Desarrollo de mapas de alta resolución de ZTD, para aplicar en DInSAR, a partir de los productos troposféricos de SIRGAS

P.A. Rosell[1,2,3]; M.V. Mackern[1,2,3]; P.A. Euillades[2,3]

1. Facultad de Ingeniería y Enología, Universidad Juan Agustín Maza.
2. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo.
3. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Simposio SIRGAS – 2022
Santiago de Chile - Chile

Motivación

- La técnica de Interferometría Diferencial de Imágenes de Radar de Apertura Sintética (DInSAR) permite detectar deformaciones superficiales del terreno en el orden del centímetro.
- La precisión teórica se ve afectada principalmente por la presencia de vapor de agua troposférico, el cual es altamente cambiante en espacio y tiempo.

Cambio de velocidad y tiempo de propagación → Cambio en la distancia percibida por el satélite → ¡Problema!

Sin embargo…

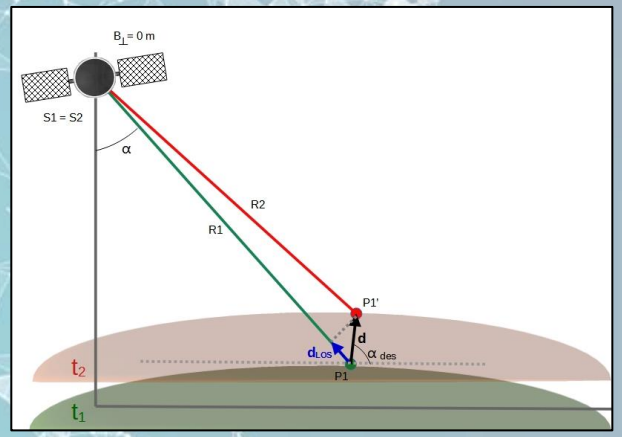
La técnica de Posicionamiento Satelital (GNSS) permiten la determinación de los retardos troposféricos (ZTD) sufridos por la señal, gracias a los ajustes de alta precisión de las redes geodésicas.

Hipótesis

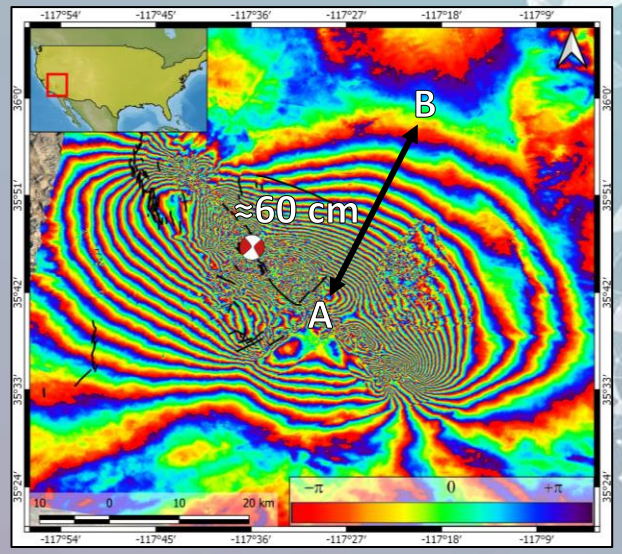
"La red de estaciones GNSS de SIRGAS, permite la generación mapas en alta resolución de ZTD con el fin de analizar y corregir la influencia del vapor de agua en las imágenes SAR."

