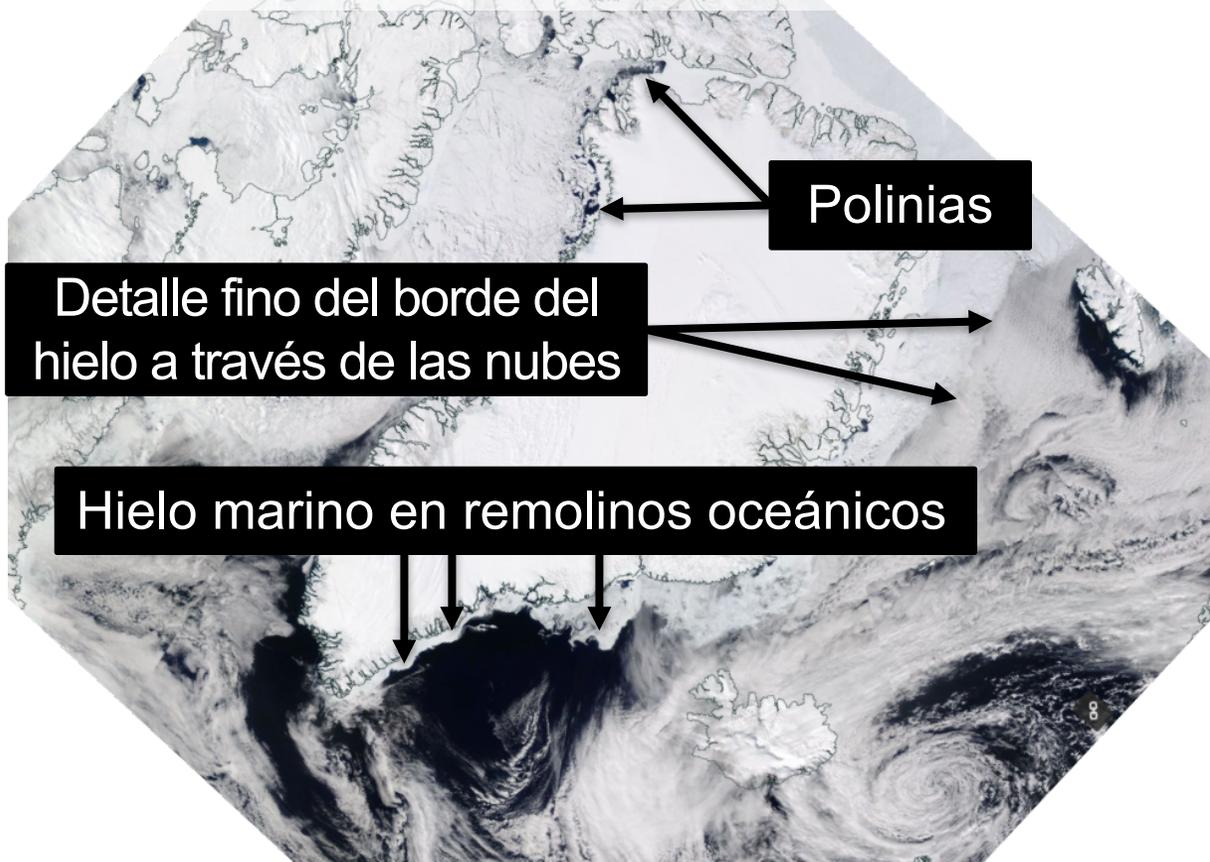
No hay Requisitos de SMAP para generar productos del Deshielo Lacustre

