

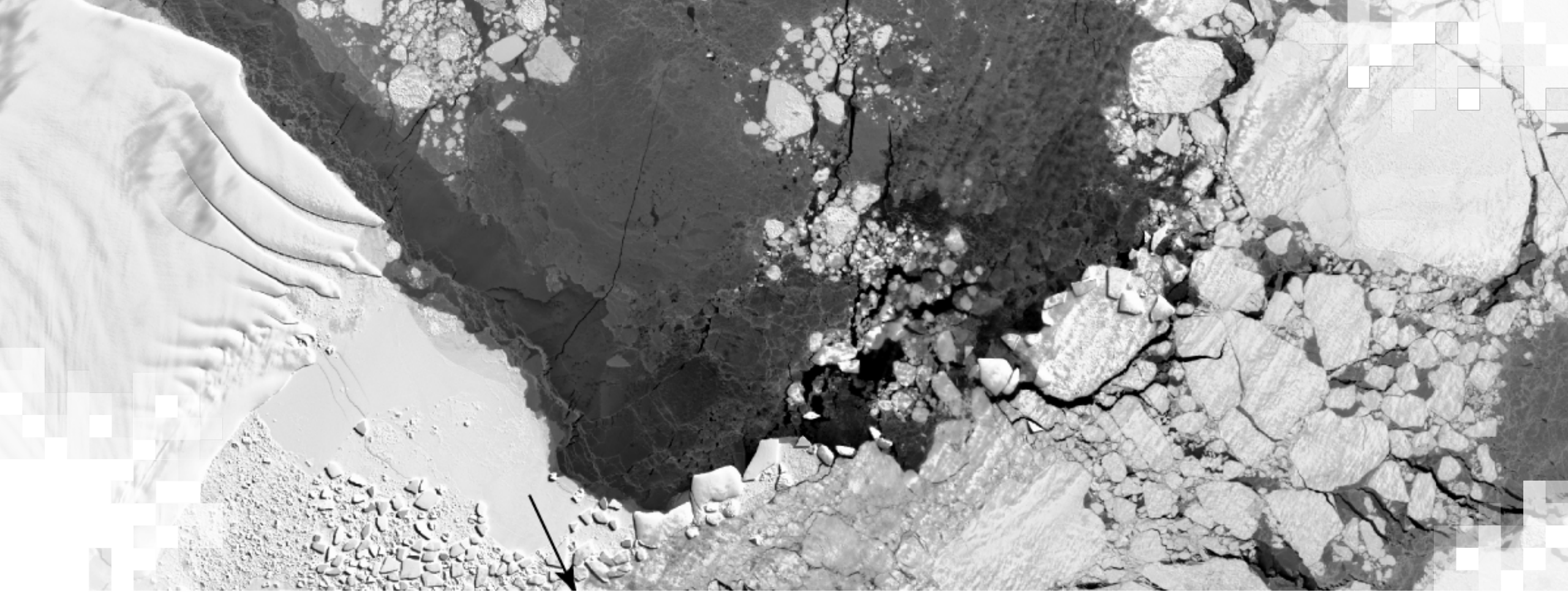
SAR para la Detección y el Monitoreo de Inundaciones, el Hielo Marino y la Subsistencia del Suelo por Extracción de Agua

Medición de la Subsistencia del Suelo debido a la Extracción de Aguas Subterráneas con InSAR

Eric Jameson Fielding y Zhen Liu (Laboratorio de Propulsión a Chorro, Instituto Tecnológico de California)

31 de octubre de 2023





SAR para la Detección y el Monitoreo de Inundaciones, el Hielo Marino y la Subsistencia del Suelo por Extracción de Agua

Resumen

El Hielo Marino, las Inundaciones y la Extracción de Aguas Subterráneas Pueden Verse Desde el Espacio

- El objetivo de este webinar es que los participantes aprendan a utilizar SAR para detectar y hacer frente a posibles desastres relacionadas con el hielo marino, las inundaciones y la extracción de aguas subterráneas.
- Este tipo de sucesos pueden tener un gran impacto en las vidas humanas, las infraestructuras y la economía.
- SAR puede ser fundamental para informar sobre los esfuerzos en tierra en materia de mitigación de desastres y resiliencia.



Objetivos de Aprendizaje

Al final de esta capacitación, los participantes podrán:

- Generar mapas de subsidencia debido a la extracción de aguas subterráneas para informar sobre la gestión de riesgos y recursos.
- Detectar y monitorear el hielo marino para identificar posibles riesgos para la navegación y la erosión costera.
- Detectar inundaciones y monitorear más de cerca el aumento/disminución de estas para poder mejor informar sobre la respuesta y la gestión de desastres.



Esquema de la Capacitación

Sesión 1

Detección y
Monitoreo del
Hielo Marino con
SAR

Martes. Oct. 24, 2023

11:00-13:00 EDT
(UTC-4)

Sesión 2

Medición de la
Subsidencia del
Suelo debido a la
Extracción de Aguas
Subterráneas con
InSAR

Martes Oct. 31, 2023

11:00-13:00 EDT
(UTC-4)

Sesión 3

Detección y
Monitoreo de
Inundaciones con
SAR

Miércoles.. Nov. 1, 2023

11:00-13:00 EDT
(UTC-4)

Tarea

Abre Nov. 1– Fecha de Entrega Nov. 17 – En la pagina de esta capacitación

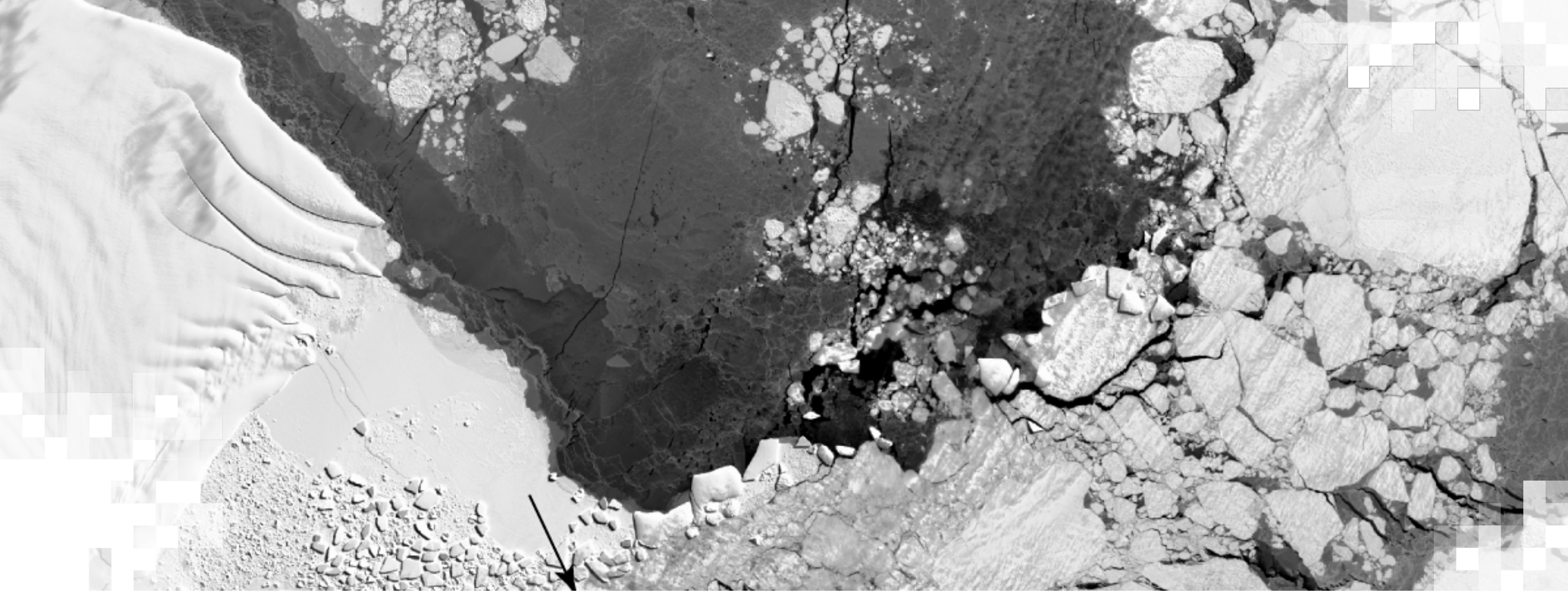
Aquellas personas que asistan a todas las sesiones en vivo y completen la tarea antes de la fecha límite fijada recibirán un certificado de participación.



Cómo Formular Preguntas

- Por favor, escriba sus preguntas en la ventana de Preguntas. Se encuentra abajo a la derecha, debajo de los tres puntos. Las responderemos al final de esta sesión.
- Puede escribir preguntas durante la presentación. Intentaremos responder todas las preguntas en la sesión de preguntas y respuestas que se llevará a cabo después de la presentación.
- El resto de las preguntas se responderán en el documento de preguntas y respuestas, que se publicará en la página de esta capacitación aproximadamente una semana después del cierre de la sesión.





2^{da} Sesión:

Medición de la Subsistencia del Suelo debido a la Extracción de Aguas Subterráneas con InSAR

Objetivos de la 2^{da} Sesión

Al finalizar la 2^{da} sesión, los participantes podrán:

- Entender la física básica de la interferometría SAR
- Describir qué es lo que la fase de SAR interferométrico nos dice sobre la superficie y la subsidencia de esta
- Describir el procesamiento necesario para analizar una serie temporal de mediciones de SAR interferométrico
- Entender la información que revelan las imágenes de SAR interferométrico sobre la subsidencia del suelo debido a la extracción de agua subterránea

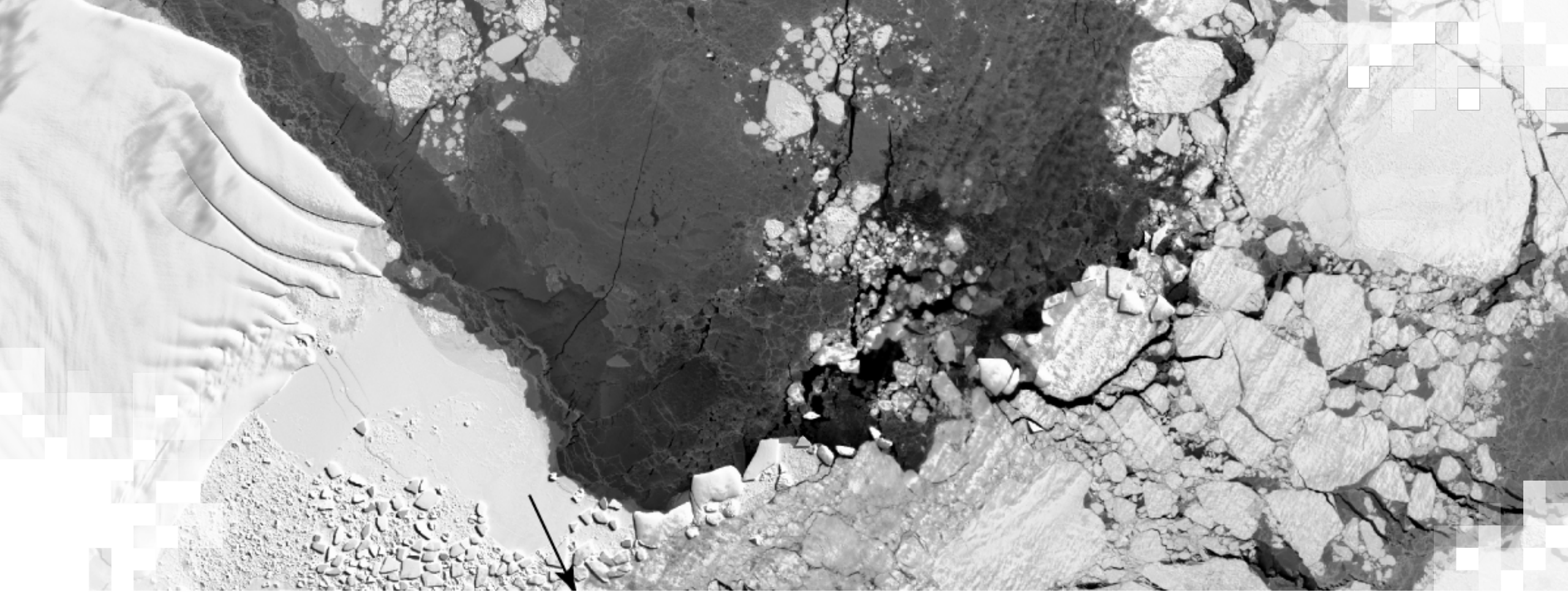


Prerrequisitos de ARSET

- [Conceptos Básicos del Radar de Apertura Sintética 2017](#)
- [Procesamiento y Análisis de Datos de SAR 2017](#)
- [Introducción a SAR Interferométrico 2017](#)
- [SAR Interferométrico para la Observación de Deslizamientos de Tierras 2019](#)

- También es útil ya que utiliza el mismo método de análisis:
 - [Evaluación de Desastres Usando Radar de Apertura Sintética 2022](#)





Teoría de SAR Interferométrico (Repaso)