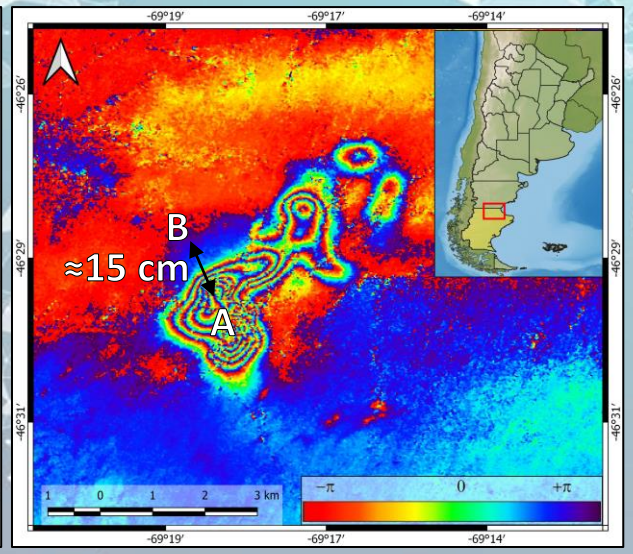
DInSAR

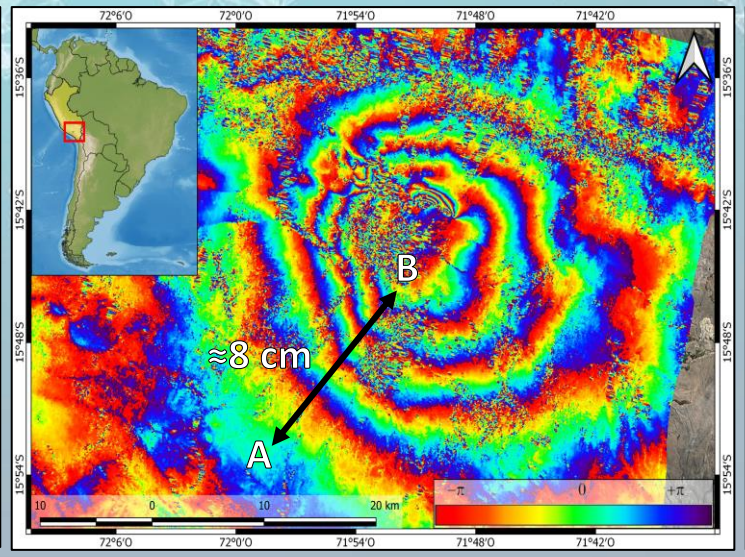
- El producto denominado **interferograma diferencial** se genera mediante la diferencia de fase entre dos imágenes SAR tomadas en fechas distintas.
- Se detecta la deformación proyectada en la línea de vista del satélite (Line-of-sight - **LOS**).
- La influencia atmosféricas puede disminuir o enmascarar las deformaciones detectadas.