Courtesy of Sab Kim



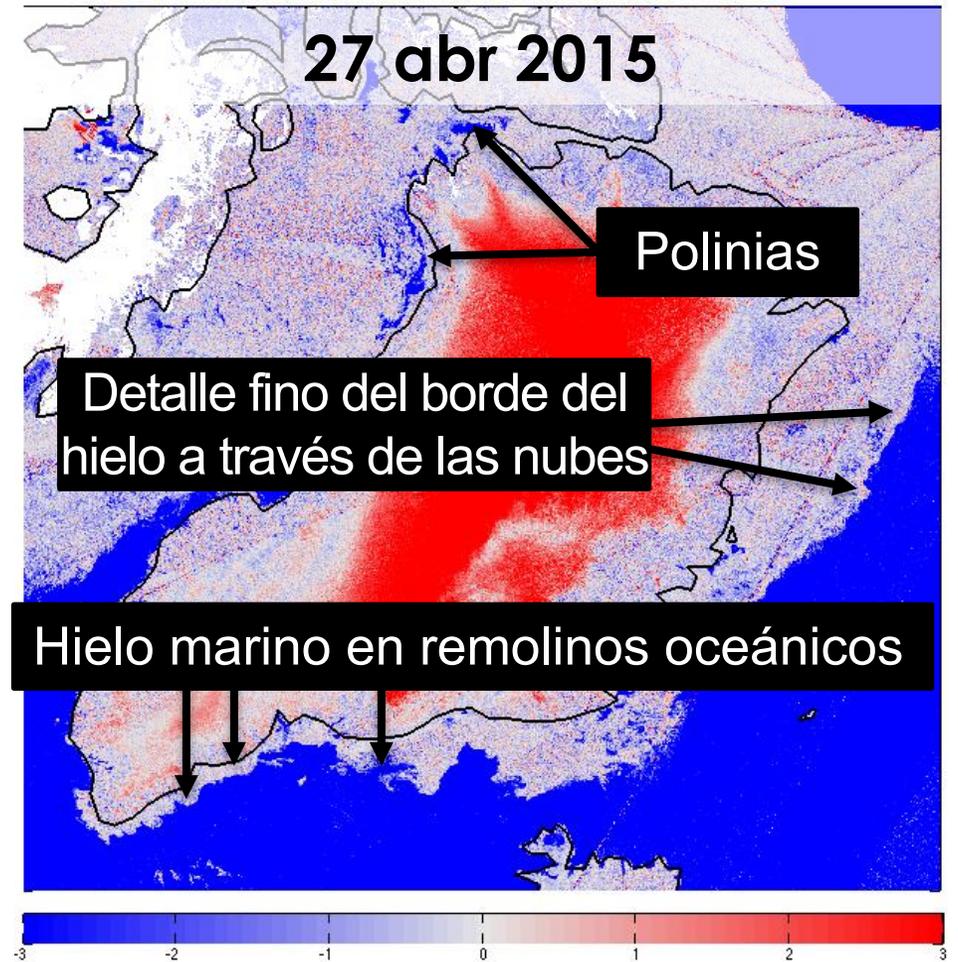
# Cubierta Helada Oceánica – Radar SMAP– Relación HH/VV

**Aqua (MODIS) Reflectancia Corregida (color real)**



Courtesy of Ian Fenty, JPL

SMAP-L3-FT-A-T11490-20150427D-N03-(hh-vv)