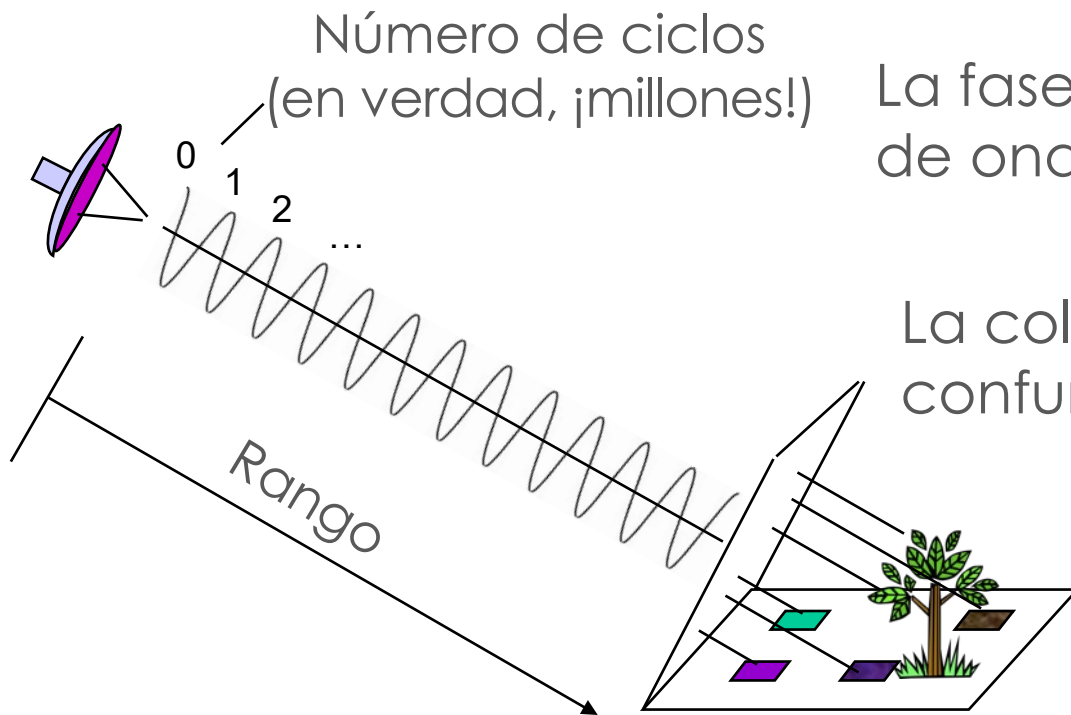
Teoría de SAR Interferométrico

- Breve repaso de la teoría de la interferometría de radar de apertura sintética
- Consultar la capacitación de ARSET de 2017 “[Introducción a SAR Interferométrico](#)” y la capacitación de ARSET de 2019 “[SAR Interferométrico para la Observación de Deslizamientos de Tierra](#)” para mas detalles
- En la Interferometría de SAR, todo está relacionado con la fase de la señal de SAR



Fase SAR– Una Medida del Rango y de la Complejidad de la Superficie

La fase de la señal de radar es el número **de ciclos de oscilación** que la onda ejecuta entre el radar y la superficie y de regreso.



La fase total es el rango bidireccional medido en ciclos de onda + el componente aleatorio de la superficie.

La colección de longitudes de trayectorias aleatorias confunde la fase del eco.

¡Solo la **interferometría** lo puede resolver!

Diapositiva modificada de Paul Rosen (JPL)



Un Resumen Básico de las Fases de SAR

Fase de Imagen 1 $\phi_1 = \frac{4\pi}{\lambda} \cdot \rho_1 + \text{otras constantes} + n_1$

Fase de Imagen 2 $\phi_2 = \frac{4\pi}{\lambda} \cdot \rho_2 + \text{otras constantes} + n_2$

1. Las “otras constantes” no se pueden determinar directamente.
2. Las “otras constantes” dependen de la distribución de los dispersantes en la celda de resolución, la cual es desconocida y varía de celda en celda.
3. La única forma de observar el cambio de rango es a través de la interferometría (cancelación de las “otras constantes”).



Aplicaciones de la Interferometría SAR- Mapeo/Cartografía

- **Mapeo/Cartografía**

- Se utilizó la interferometría SAR para la misión Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) en el año 2000, cuyo modelo de elevación digital se reprocesó y se distribuyó nuevamente en 2018 como NASADEM
- La interferometría de radar de plataformas aéreas se utiliza comúnmente para producir mapas topográficos conocidos como modelos de elevación digitales (digital elevation models o DEMs)
 - Exactitud de posición circular de 2 a 5 metros
 - Paso de muestreo y resolución de 5 a 10 m
 - Se producen DEMs de 10 km por 80 km en una hora en una mini-supercomputadora
 - La topografía por SAR de la NASA está siendo adquirida por GLISTIN
- Las imágenes de radar se geocodifican automáticamente y así se pueden combinar más fácilmente con otros conjuntos de datos (multiespectrales)
- El mapeo rápido interferométrico facilita las aplicaciones topográficas
 - Gestión y clasificación de usos del suelo, evaluación de riesgos, inteligencia, planificación urbana, geología a corta y larga escala temporal, hidrología

Diapositiva Modificada de Paul Rosen (JPL)



Aplicaciones de la Interferometría SAR – Cambios

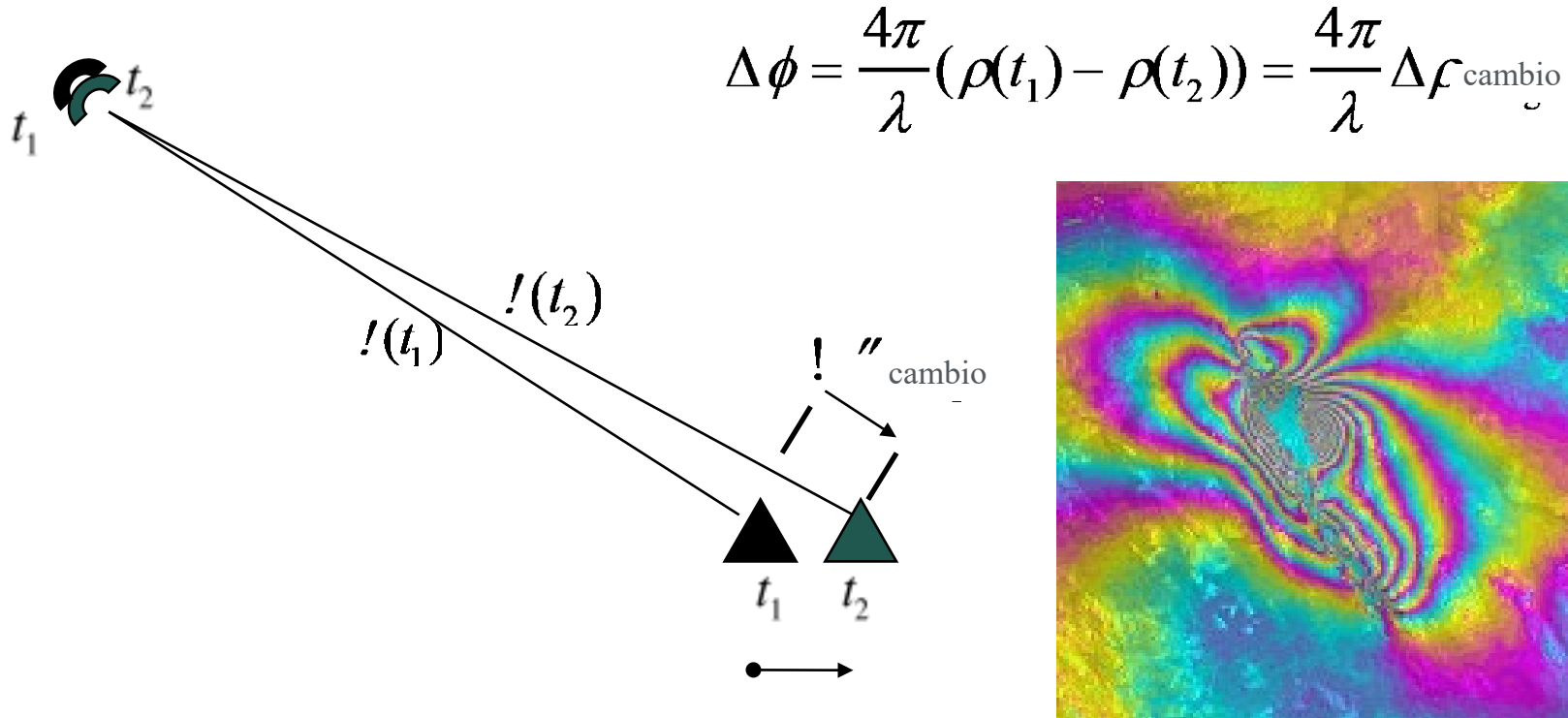
- **Mapeo de Deformaciones y Detección de Cambios**

- La interferometría de radares de paso repetido de plataformas espaciales se utiliza comúnmente para producir mapas de cambios topográficas conocidos como modelos de desplazamiento digitales (digital displacement models o DDMs).
 - Tienen una precisión de desplazamiento relativo de 0,1 a 1 centímetro
 - Paso de muestreo y resolución de 10 a 100 m
 - Se producen DDMs entre 10 y 350 km de ancho rápidamente una vez que los datos están disponibles
- Aplicaciones incluyen
 - Monitoreo y modelación de terremotos y volcanes
 - Derrumbes y subsidencia
 - Dinámica de glaciares y la capa de hielo
 - Deforestación, detección de cambios, monitoreo de desastres



Interferometría Diferencial

- Cuando se hacen dos observaciones desde el mismo lugar en el espacio pero en momentos diferentes, la fase interferométrica es directamente proporcional a cualquier cambio en el rango de algún objeto en la superficie.



Diapositiva modificada de Paul Rosen (JPL)



Interferometría Diferencial

- La razón por la que la interferometría diferencial puede detectar deformaciones superficiales a nivel milimétrico es porque la fase diferencial es mucho más sensitiva al desplazamiento que a la topografía.

$$\frac{\partial \phi}{\partial h} = \frac{2\pi \rho b \cos(\theta - \alpha)}{\lambda \rho \sin \theta} = \frac{2\pi b_{\perp}}{\lambda \rho \sin \theta}$$

Sensibilidad Topográfica

$$(\phi \Leftrightarrow \Delta\phi) \quad \frac{\partial \phi}{\partial \Delta\rho} = \frac{4\pi}{\lambda}$$

Sensibilidad al Desplazamiento

$$\sigma_{\phi_{topo}} = \frac{\partial \phi}{\partial h} \sigma_h = \frac{4\pi}{\lambda} \frac{b_{\perp}}{\rho \sin \theta} \sigma_h$$

Término de Sensibilidad Topográfica

$$\sigma_{\phi_{desp}} = \frac{\partial \phi}{\partial \Delta\rho} \sigma_{\Delta\rho} = \frac{4\pi}{\lambda} \sigma_{\Delta\rho}$$

Término de Sensibilidad al Desplazamiento

$$\text{Ya que } \frac{b}{\rho} \ll 1 \quad \implies \quad \frac{\sigma_{\phi_{desp}}}{\sigma_{\Delta\rho}} \gg \frac{\sigma_{\phi_{topo}}}{\sigma_h}$$

Mediciones Topográficas a Escala Métrica – Cambios Topográficos a Escala Milimétrica

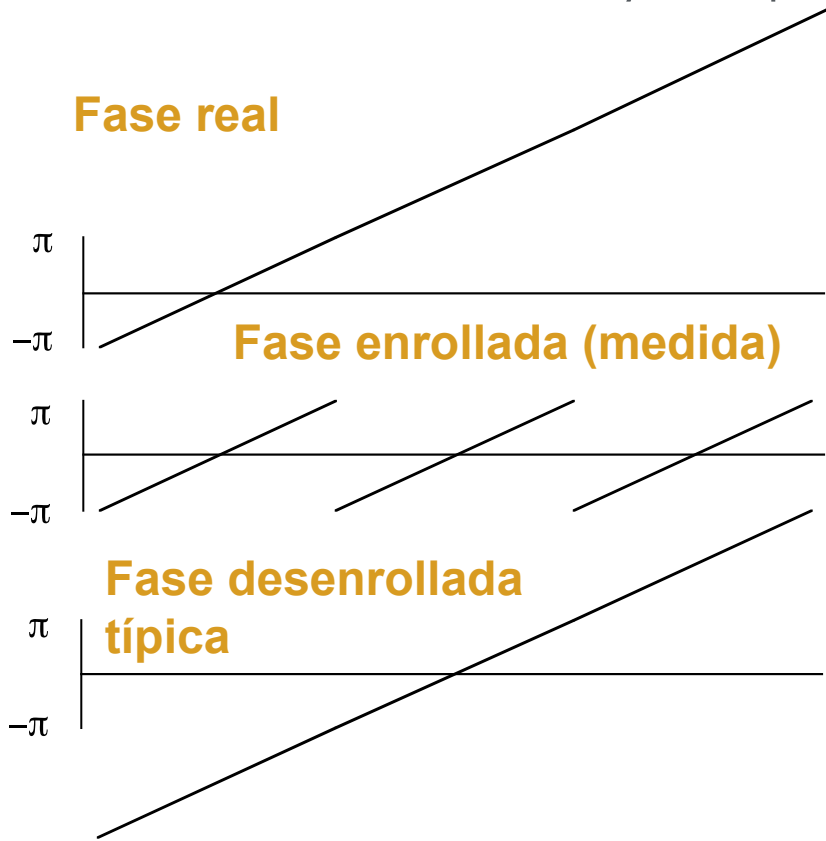
Diapositiva modificada de Paul Rosen (JPL)