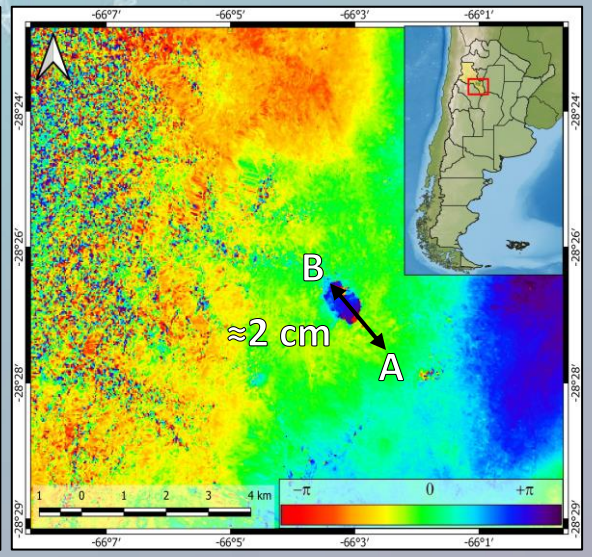


- Terremotos
- Actividad antropogénica
- Erupciones volcánicas
- Deslizamientos





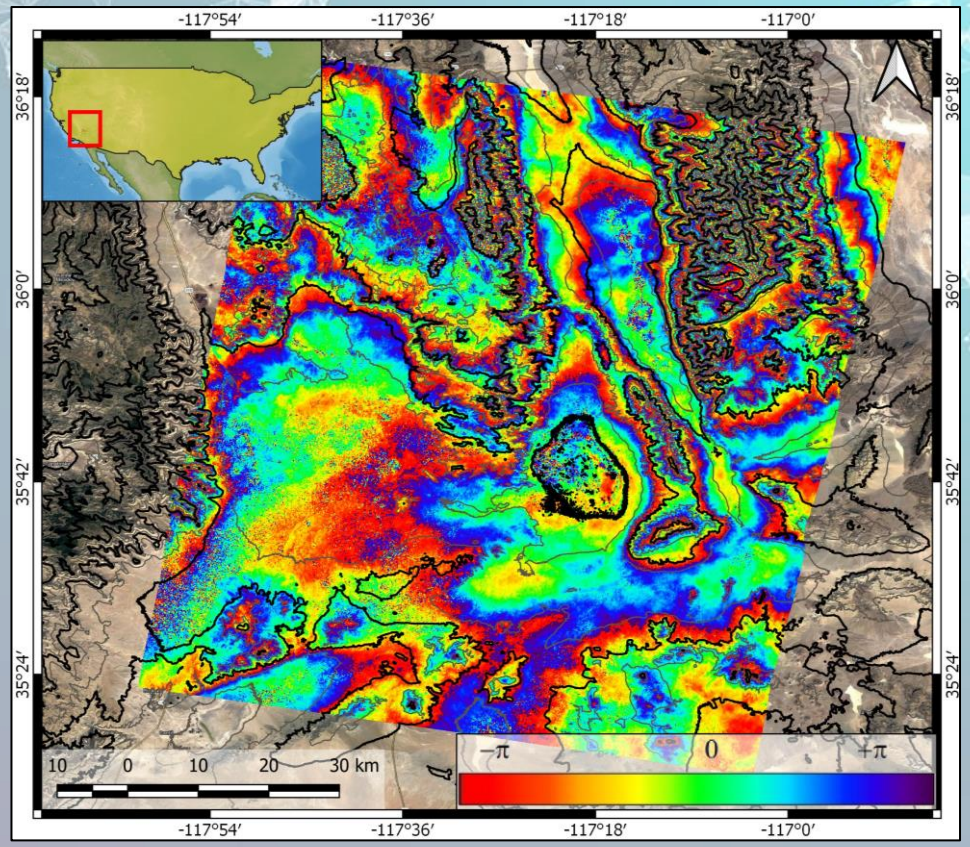




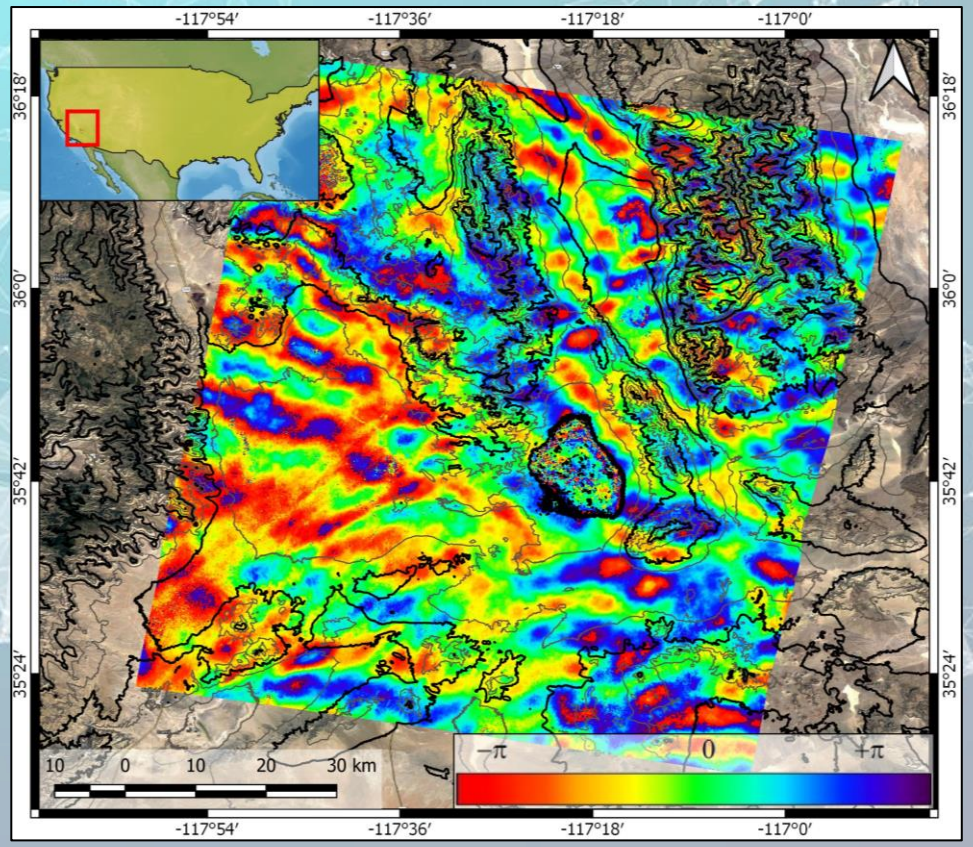
Errores atmosféricos

- La precisión teórica de DInSAR se ve afectada principalmente por la presencia de **vapor de agua** troposférico, el cual es altamente cambiante en espacio y tiempo.
- Las correcciones atmosféricas se determinan en función de los retrasos de la señal.

