

Análisis de Deformación Sísmica Mediante Interferometría Diferencial SAR y GNSS

Agustín Calvet¹ – Sebastián Balbarani² – Mauricio Gende^{1,3}

¹ Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas - Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.
² Departamento de Agrimensura - Universidad de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina.



Introducción

La Interferometría de Radar de Apertura Sintética (InSAR) es una técnica poderosa de sensorado remoto que consiste en utilizar la información de la fase de las ondas electromagnéticas emitidas por un radar montado en un satélite y retrodispersadas en la superficie del terreno, para extraer información de las propiedades físicas de la superficie. Como se muestra en la Figura 1, la Interferometría Diferencial SAR (DInSAR) se resume en la medición repetida de un mismo punto luego de un dado intervalo de tiempo; de esta manera es posible determinar, a partir de las diferencias de fase, la magnitud del desplazamiento del terreno que puede tener lugar entre una adquisición y la otra.

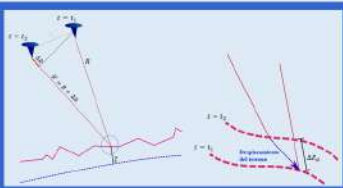


Figura 1: Esquema de medición con la técnica de interferometría diferencial SAR. Se mide al mismo punto en dos tiempos diferentes, t_1 e t_2 . Idealmente la línea de base B debería ser nula, en la práctica esto no ocurre.

Metodología

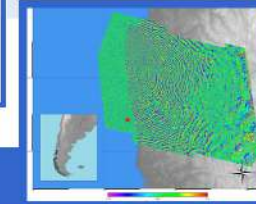
Se utilizaron datos de la misión satelital Sentinel correspondiente a la Agencia Espacial Europea (ESA), en particular del satélite Sentinel-1A. Las imágenes utilizadas fueron adquiridas en modo Interferometric Wide Swath (IW) y con nivel de procesamiento de Nivel-1 Single Look Complex (SLC), ambas pasadas descendentes. Las imágenes cubren el área de interés de un total de 20000 km² aproximadamente. La fecha de la primera adquisición fue el 24/08/2015 y de la segunda fue el 17/09/2015, de modo que el evento principal tuvo lugar en el intervalo temporal comprendido entre ellas.



Figura 3: Cadena de procesamiento.

Figura 4: Fase interferométrica enrollada. Se repite cíclicamente.

El procesamiento se realizó a partir del software GMTSAR diseñado para usuarios familiarizados con GMT (Generic Mapping Tools). La Figura 3 muestra la cadena de procesamiento. El software GMTSAR empleado en este trabajo hace uso del código *Snaphu* para el desenrollado de fase, escrito por Chen y Zebker (Sandwell et al. 2011).



Resultados

La Figura 6 muestra los resultados del procesamiento interferométrico donde se observa para cada píxel el valor del desplazamiento en dirección de vista del radar. Las flechas sobrepuestas sobre cada estación GNSS indican el desplazamiento horizontal medido en cada una de ellas en el instante de ocurrencia del evento principal, siendo la mayor de 142,2 cm en dirección suroeste en la estación PFRJ.

Se observa una gran similitud entre los resultados obtenidos con DInSAR y con GNSS. Las dos técnicas son absolutamente independientes y por lo tanto los resultados obtenidos mediante GNSS nos sirven para validar lo obtenido previamente con las imágenes SAR.

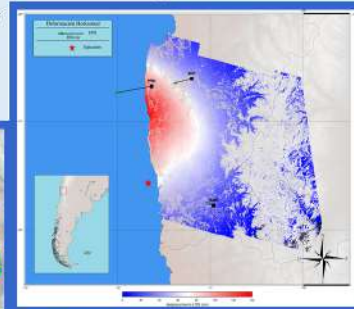


Figura 6: Deformaciones cosísmicas medidas con Interferometría Diferencial SAR y con GNSS.

Caso de estudio

El 16 de septiembre de 2015 ocurrió un importante movimiento telúrico de 8.3Mw en la zona Centro-Norte de Chile, con epicentro cercano a la región de Illapel. La tectónica de la región abarca la zona de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana que convergen a una tasa de 8 cm por año. En este trabajo hacemos uso de imágenes SAR y a partir de la técnica de interferometría diferencial SAR y mediciones en tres estaciones GNSS, determinamos la deformación superficial producto del evento principal en una región cercana al epicentro.



Figura 2: Zona de estudio y estaciones GNSS.

Análisis GNSS

Posteriormente se realizó un análisis de la deformación cortical sísmica a partir de las variaciones temporales de las coordenadas de tres estaciones GNSS distribuidas en la zona de estudio. Las tres estaciones de las que se obtuvieron coordenadas fueron de la estación Salamanca (SLMC), estación Coquimbo (PFRJ) y estación Ovalle (BN17). Los datos GNSS crudos fueron procesados por el NGL (Nevada Geodetic Laboratory) mediante la estrategia PPP utilizando los mejores modelos (de troposfera, de carga, etc.) y los productos geodésicos (efeméride, correcciones de relojes de satélite, etc.) para obtener un resultado muy preciso (Blewitt et al. 2018). Estos datos se encuentran referenciados al marco IGS14.

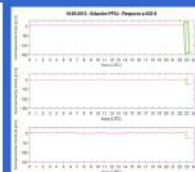


Figura 5: Mediciones GNSS en la estación Coquimbo.

Conclusiones

DInSAR nos permitió estimar de manera remota la deformación superficial producto del terremoto. Además el fácil acceso a los datos (gracias al programa Copernicus) sumado a la amplia cobertura espacial y al veloz período de revisita del satélite la convierten en una herramienta con gran potencialidad para el monitoreo y control de fenómenos naturales y humanos. La técnica GNSS es una herramienta independiente y robusta que permite la validación externa de los resultados interferométricos. Convirtiéndola en el complemento ideal para la técnica de interferometría diferencial SAR.

Referencias

Blewitt, G., Hammond, W. & Kreemer, C. Harnessing the GPS Data Explosion for Interdisciplinary Science. (American Geophysical Union (AGU), 2018, 9)
 Sandwell, D., Mellors, R., Tong, X., Wei, M. & Wessel, P. Gmtsar: An insar processing system based on generic mapping tools. (2011)