Desenrollar la Fase

- A partir de la fase medida y enrollada, desenrolle la fase desde algún punto de comienzo arbitrario y después determine la “ambigüedad” de fase 2π correcta

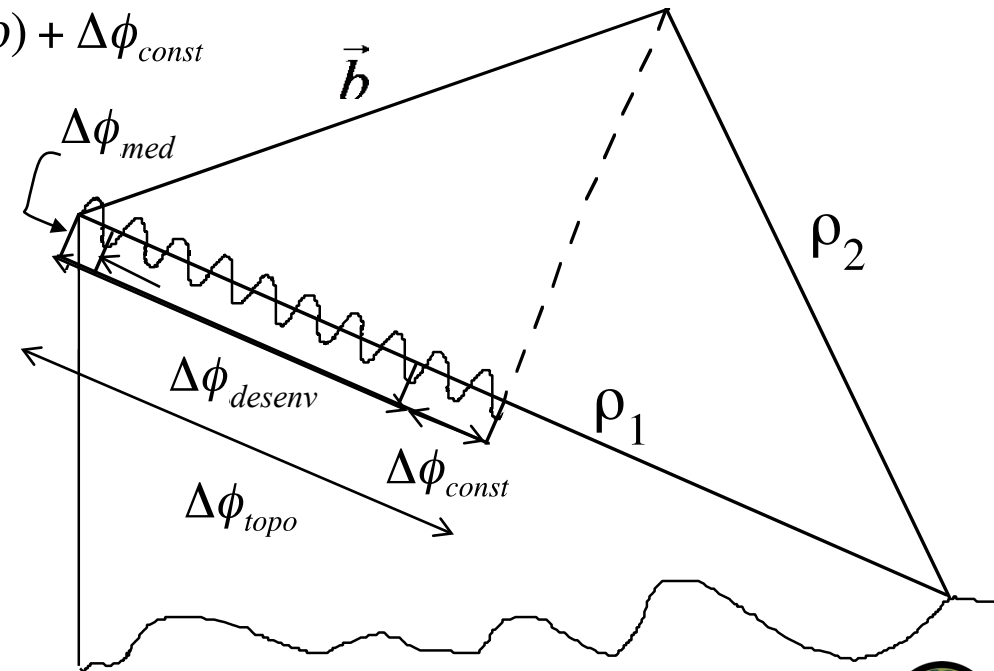
Fase real



$$\Delta\phi_{topo} = \frac{2\pi\rho}{\lambda}(\rho_1 - \rho_2) = \frac{2\pi\rho}{\lambda} \vec{b} \cdot \vec{l}$$

$$\Delta\phi_{med} = \text{mod}(\Delta\phi_{topo}, 2\pi)$$

$$\Delta\phi_{desenv}(s, \rho) = \Delta\phi_{topo}(s, \rho) + \Delta\phi_{const}$$



Diapositiva modificada de Paul Rosen (JPL)



Teoría de Correlación*

- Las señales InSAR se decorrelacionan (se vuelven incoherentes) debido a:
 - Ruidos térmicos y de procesadores
 - Dispersión Diferencial Geométrica y Volumétrica
 - Rotación de la Geometría de Visualización
 - Movimientos aleatorios a través del tiempo
- La decorrelación está relacionada con la desviación estándar de la fase local de la fase del interferograma
 - Afecta la precisión de la altitud y el desplazamiento
 - Afecta la habilidad de desenrollar la fase

*“Correlación” y “Coherencia” a menudo se usan como sinónimos

Diapositiva modificada de Paul Rosen (JPL)



Componentes Correlativos de InSAR

- Los efectos de correlación se multiplican, a diferencia de los efectos de fase, que se suman
- Una baja coherencia o decorrelación por cualquier motivo causa una pérdida de información en esa área

$$Y = Y_v Y_g Y_t Y_c$$

Donde:

Y_v es volumétrico (árboles)

Y_g es geométrico (pendientes empinadas)

Y_t es temporal (cambios graduales)

Y_c es cambios repentinos



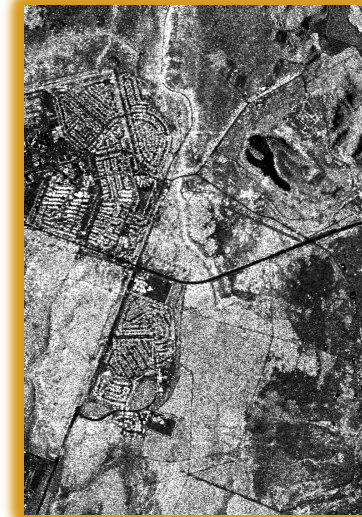
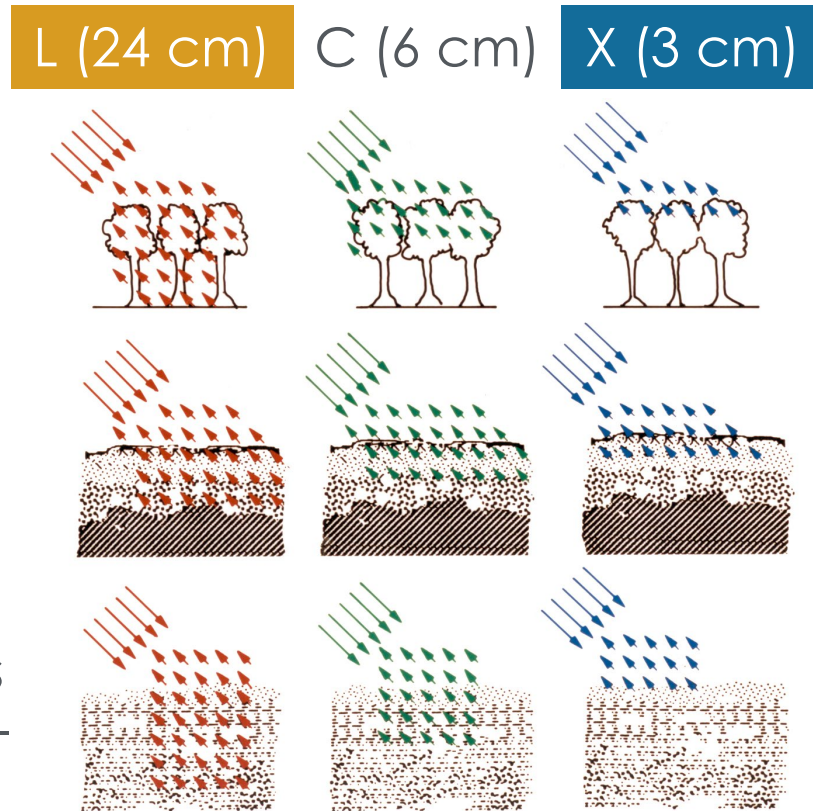
Longitud de Onda: Una Medida de Escala de la Superficie

La señal interactúa más con los objetos de un tamaño similar a la longitud de onda

Bosque: Las hojas reflejan las longitudes de banda-X pero no las de banda-L

Suelos Secos: La superficie se ve rugosa para la banda-X pero no para la banda-L

Hielo: La superficie y las capas se ven rugosas para la banda-X pero no para la banda-L

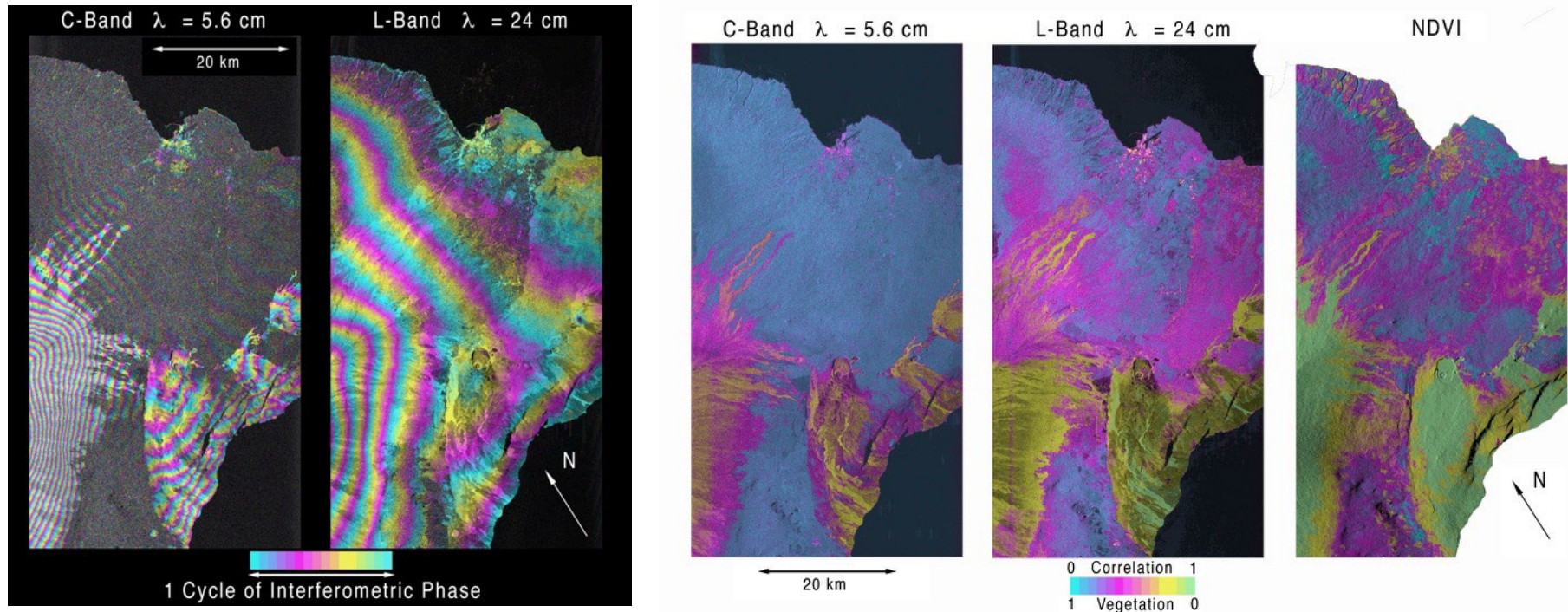


Diapositiva Modificada de Paul Rosen (JPL)



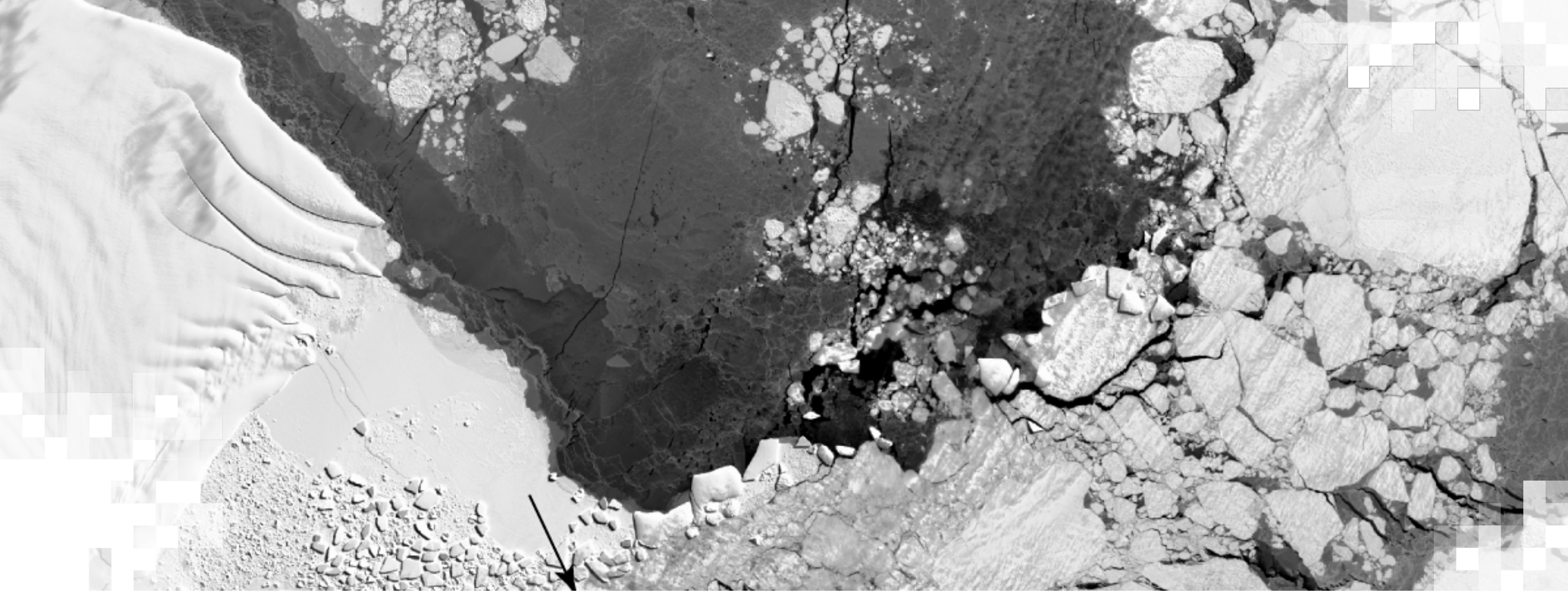
Coherencia y Longitud de Onda InSAR

- Interferometría de SIR-C banda-L y banda-C
- Forma interferogramas con imágenes separadas temporalmente por 6 meses
- Bandas C y L simultáneas



Los experimentos de InSAR han mostrado una buena correlación en la banda-L

Rosen, P. A., S. Hensley, H. A. Zebker, F. H. Webb, and E. J. Fielding (1996). Surface deformation and coherence measurements of Kilauea Volcano, Hawaii, from SIR-C radar interferometry, *Journal of Geophysical Research* 101, no. E10, 23109-23125, doi:10.1029/96JE01459.