Estratificación



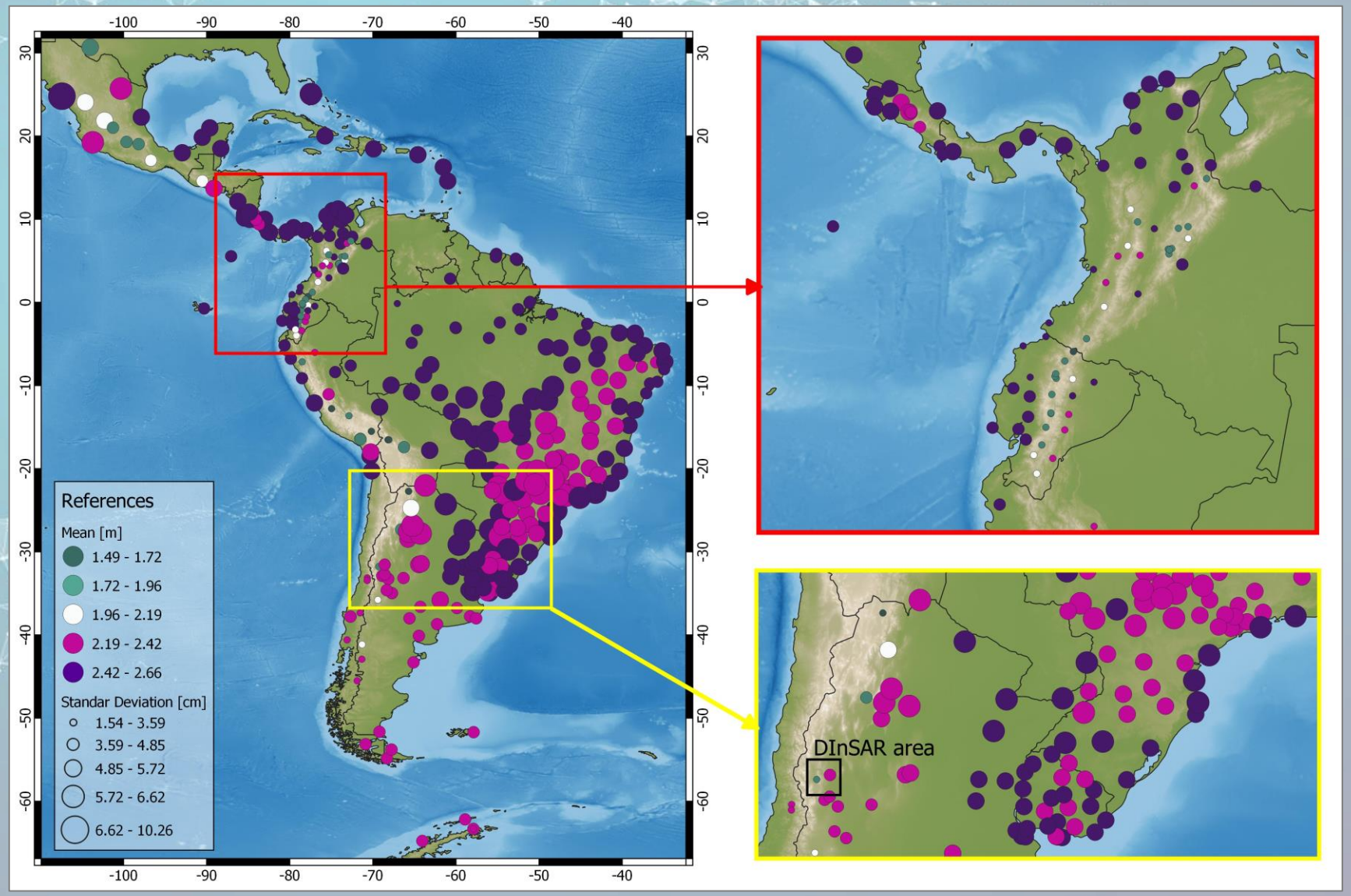
Turbulencia



Análisis de las variaciones del ZTD

El ZTD varía principalmente a causa de la latitud y la altura, por ser las variable geográficas que afectan al comportamiento del vapor de agua. Este análisis no tiene en cuenta las corrientes de aire propias de cada región.

Se analizó el ZTD* de las estaciones SIRGAS para el período 2014-2020 en estaciones con más de 3 años de datos.



* Disponible en: ftp://ftp.sirgas.org/pub/gps/SIRGAS-ZPD/

Aportes al uso del ZTD como corrección atmosférica en DInSAR

Área de estudio: Precordillera de San Juan (Arg).

