

# Análisis multitemporal de la masa de agua en áreas glaciarias de la Patagonia mediante sensores remotos e información terrestre

A. PEREIRA<sup>1,2</sup>, C. CORNERO<sup>1</sup>, M.C. PACINO<sup>1,2</sup>, A.C. O.C. MATOS<sup>4</sup>, D. BLITZKOW<sup>3,4</sup>



<sup>1</sup> Área de Geodinámica y Geofísica, Fac. de Ciencias Exactas, Ing. y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, Argentina.  
<sup>2</sup> CONICET, Argentina.



<sup>3</sup> Laboratório de Topografia e Geodesia, Esc. Politécnica, Universidade de São Paulo  
<sup>4</sup> Centro de Estudos de Geodesia (CENEGEO), São Paulo, Brazil.

## Resumen

Es evidente la existencia de un cambio climático global, y Sudamérica no está exento a ello. El estudio de la tendencia negativa de las masas de hielo en áreas glaciarias puede ayudar a comprender los impactos que estos cambios están teniendo en el nivel medio del mar, aspecto que sirve de base para diversas aplicaciones de la Geodesia. La misión gravimétrica satelital GRACE (*Gravity Recovery And Climate Experiment*) provee hasta el año 2017 variaciones temporales del campo gravitatorio terrestre, las que son debidas principalmente a procesos de transporte de masas, como los cambios en el almacenamiento de agua continental.

La región de Hielos continentales de Argentina y Chile es el tercer campo de hielo más grande del mundo. Las variaciones de masa detectadas en esta zona se relacionan con el rebote postglacial y con el impacto del cambio climático que está generando una gran retrocesión y pérdida de masa en la mayoría de los glaciares patagónicos. El objetivo de este trabajo es realizar un análisis multitemporal de la masa de agua en áreas glaciarias de la Patagonia mediante datos provenientes de sensores remotos e información terrestre *in situ*. Para ello se analizaron grillas de masa de GRACE, las que se validaron con registros de altura hidrométrica y altimetría satelital en lagos de la región.

## Datos utilizados:

- **Total Water Storage (TWS):** grillas de masas (*mascons*) derivadas a partir de GRACE, versión CSR RL05 [1].
- **Altura hidrométrica (HH):** series temporales de 5 estaciones en lagos de Argentina, provistas por el SNIH (Servicio Nacional de Información Hídrica de Argentina).
- **Altimetría satelital:** series temporales en 2 estaciones virtuales sobre lagos (provenientes de las misiones ENVISAT; Jason 1,2; Saral; T/P), obtenidas desde DAHITI (*Database for Hydrological Time Series of Inland Waters*) [2].

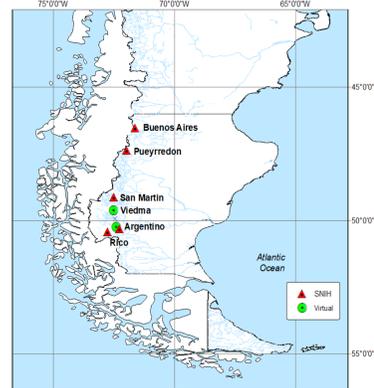


Figura 1. Estaciones terrestres y virtuales en lagos de la Patagonia.

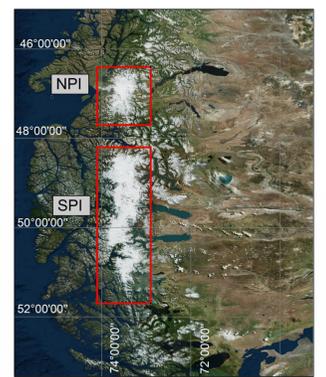


Figura 2. Región correspondiente al Campo de Hielo Patagónico Norte (NPI) y Sur (SPI) (imagen Google Earth).

## Resultados

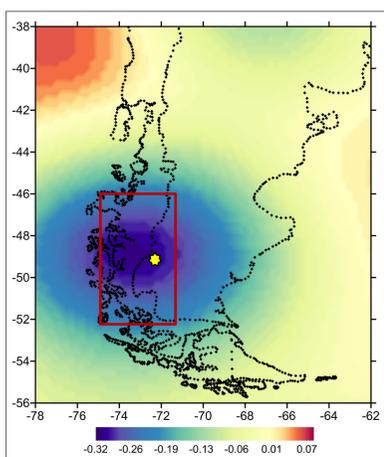


Figura 3. Tendencia de la gravedad [ $\mu\text{Gal}/\text{año}$ ] a partir de GRACE, en la Patagonia argentina-chilena (2002-2018). En el recuadro rojo, la zona correspondiente al Campo de Hielo Patagónico Norte/Sur, y la localización de la estación GNSS "CHLT" de la red RAMSAC Argentina.