Datos SAR para la Subsistencia del Suelo

Satélites de SAR

Satélite (Lanzamiento y Final de Operaciones)	Ciclo de Repetición (días)	Longitud de onda (cm)
ESA: ERS-1/ERS-2 '92-'01 (-2011)	35 (1,3,183)	6
Canadá: RADARSAT-1 1995-2013	24	6
ESA: Envisat '03-sep.'10('10-abr.'12)	35 (30)	6
Japón: ALOS ene. 2006-abr. 2011	46	24
Alemania: TerraSAR-X '07-, TanDEM-X '10-	11	3
Italia: COSMO-SkyMed 4x lanzamiento '07-'10 (uno desorbitado '21)	16 (1,4,7,8)	3
Canadá: RADARSAT-2 lanzado dic. 2007-	24	6



Nuevos Satélites Espaciales SAR– Parte 1

Satélites (lanzados o planificados)	Ciclo de Repetición (días)	Longitud de onda (cm)
Copernicus Sentinel-1 (A: Abr. 2014, B: Abr. 2016–dic. 2021, C: 2024?)	12(6)	6
ESA: ALOS-2 (Mayo 2014)	14	24
India: RISAT-1 (Abr. 2012–2017)	25	6
Misión NASA-ISRO SAR (NISAR) (2024)	12	12,24



Nuevos Satélites Espaciales SAR– Parte 2

Satélites (lanzados o planificados)	Ciclo de Repetición (días)	Longitud de onda (cm)
Argentina: SAOCOM-1 (A: Oct. 2018, B: Ago. 2020)	16(8)	24
Japón: ALOS-4 (Mar. 2024?)	14	24
Italia: COSMO-SkyMed Next Gen. (1: Dic. 2019, 2: Ene. 2022, 3:, 4:)	16	3
Canadá: RADARSAT Constellation Mission 3x (Jun. 2019)	4	6



Nuevos Satélites Espaciales SAR– Parte 3

Satélites (lanzados o planificados)	Ciclo de Repetición (días)	Longitud de onda (cm)
Corea del Sur: KompSat-5 (2013-2022)	16(8)	3
España: PAZ (clone TerraSAR-X) (Feb. 2018)	11 (4,7)	3
Capella-1 through -n (2018-ago. 2023)	N/A	3
ICEYE ~16 satélites ahora (ago. 2023) algunos satélites ahora tienen una separación de un día	1	3



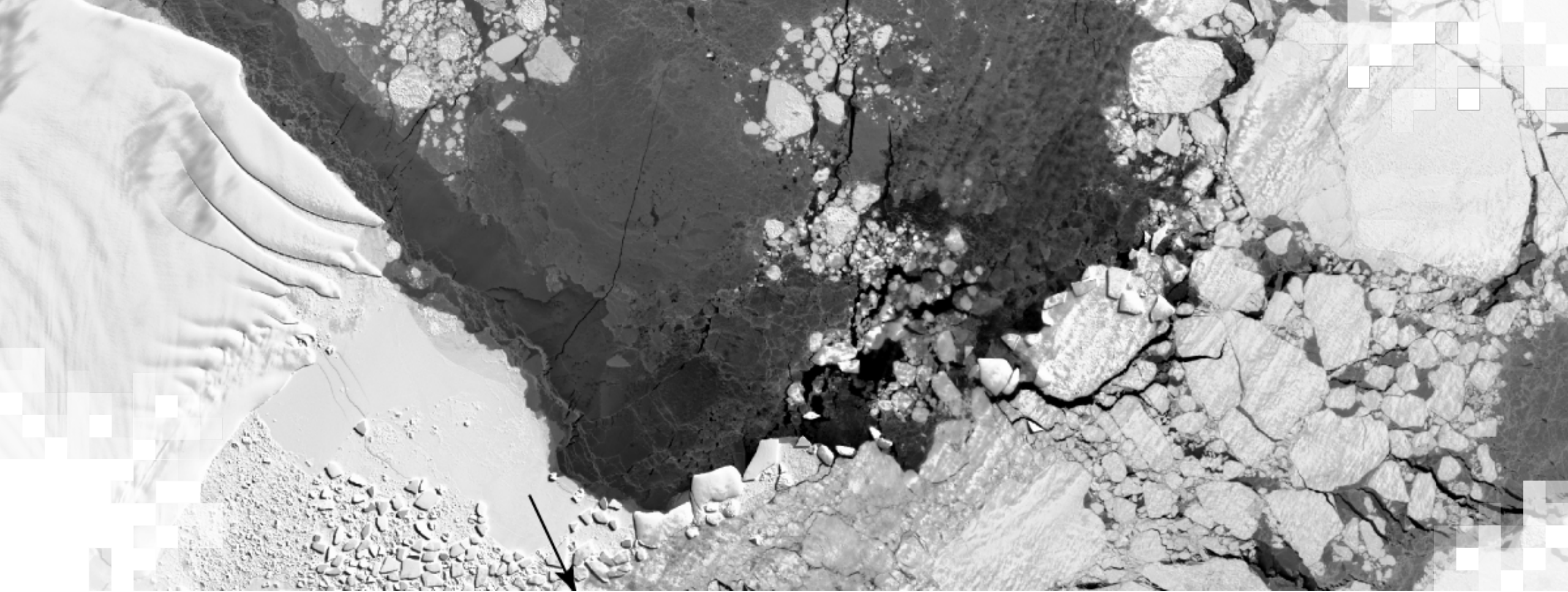
Misión NASA-ISRO SAR (NISAR)

- Resolución espacial alta con tiempo de revisita frecuente
- Lanzamiento anticipado: Enero de 2024
- SAR de doble frecuencia– SAR de Banda-L y Banda-S
 - SAR banda-L de la NASA y SAR banda-S de ISRO
- 3 años de operaciones científicas (+ de 5 años de productos)
- Todos los datos científicos se harán gratis y libremente disponibles
- <https://nisar.jpl.nasa.gov>

Slide courtesy of Paul Rosen (JPL)

NISAR Characteristic:	Would Enable:
L-band (24 cm wavelength)	Low temporal decorrelation and foliage penetration
S-band (12 cm wavelength)	Sensitivity to light vegetation
SweepSAR technique with Imaging Swath >240 km	Global data collection
Polarimetry (Single/Dual/Quad)	Surface characterization and biomass estimation
12-day exact repeat	Rapid Sampling
3-10 meters mode-dependent SAR resolution	Small-scale observations
3 years since operations (5 years consumables)	Time-series analysis
Pointing control < 273 arcseconds	Deformation interferometry
Orbit control < 500 meters	Deformation interferometry
>30% observation duty cycle	Complete land/ice coverage
Left/Right pointing capability	Polar coverage, North and South
Noise Equivalent Sigma Zero ≤ -23 db	Surface characterization of smooth surfaces

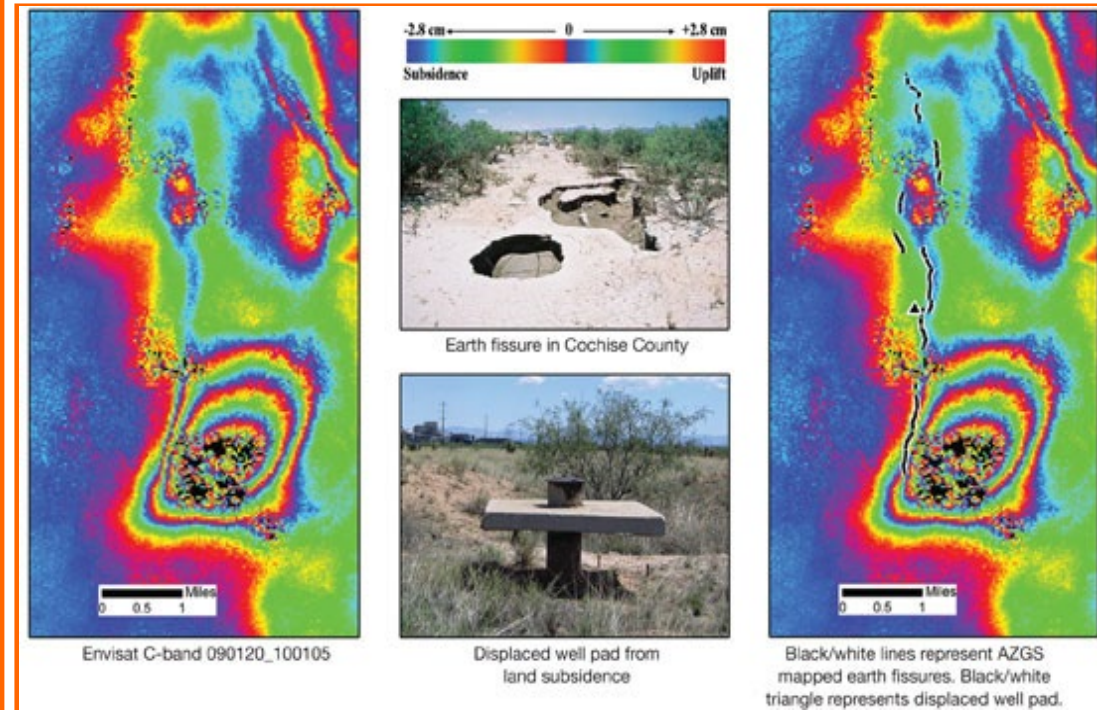
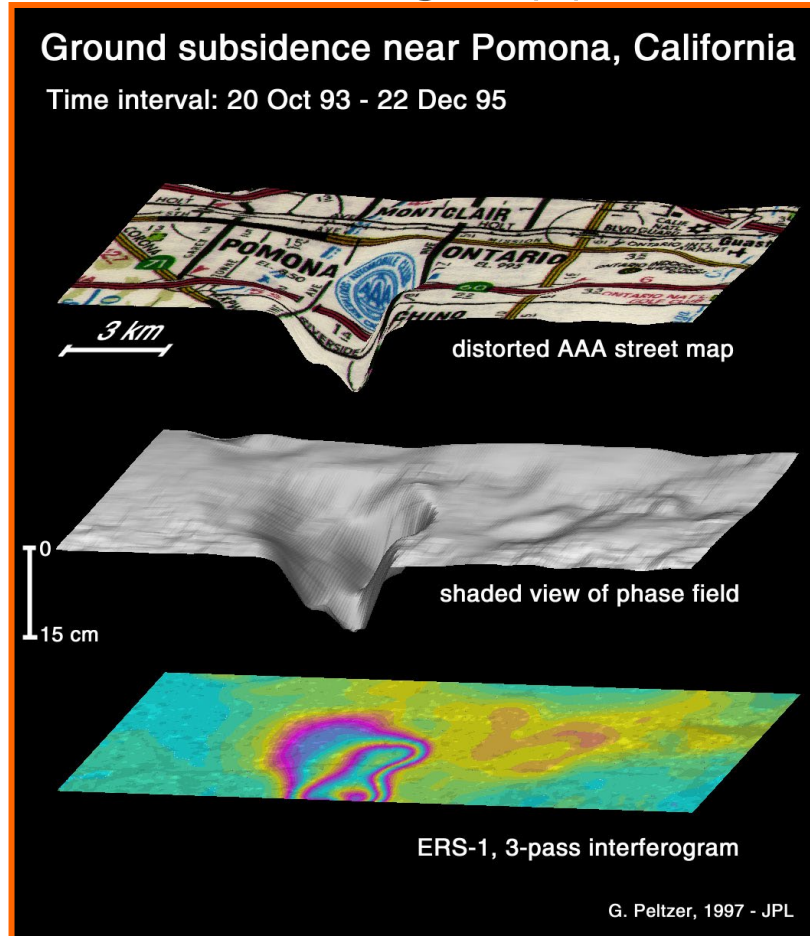