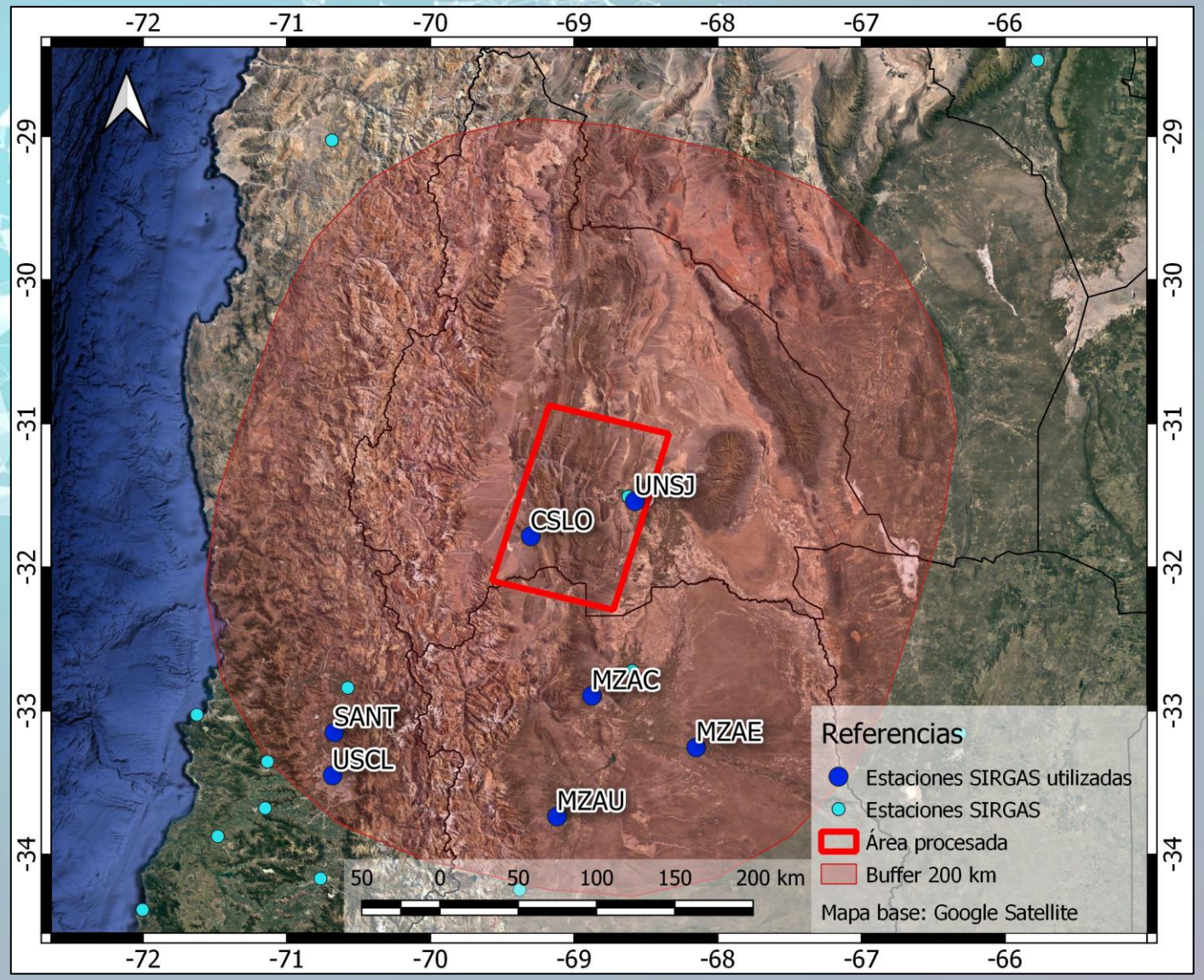
Se implementó el Método de Descomposición Iterativo (ITD)*.

- Requiere una superficie de alturas: SRTM30
- Permite obtener un valor del ZTD para cada pixel.
- Descompone el ZTD en componentes turbulentas y estratificadas:

$$ZTD_k = T(x_k) + L_0 e^{-\beta h_k} + \varepsilon_k$$

Datos

84 imágenes
Sentinel 1A y B
Órbita descendente
Época: 2014 y 2018
256 interferogramas
7 estaciones SIRGAS