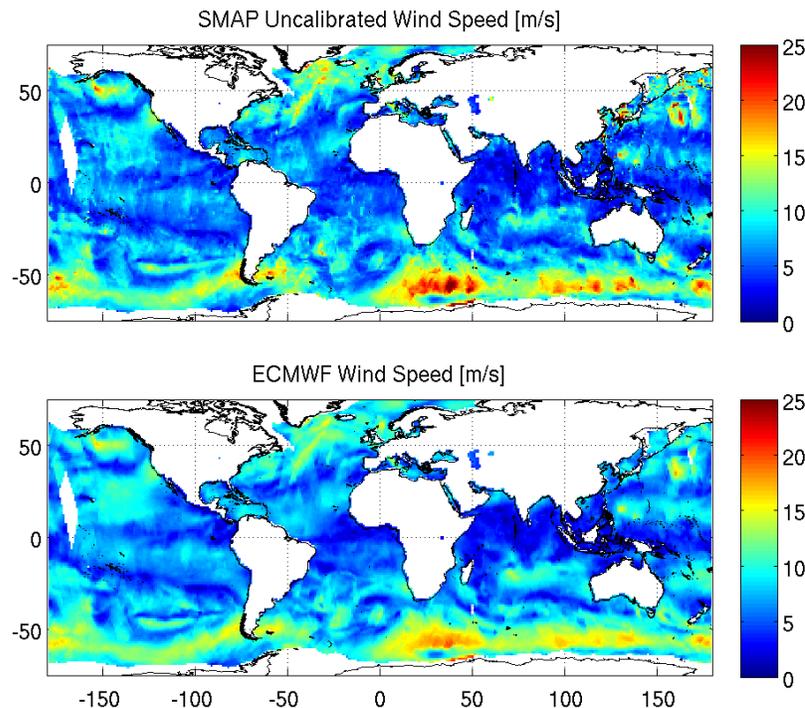




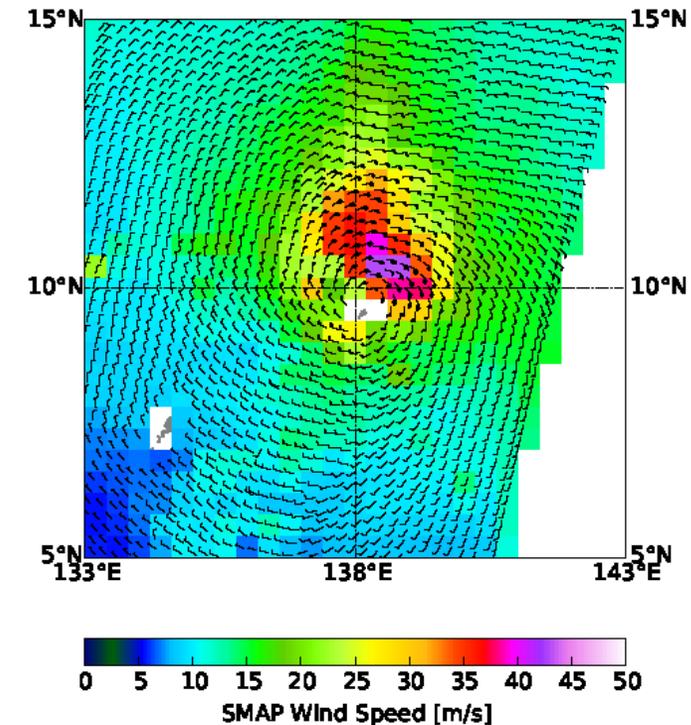
Océanos

# Vientos en la Superficie Oceánica: Radar SMAP

- Se usaron datos del radar SMAP para crear un producto de los vientos en la superficie oceánica
- Buen acuerdo con análisis ECMWF



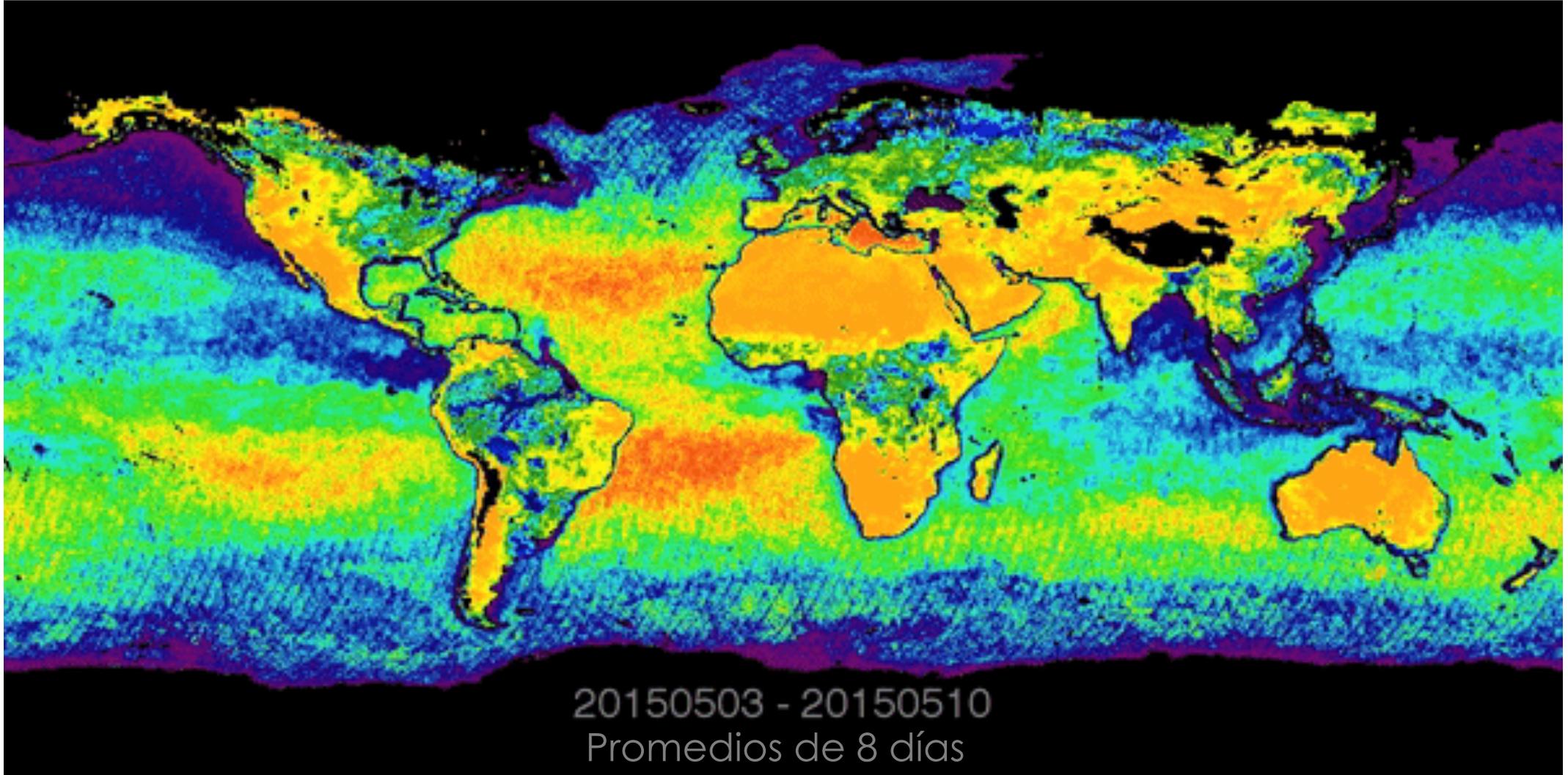
Viento del Radar SMAP para Supertifón Maysak en 2015-090