Subsidencia Debido a la Extracción de Aguas Subterráneas

Teledetección de la Subsistencia del Suelo Desde el Espacio

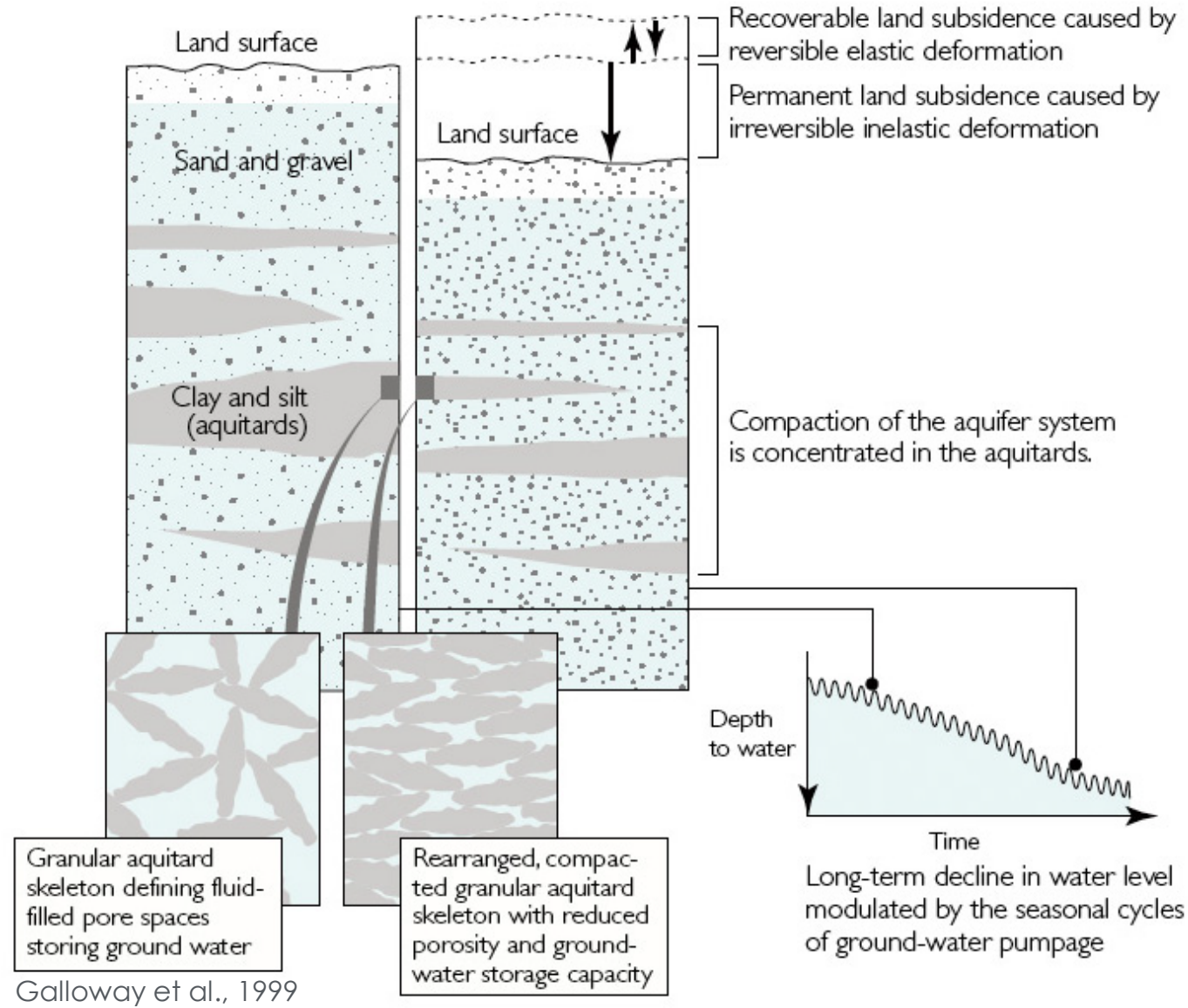
La medición de la deformación de la corteza también se utiliza para detectar la subsistencia del suelo: hundimiento de la tierra debido a la extracción de agua y petróleo.



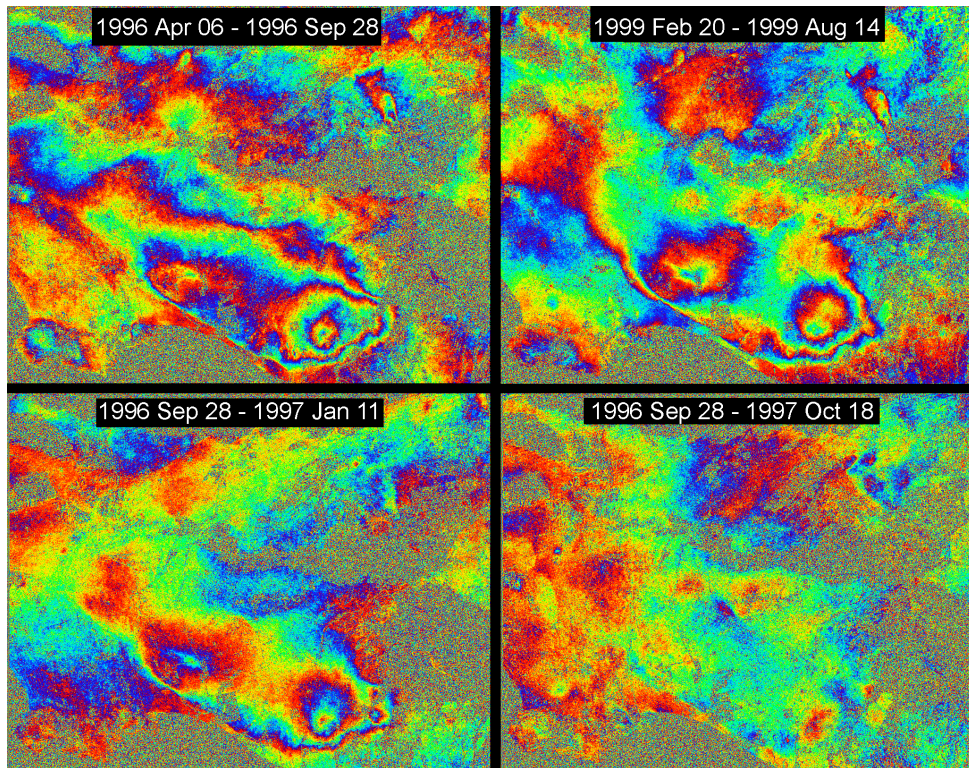
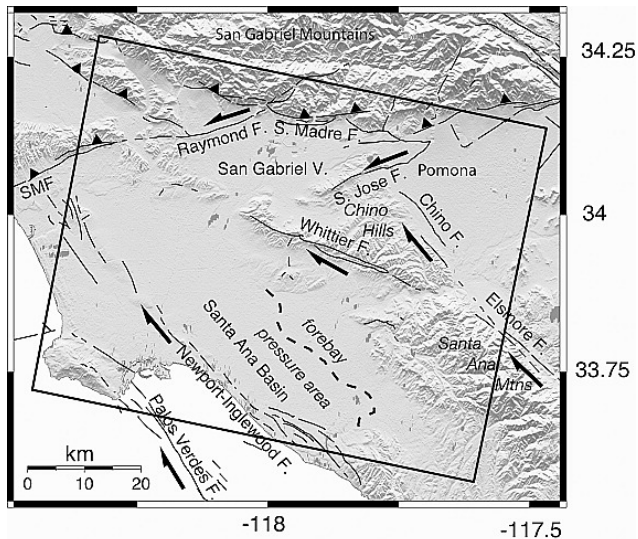
Arizona DWR, la mayor tasa de deformación anual detectada (~11 cm) utilizando InSAR en el condado de Cochise, sureste de Arizona. Intervalo de tiempo: 20 ene. 2009 al 5 ene. de 2010. Conway et al., 2010



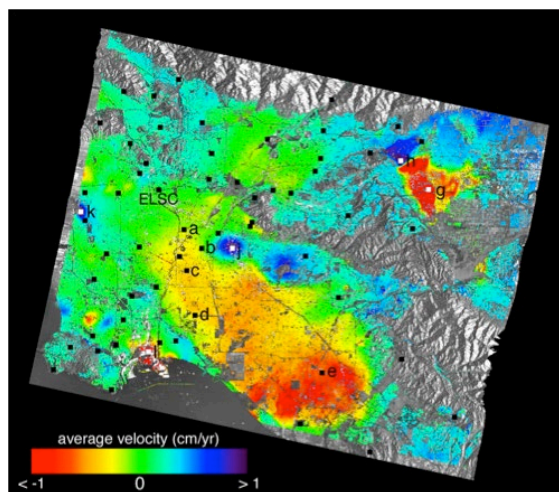
Compactación de Acuíferos y Subsistencia del Suelo



Deformación Estacional de una Cuenca Hidrográfica Debido a la Extracción y Recarga de Aguas Subterráneas



Paneles superiores: Subsistencia en la cuenca de Santa Ana, verano;
 Inferiores (izquierda): elevación debido a la recarga de agua en invierno;
 (Derecha): Neutral durante un año



Velocidades promedio del suelo en la línea de visión del radar (LOS por sus siglas en inglés)

Lanari, R. P. Lundgren, M. Manzo, F. Casu (2004), Satellite radar interferometry time series analysis of surface deformation for Los Angeles, California, Geophys. Res. Lett., 31, L23613, doi:10.1029/2004GL021294

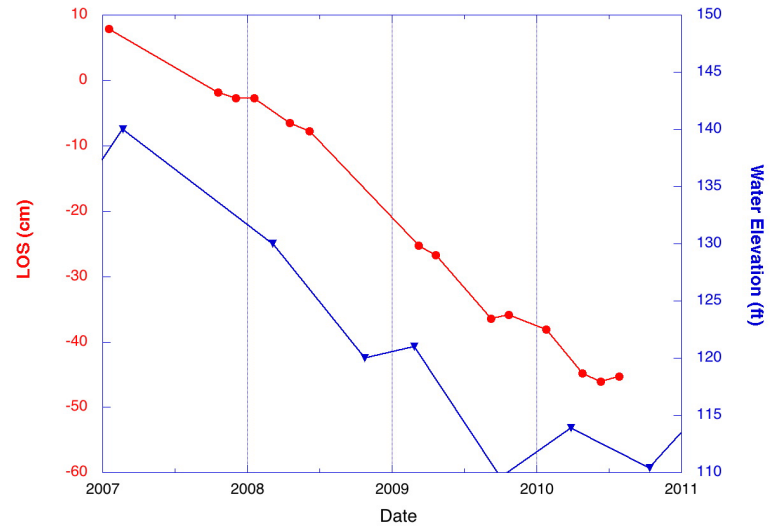
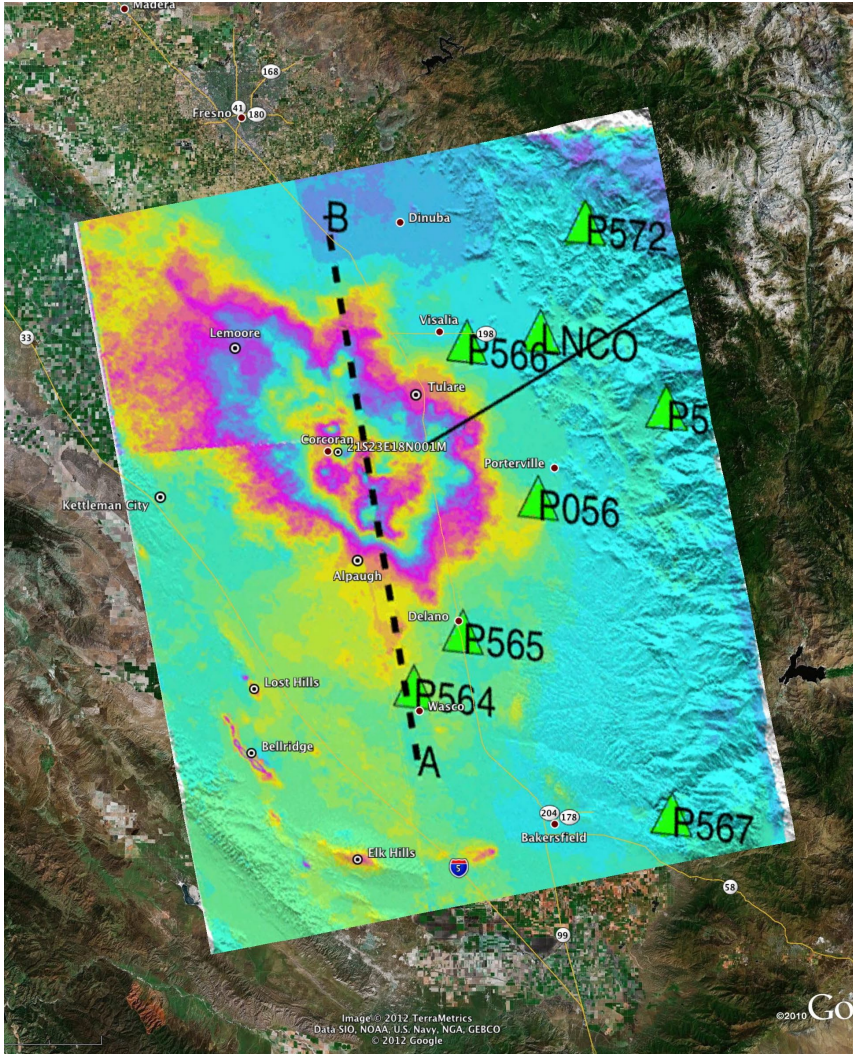


El Valle Central de California

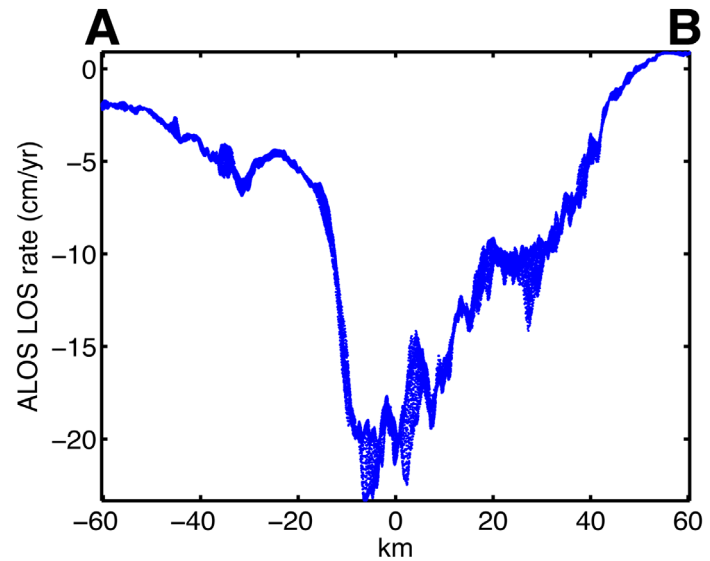
- **Datos del Valle Central:**
 - El Valle Central de California cubre alrededor de 20.000 millas cuadradas (52.000 km²).
 - ~ 400 millas (640 km) de largo y 20-70 millas (32 a 110 km) de ancho, depósitos marinos parcialmente llenos superpuestos con sedimentos continentales
 - Una de las regiones agrícolas más productivas del mundo con > 250 productos diferentes cultivados en el Valle Central y un valor de producción anual estimado de ~ US\$ 17 mil millones
 - Aproximadamente una sexta parte de las tierras de regadío de los Estados Unidos se encuentran en el Valle Central.
 - Alrededor de una quinta parte del bombeo de agua subterránea de EE. UU. proviene del sistema acuífero del Valle Central.