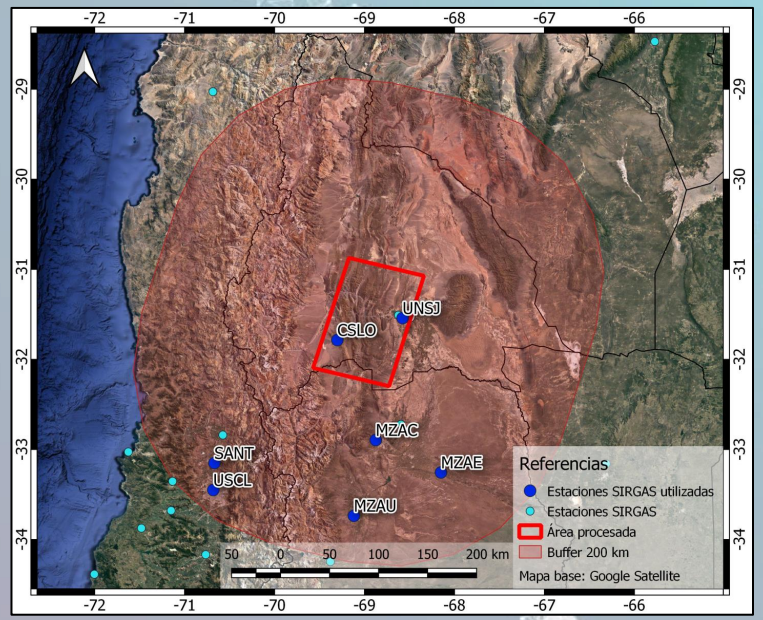


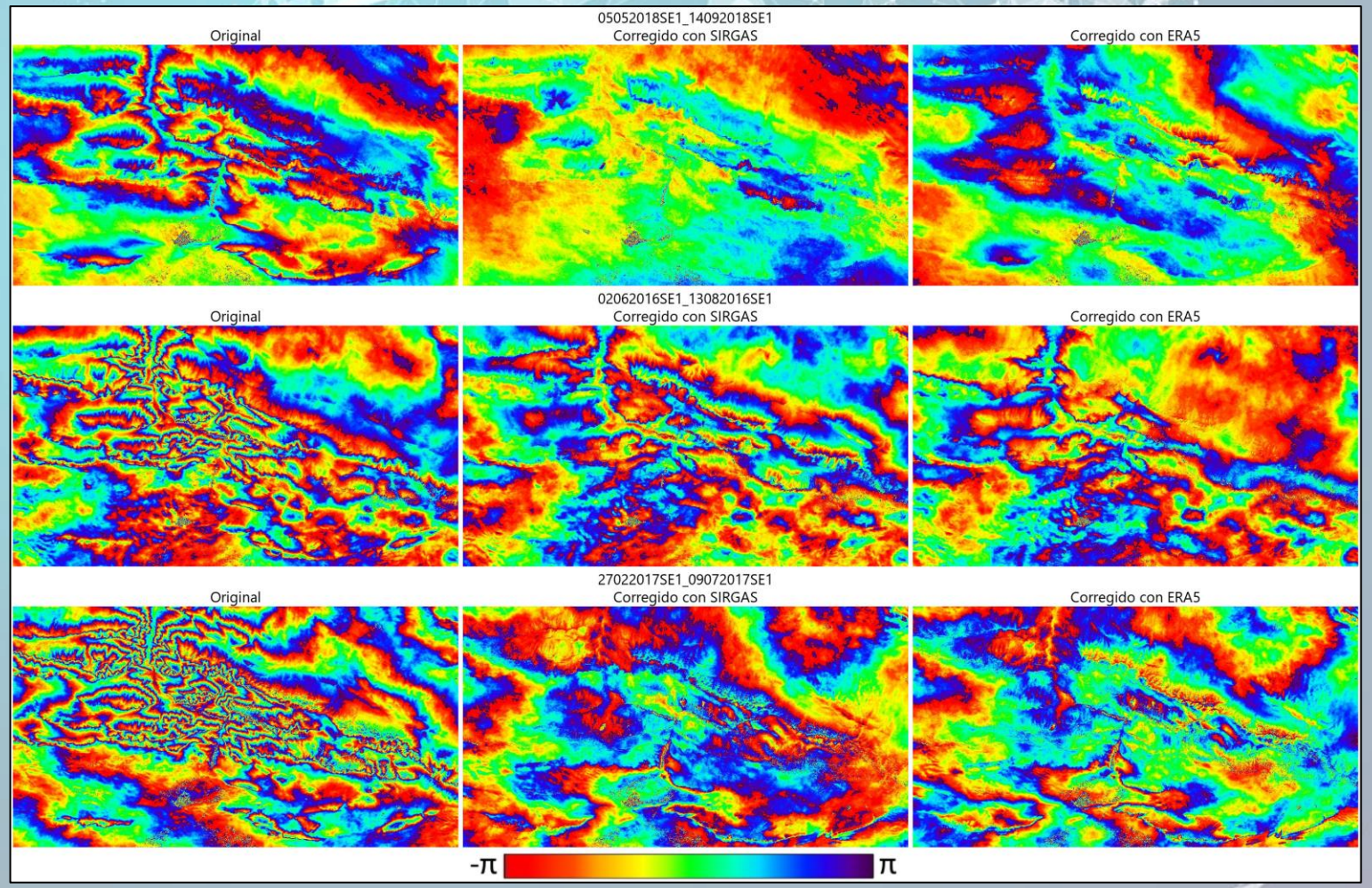
* Fuente: Yu et al., 2017, 2018a, 2018b

Mapas de ZTD utilizando la Red SIRGAS

Se necesita un mínimo de 3 estaciones para que la solución de la interpolación pueda converger.

Se pudieron calcular correcciones para 48 fechas, pudiendo corregirse sólo 223 interferogramas (87%).