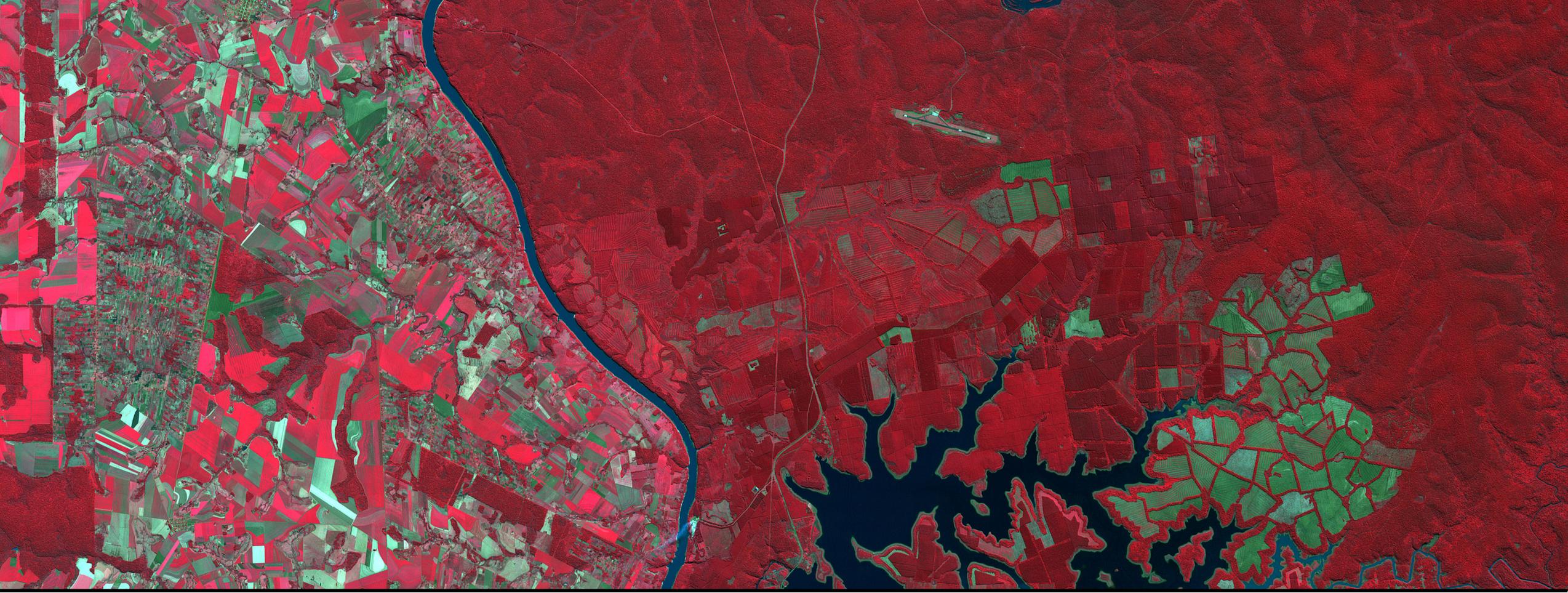


Cortesía del Programa Oceanográfico de Lindstrom



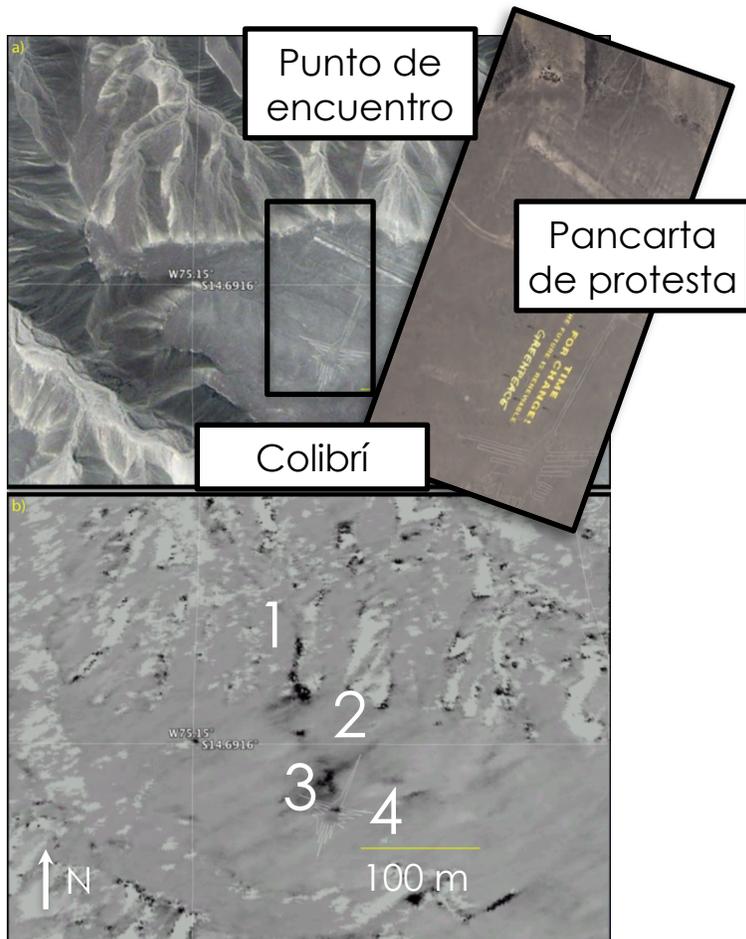
# Salinidad Superficial Marina: Radar SMAP





Cambios en la Cubierta Terrestre y la Infraestructura

# Líneas de Nazca: Perú



Se observan cinco indicios de disturbios:

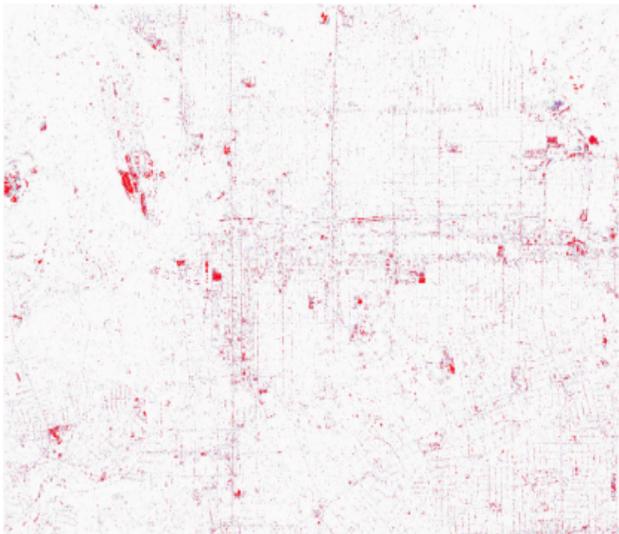
1. El camino de la carretera no asfaltada all norte
2. Donde los manifestantes se congregaron y guardaron su equipo
3. El área cerca del geoglifo colibrí
4. Descorrelación dentro de la cabeza del colibrí
5. Áreas de descorrelación donde el declive es empinado y puede haber erosión natural

Lo negro corresponde a la descorrelación entre las dos observaciones de UAVSAR (marzo 2013 – marzo 2015), mientras los tonos de gris representan áreas de descorrelación mínima

Chapman, B. D., et al. (2015). The Measurement by Airborne Synthetic Aperture Radar (SAR) of Disturbance Within the Nasca World Heritage Site. *Conservation and Management of Archaeological Sites*, 17(3), 270-286. doi:10.1080/13505033.2015.1129801



# Pasadena, California



- Resultados de la detección de cambios en Pasadena usando datos de UAVSAR multi-temporales y polarimétricos
- Imagen Superior: Sitio de estudio representado por una descomposición Freeman-Durden
  - rojo: doble rebote
  - verde: dispersión por volumen
  - azul: rebote irregular
- Imagen Inferior: cambios detectados usando una relación de probabilidad máxima (representado en rojo)

Duk-jin Kim, Scott Hensley, Sang-Ho Yun, and Maxim Neumann, "Detection of Durable and Permanent Changes in Urban Areas Using Multi-Temporal Polarimetric UAVSAR Data", submitted to Geoscience Remote Sensing Letters.