Series Temporales de ALOS PALSAR Comparadas con Datos de Pozos



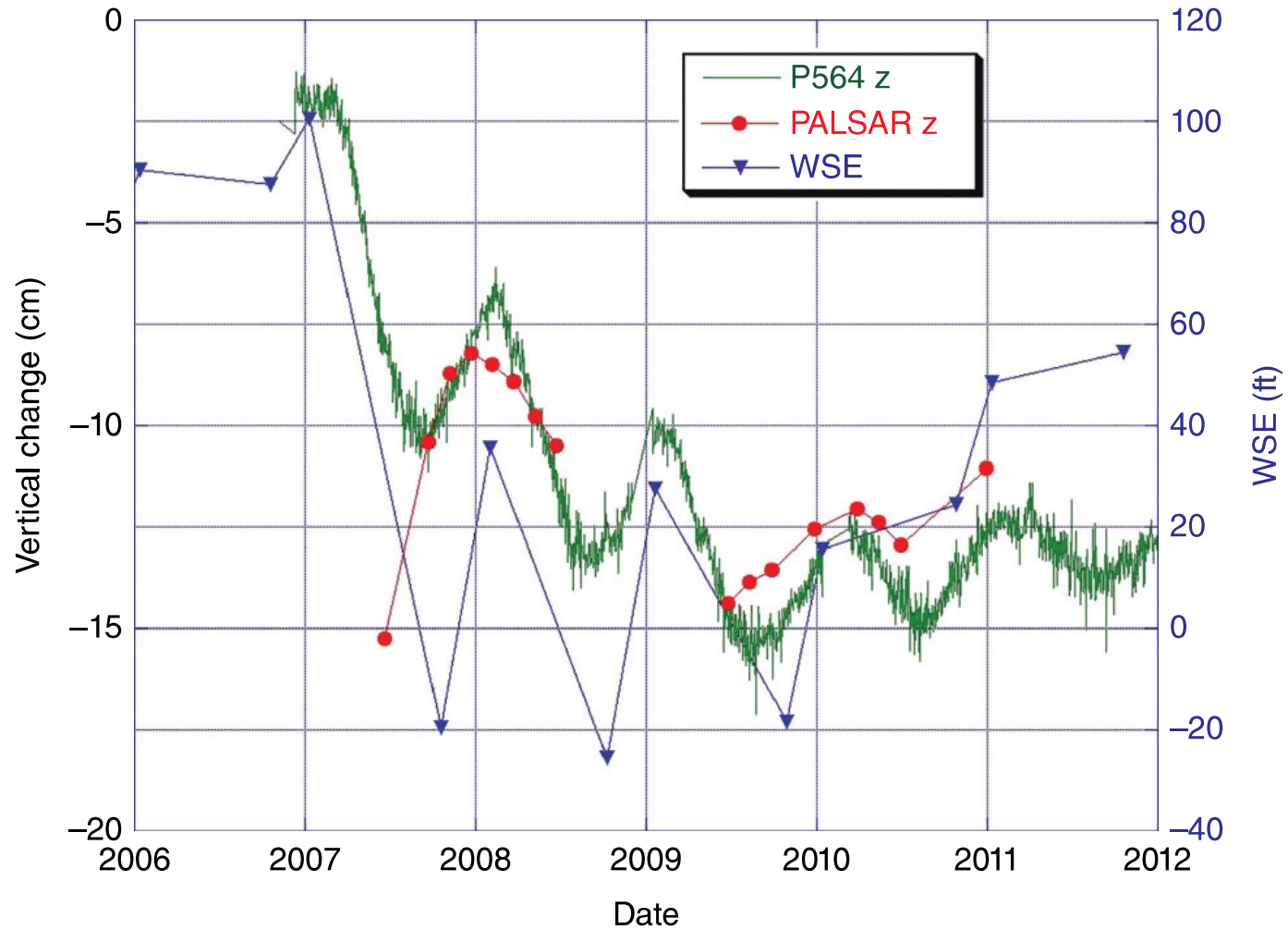
PALSAR 2007–2011 coincide por lo general con datos de pozos, pero ambas series temporales son escasas.



Subsistencia en el Valle Central de California: PALSAR, 2007-2011



Comparación de InSAR, GPS y la Elevación de la Superficie del Agua con los Pozos



Farr, T., Z. Liu, 2015, Monitoring Groundwater in the Central Valley of California with Interferometric Radar, *AGU Chapman Monograph for remote sensing*, 397-406, DOI:10.1002/9781118872086.ch24.



Respuesta de California ante una Sequía – 2015

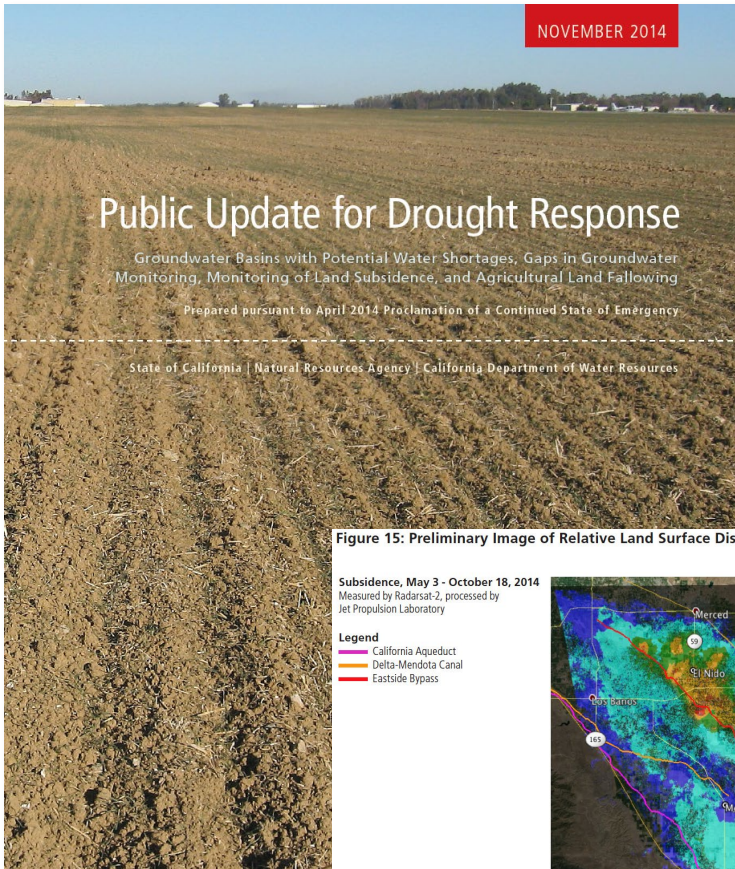
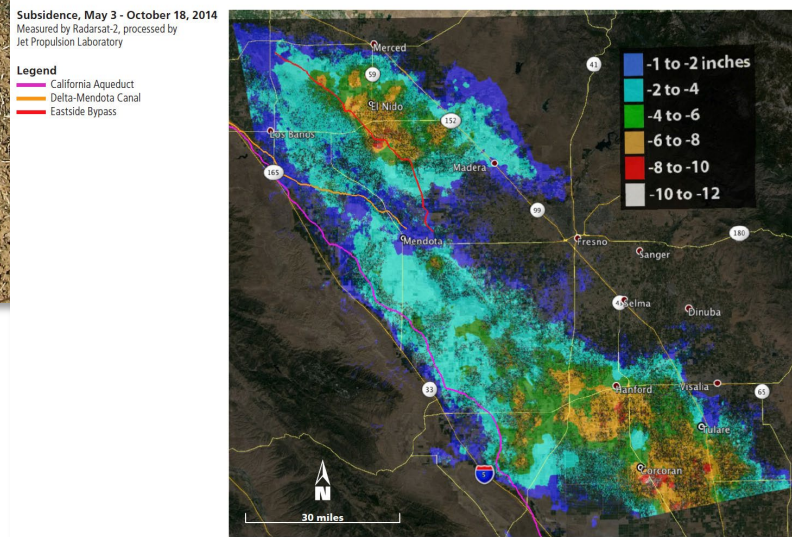


Figure 15: Preliminary Image of Relative Land Surface Displacement, San Joaquin Valley - May to October 2014.



<http://water.ca.gov/waterconditions/index.cfm>

Aug. 19, 2015

NASA: California Drought Causing Valley Land to Sink



As Californians continue pumping groundwater in response to the historic drought, the California Department of Water Resources today released a new NASA report showing land in the San Joaquin Valley is sinking faster than ever before, nearly 2 inches (5 centimeters) per month in some locations.

The report, *Progress Report: Subsidence in the Central Valley, California*, prepared for DWR by researchers at NASA's Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California, is available at:

http://water.ca.gov/groundwater/docs/NASA_REPORT.pdf

"Because of increased pumping, groundwater levels are reaching record lows -- up to 100 feet (30 meters) lower than previous records," said Department of Water Resources Director Mark Cowin. "As extensive groundwater pumping continues, the land is sinking more rapidly and this puts nearby infrastructure at greater risk of costly damage."

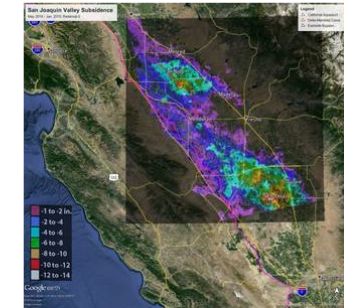
Sinking land, known as subsidence, has occurred for decades in California because of excessive groundwater pumping during drought conditions, but the new NASA data show the sinking is happening faster, putting infrastructure on the surface at growing risk of damage.

NASA obtained the subsidence data by comparing satellite images of Earth's surface over time. Over the last few years, interferometric synthetic aperture radar (InSAR) observations from satellite and aircraft platforms have been used to produce maps of subsidence with approximately centimeter-level accuracy. For this study, JPL researchers analyzed satellite data from Japan's PALSAR (2006 to 2010); and Canada's Radarsat-2 (May 2014 to January 2015), and then produced subsidence maps for those periods. High-resolution InSAR data were also acquired along the California Aqueduct by NASA's Uninhabited Aerial Vehicle Synthetic Aperture Radar (UAVSAR) (2013 to 2015) to identify and quantify new, highly localized areas of accelerated subsidence along the aqueduct that occurred in 2014. The California Aqueduct is a system of canals, pipelines and tunnels that carries water collected from the Sierra Nevada Mountains and Northern and Central California valleys to Southern California.

Using multiple scenes acquired by these systems, the JPL researchers were able to produce time histories of subsidence at selected locations, as well as profiles showing how subsidence varies over space and time.

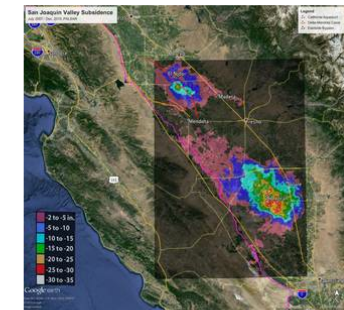
"This study represents an unprecedented use of multiple satellites and aircraft to map subsidence in California and address a practical problem we're all facing," said JPL research scientist and report co-author Tom Farr. "We're pleased to supply the California DWR with information they can use to better manage California's groundwater. It's like the old saying: 'you can't manage what you don't measure'."

Land near Corcoran in the Tulare basin sank 13 inches (33 centimeters) in just eight months -- about 1.6 inches (4 centimeters) per month. One area in the Sacramento Valley was sinking approximately half-an-inch (1.3 centimeters) per month, faster than previous measurements.



Total subsidence in California's San Joaquin Valley for the period May 3, 2014 to Jan. 22, 2015, as measured by Canada's Radarsat-2 satellite. Two large subsidence bowls are evident, centered on Corcoran and south of El Nido.