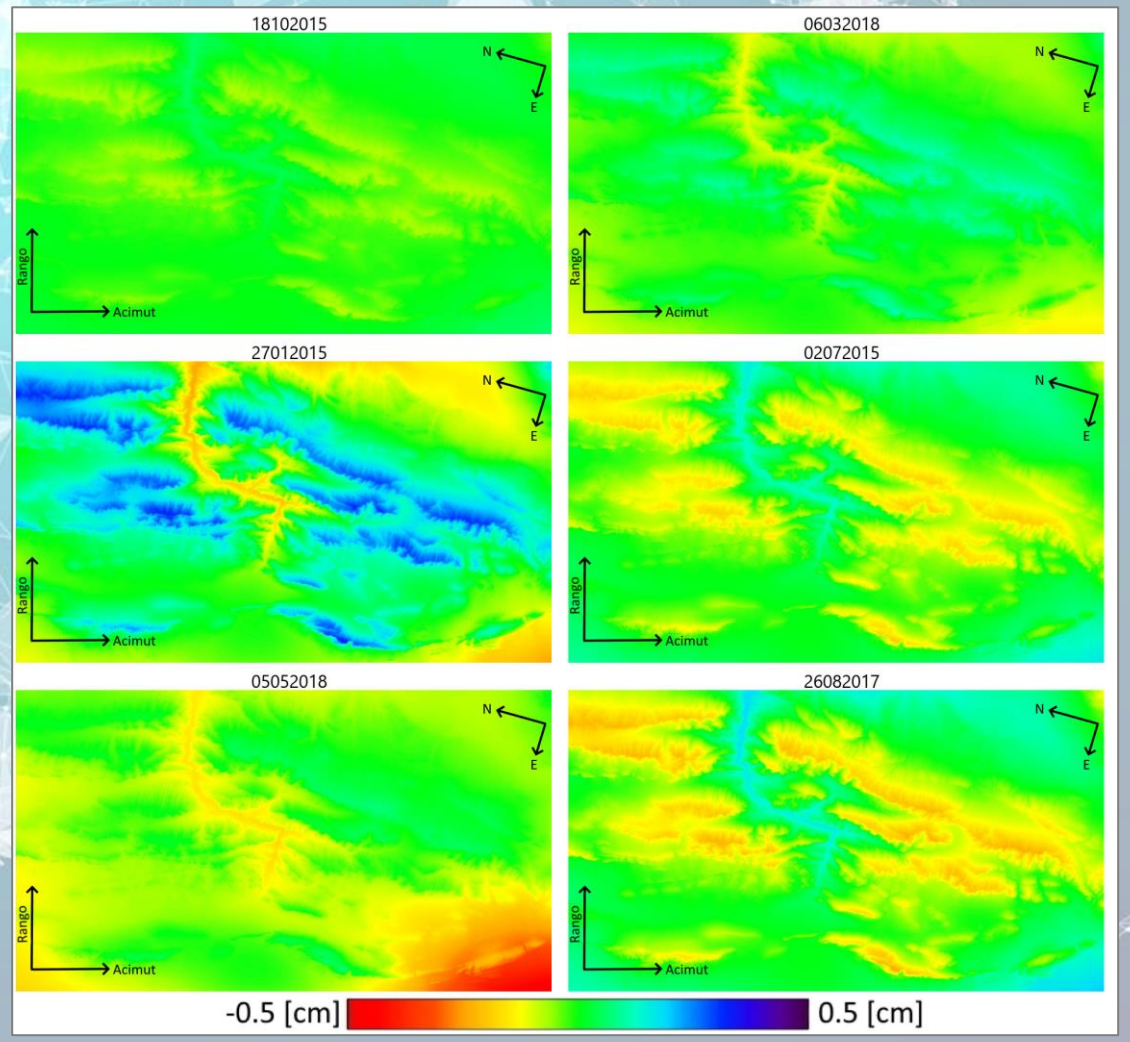


Muestras de interferogramas sin corregir (izq), corregidos con SIRGAS (centro), corregido con modelos atmosféricos (der)

Mapas de ZTD utilizando la Red SIRGAS
Análisis de la cantidad de estaciones utilizadas

Considerando que 2 estaciones pertenecen a otra región climática (SANT y UNCL), cómo cambian los mapas si se usan sólo las estaciones más cercanas?

- Se generaron mapas con 3 estaciones: UNSJ, CSLO y MZAC
- Resultados:
  - Bajó la cantidad de fechas calculadas (de 86 a 51)
  - La media de las diferencias es menor a 0.3 cm
  - Sólo 6 fechas presentan desviaciones estándar entre 0.4 y 0.7 cm
  - Diferencias en zona cordillerana de entre 2 y 4 cm en 6 fechas



Diferencias entre mapas de ZTD calculados con 7 y 3 estaciones SIRGAS

Mapas de ZTD utilizando la Red SIRGAS
Análisis de la diferencia horaria

El horario de adquisición de las imágenes SAR no es siempre coincidente con los datos de ZTD de SIRGAS. ¿Es necesario interpolar el ZTD?