Credits: Canadian Space Agency/NASA/JPL-Caltech

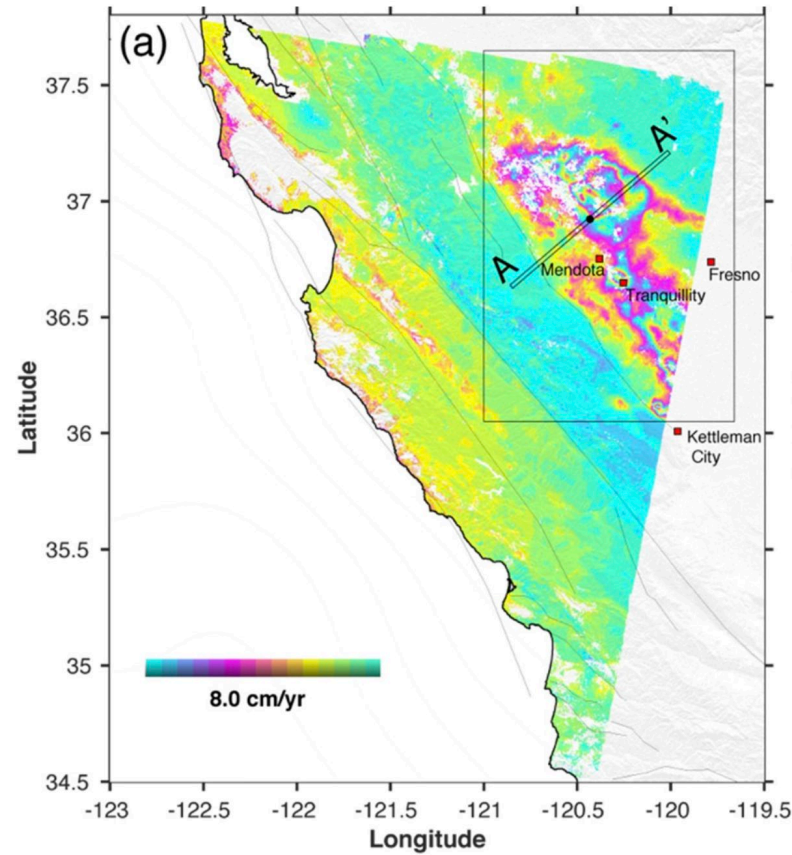
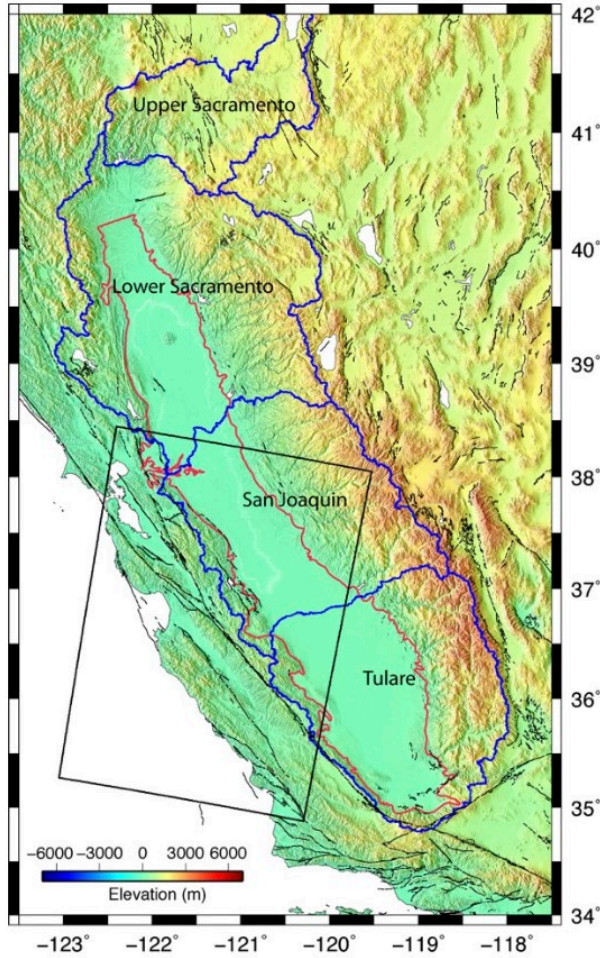


Total subsidence in California's San Joaquin Valley for the period June 2007 to Dec. 2010 as measured by Japan's PALSAR satellite. Two large subsidence bowls are evident, centered on

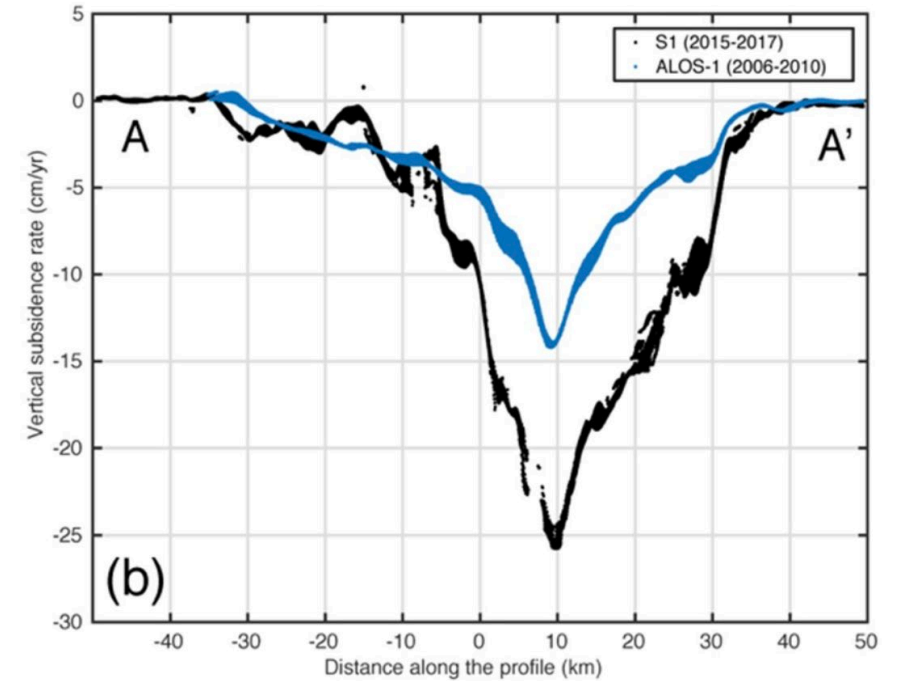
<http://www.nasa.gov/jpl/nasa-california-drought-causing-valley-land-to-sink>



Sentinel-1 Midió la Subsistencia en el Valle Central de 2015 a 2017



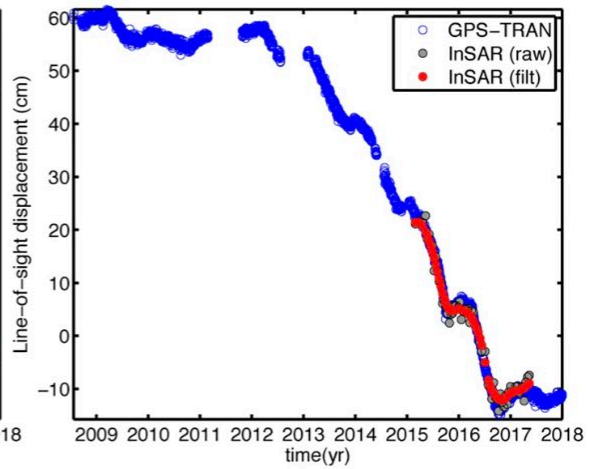
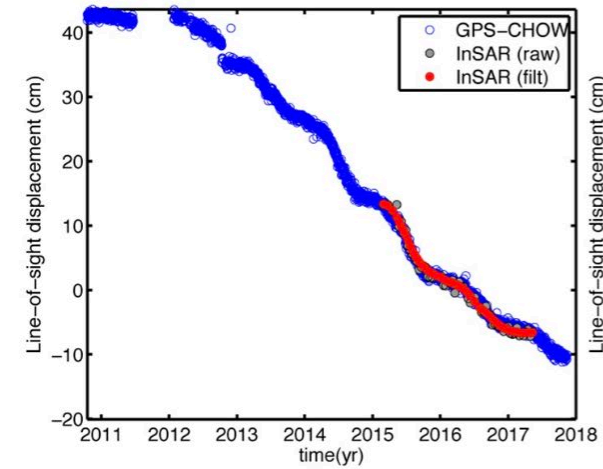
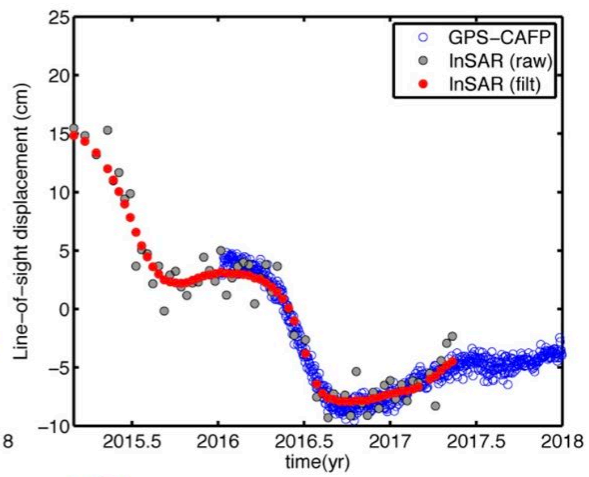
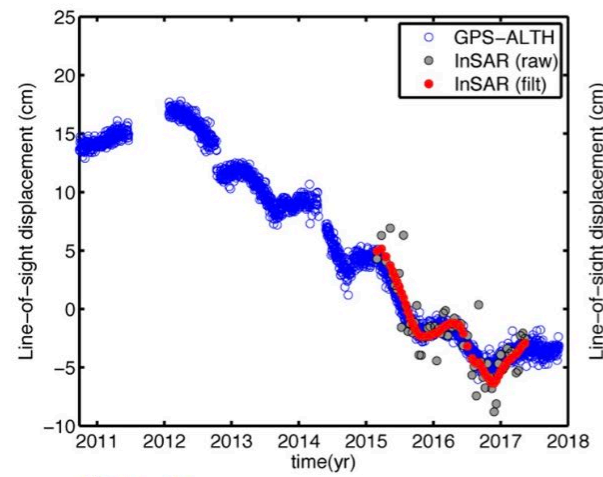
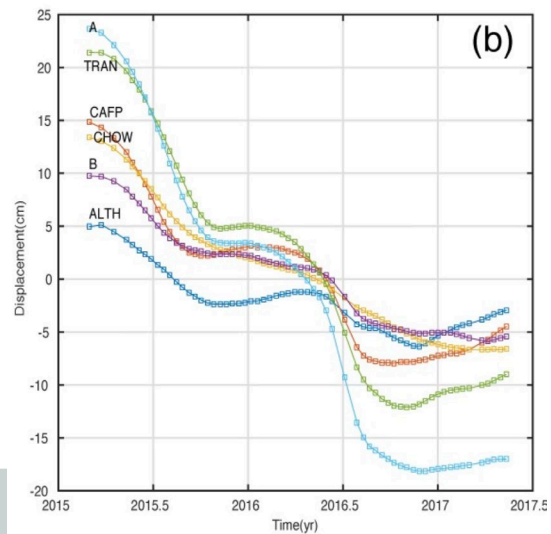
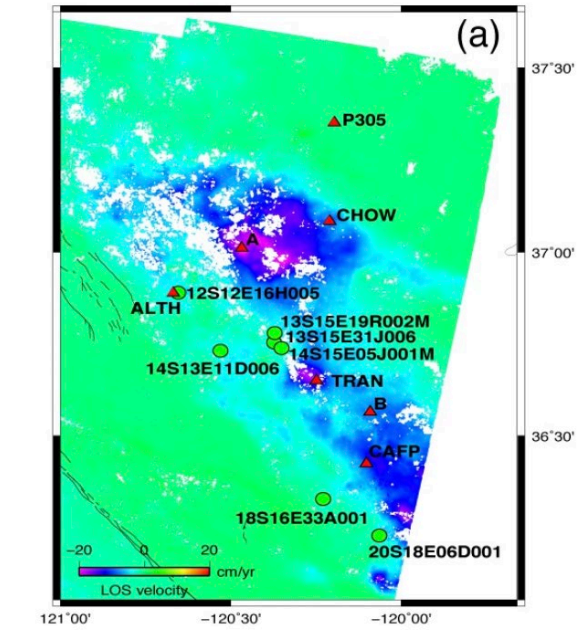
Comparación Entre 2015-2017 (S1) y 2006-2010 (ALOS-1)



Liu, Z., P.W. Liu, E. Massoud, T. G. Farr, P. Lundgren, J. S. Famiglietti, 2019, Monitoring Groundwater Change in California's Central Valley Using Sentinel-1 and GRACE Observations, *Geosciences*, 9, 436; doi:10.3390/geosciences9100436.



Comparación Entre InSAR y Series Temporales de GPS LOS



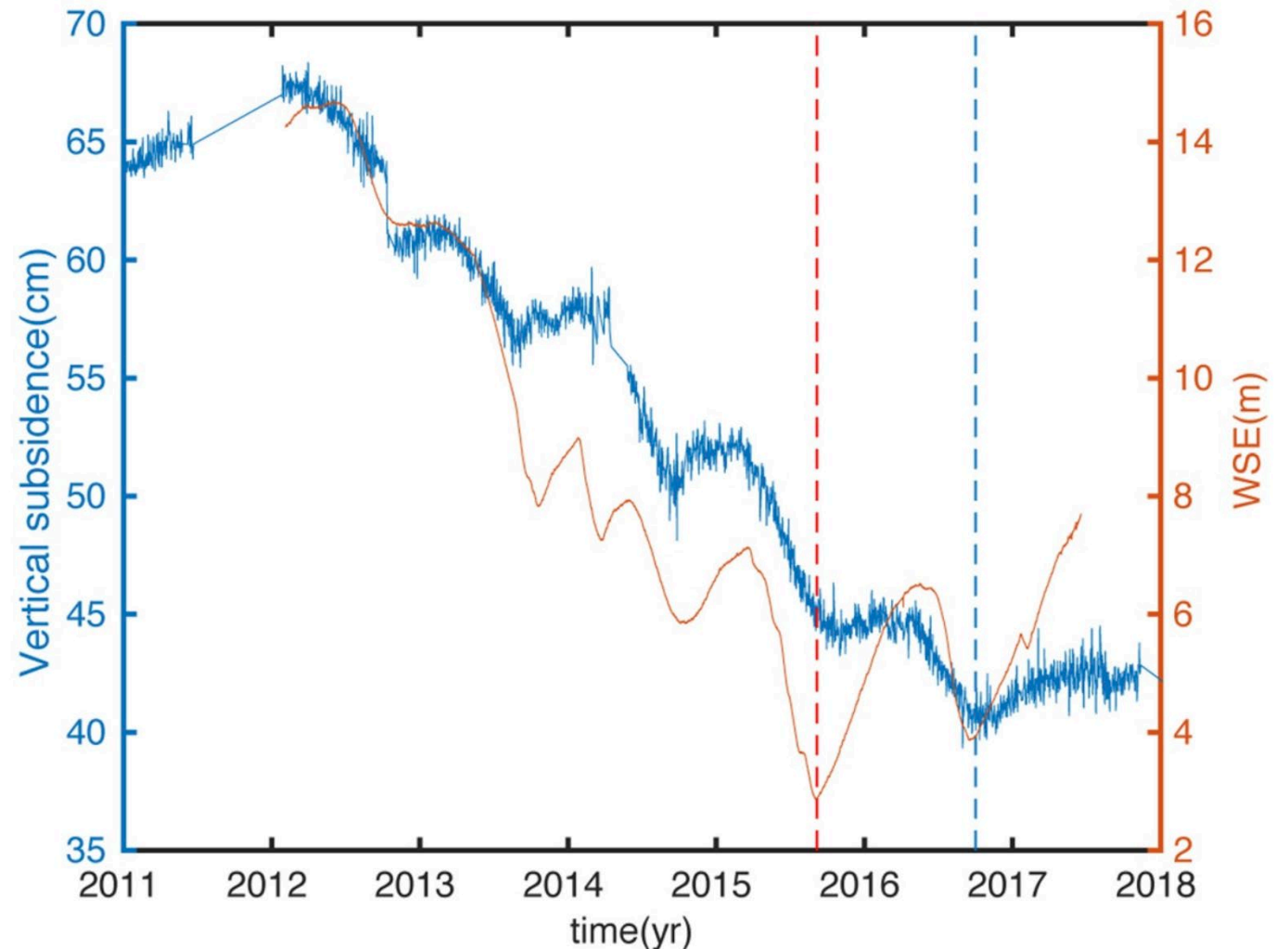
- Antecedentes similares de subsidencia en zonas de subsidencia severa
- Respuesta del acuífero a la sequía y a las precipitaciones estacionales



Comparación de Series Temporales de Subsistencia Vertical y la Elevación de la Superficie del Agua en un Pozo Colocalizado

- La elevación de la superficie del agua (WSE por sus siglas en inglés) muestra el nivel del agua en el pozo
- La latencia entre la recuperación de agua subterránea (anaranjado) y el cese de la subsidencia inelástica (azul) refleja el retraso en el equilibrio de los niveles de carga de los acuitardos

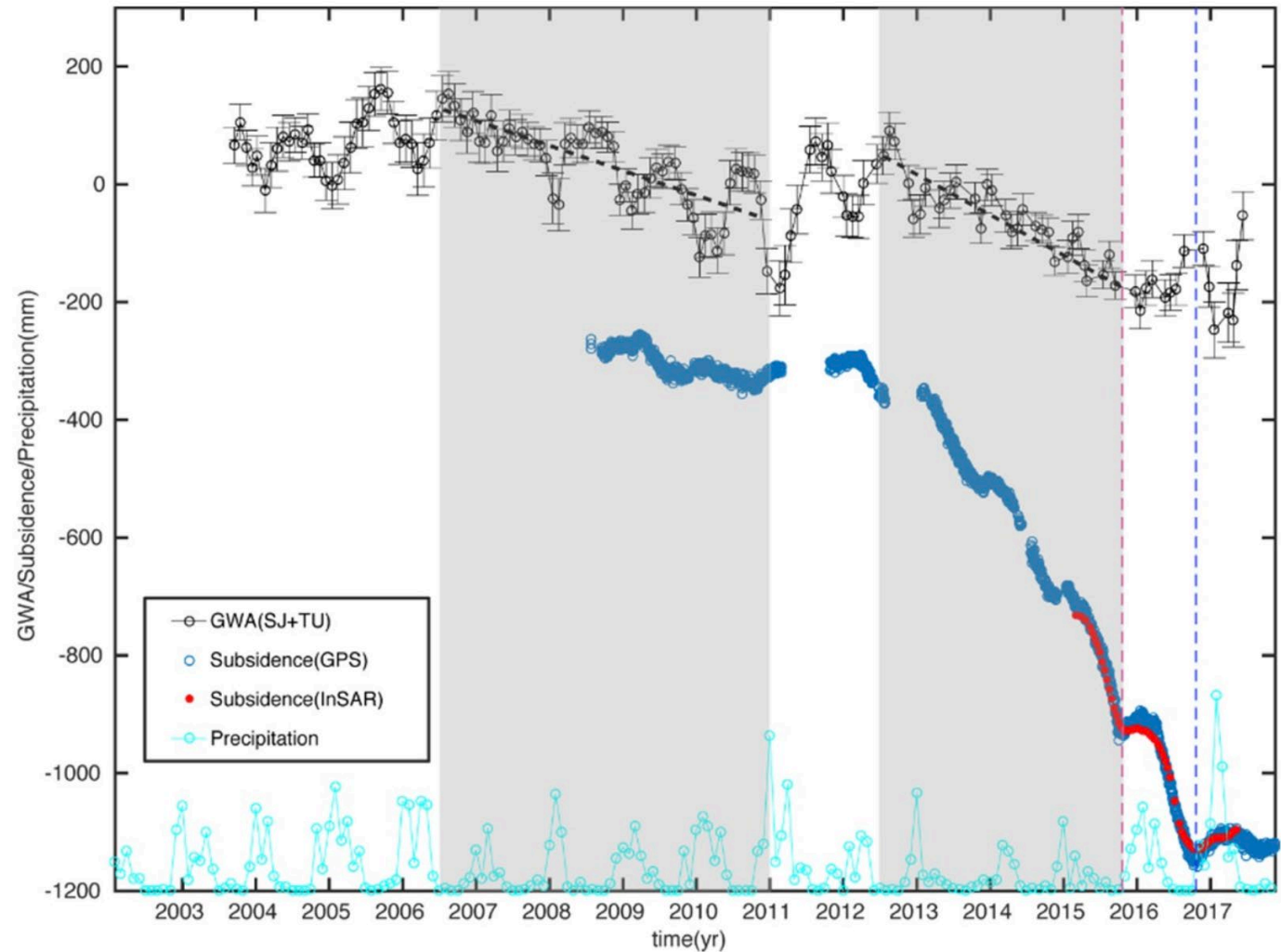
Liu et al., Geosciences, 2019

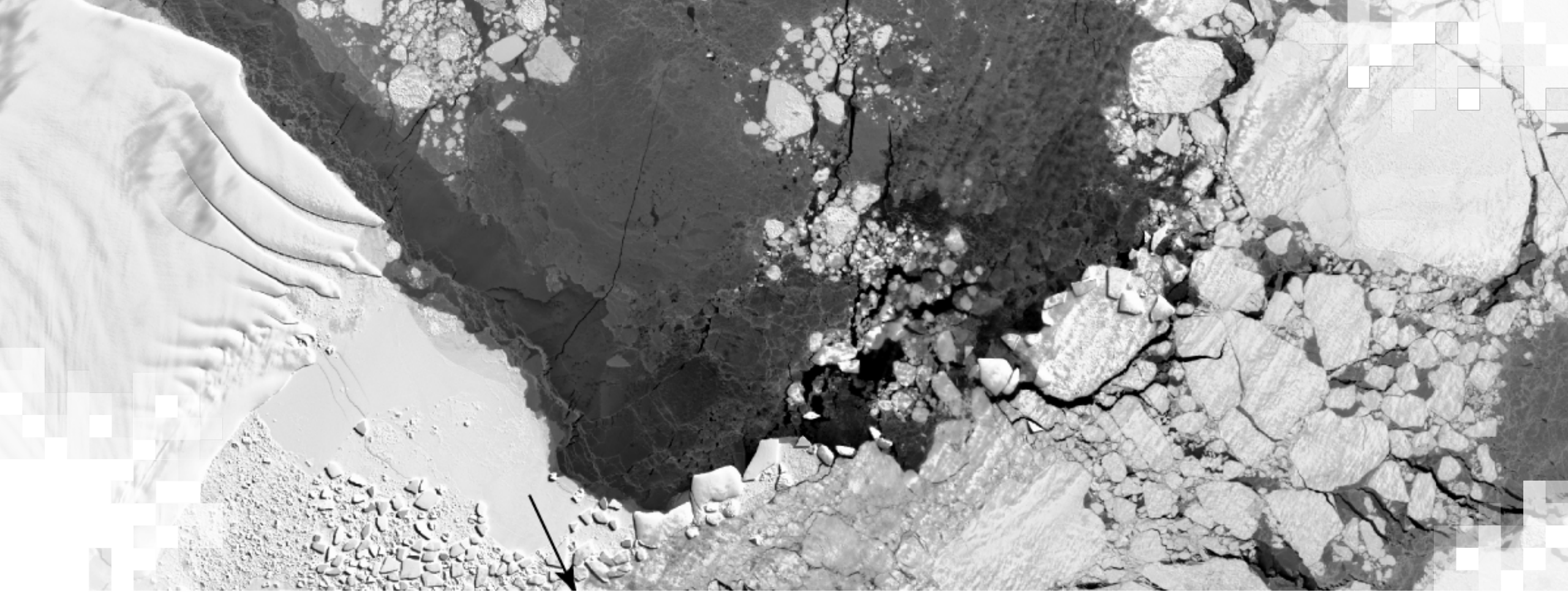


Comparación de GRACE, Subsistencia Representativa y Precipitación de PRISM

- Buena concordancia entre la anomalía de agua subterránea (GWA por sus siglas en inglés) y subsidencia derivada de GRACE a nivel de cuenca a lo largo de una escala de tiempo más larga
- Subsistencia irreversible a largo plazo debido a la compactación de capas de grano fino

Liu et al., Geosciences, 2019





Acceso, Apertura y Visualización de Datos de Series Temporales de SAR Interferométrico

Métodos – ARIA-tools

- Utilizamos interferogramas preprocesados de los satélites Sentinel-1 (S1) de Copérnicus que fueron procesados sistemáticamente con el sistema ARIA(Bekaert et al., 2019).
- Los interferogramas ARIA Geocodificados Desenrollados (Geocoded Unwrapped o GUNW) se archivan en el DAAC de la NASA ASF.
- Puede encontrar los archivos GUNW disponibles buscando <https://search.asf.alaska.edu/#/> y eligiendo “ARIA S1 GUNW”.
- El paquete ARIA-tools (<https://github.com/aria-tools/ARIA-tools>) puede descargar y preparar archivos para el análisis de series temporales.
- ARIA-tools-docs (<https://github.com/aria-tools/ARIA-tools-docs>) describe el uso de las herramientas ARIA para leer los productos ARIA.



Métodos – MintPy

- Después de descargar y preparar los archivos GUNW de ARIA S1 (o interferogramas corregistrados de otros sistemas de procesamiento)
- El análisis de series temporales se realiza con MintPy (Yunjun et al., 2019) (<https://github.com/insarlab/MintPy>)
- Los tutoriales de MintPy describen el uso de MintPy (<https://github.com/insarlab/MintPy-tutorial>) para el análisis de series temporales de pilas de interferogramas
- MintPy se puede instalar con Anaconda o Miniconda (conda install mintpy aria-tools)
- Consulte GitHub de ARIA-tools para conocer los métodos de instalación de ARIA-tools



Demostración de Procesamiento de Datos

1. Los pasos de procesamiento de datos con ARIA-tools y MintPy están en el Jupyter Notebook.
2. Esta demostración usa el Alaska SAR Facility (ASF) Open SAR Lab, un sistema de procesamiento en la nube operando en base a AWS.
3. Consulte el ASF Open Science Lab (<https://opensciencelab.asf.alaska.edu/portal/hub/home>) para solicitar una cuenta en OpenSARLab. Es gratis para usos no comerciales.



Reconocimientos

- Caltech: Z. Yunjun
- JPL: H. Fattahi, D. Bekaert, el ARIA Processing Team
- ASF: El equipo OpenSARLab
- Los programas NASA Earth Surface and Interior, Geodetic Imaging y NISAR Science Team
- Departamento de Recursos Hídricos de California



Datos de Contacto

Instructores:

- Instructor
 - Eric.J.Fielding@jpl.nasa.gov
- Subsidencia InSAR:
 - Zhen.Liu@jpl.nasa.gov

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

Visite Nuestros Programas Hermanos:

 [DEVELOP](#)

 [SERVIR](#)





¡Gracias!