Hora de adquisión SAR para San Juan: 10 UTC

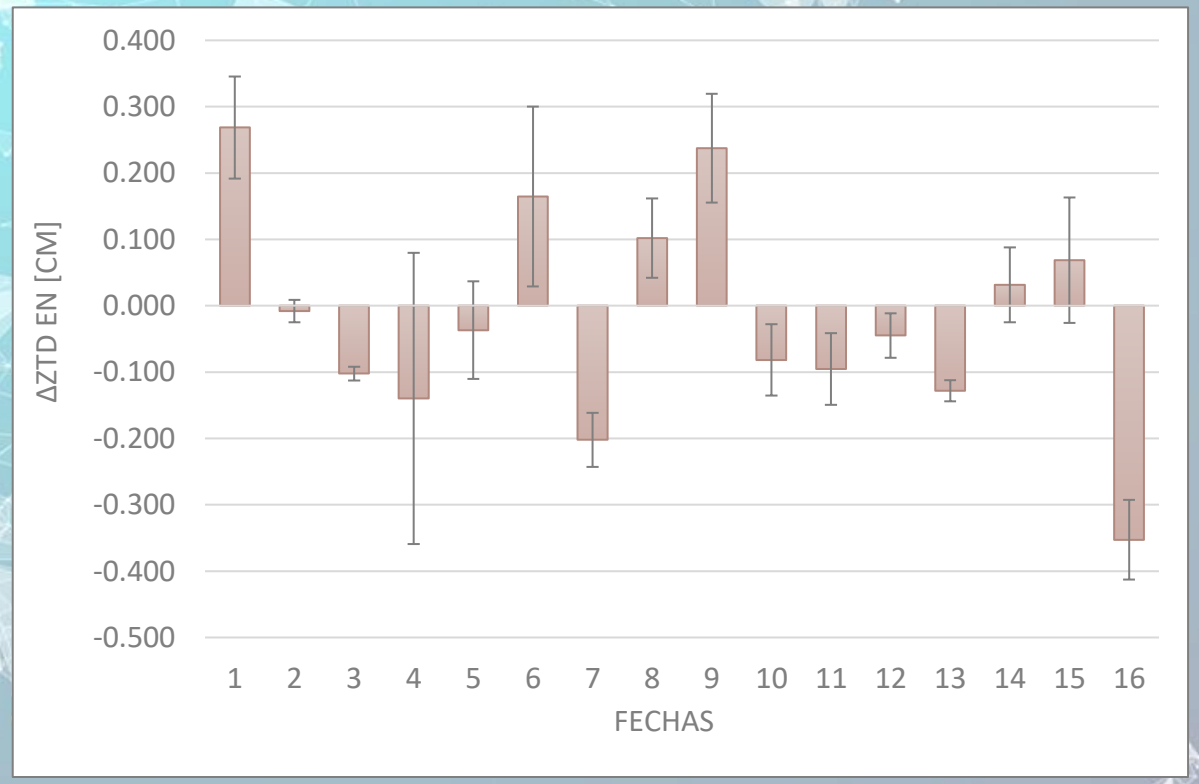
Caso hipotético de adquisición a las 10:30 UTC

Se calcularon mapas de ZTD a las:

- 10 y 11 UTC
- 10:30 con valores de ZTD interpolando entre las 10 y 11 UTC.

Se calculó la media de las diferencias (y su desviación estándar) entre los mapas calculados a las 10 con respecto a las 10:30, y a las 10:30 con respecto a las 11.

Esto se pudo realizar únicamente para 16 fechas, ya que la cantidad de datos a las 11 es menor que a las 10



Diferencias entre valores de ZTD calculados con 30 minutos de diferencia

Conclusiones

- Los productos troposféricos de SIRGAS permiten la generación de correcciones atmosféricas en DInSAR aún bajo las limitaciones espacio-temporales actuales.
- Los mapas de ZTD permiten disminuir la componente atmosférica de los interferogramas con la misma calidad que los mapas determinados por modelos atmosféricos.
- Tanto la variación temporal (inferior a una hora), como la cantidad de estaciones utilizadas, presentan diferencias que se encuentran dentro del error de determinación del ZTD (< 7 mm*). Sin embargo, esto puede variar según la zona de estudio.

* Fuente: Mackern et al. (2020) Tropospheric Products from High-Level GNSS Processing in Latin America

¡Muchas gracias por su atención!

Dra. Ing. Patricia Alejandra Rosell

Contacto: patricia.rosell@ingenieria.uncuyo.edu.ar