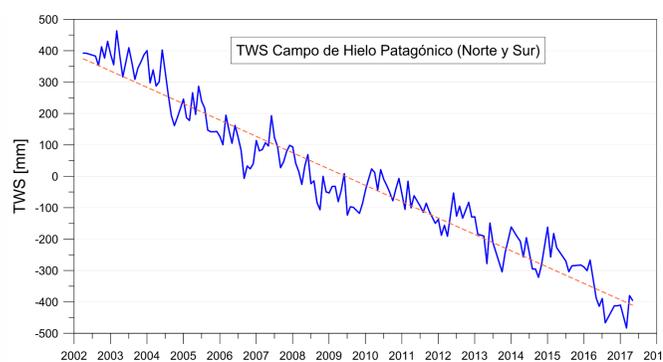


Figura 4. Almacenamiento total de agua continental (TWS de GRACE) en la región del Campo de Hielo Patagónico Norte/Sur, 2002 a 2018. La tendencia es de  $-52 \text{ mm}$  por año.

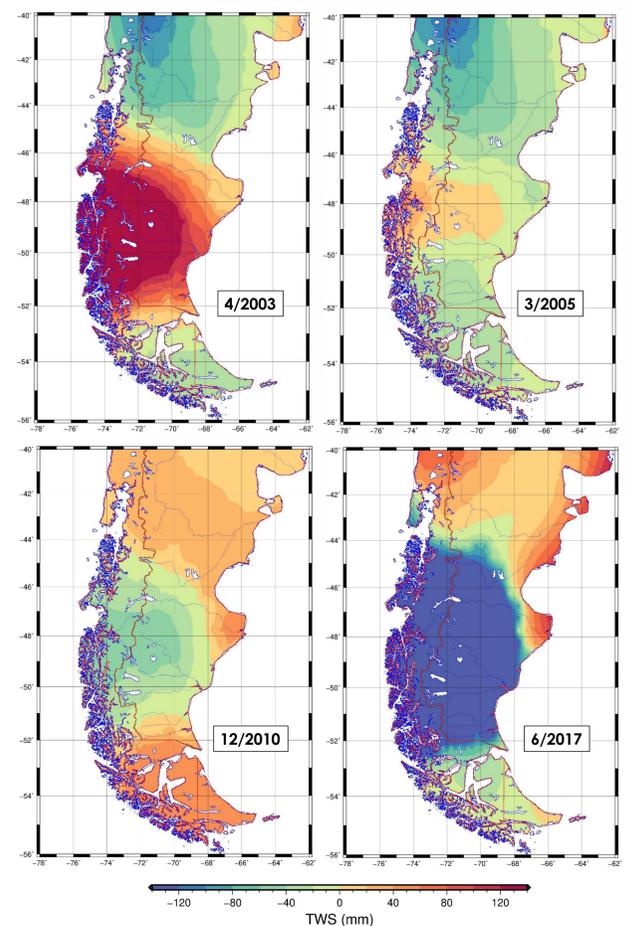


Figura 5. Mapas mensuales de TWS de GRACE para el período 2002-2018, donde se aprecia la disminución progresiva del almacenamiento de agua en la región del Campo de Hielo Patagónico Norte/Sur.

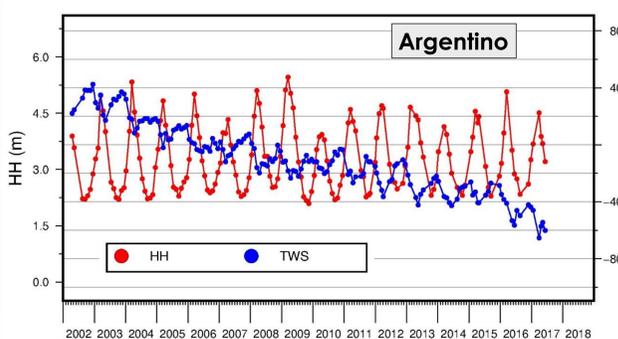
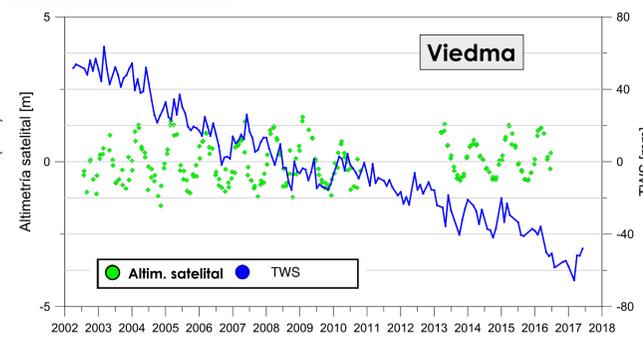


Figura 6. Series temporales de TWS y altura hidrométrica (HH)/altimetría satelital (período 2002- 2018), para dos de las estaciones seleccionadas en lagos de la región (terrestre, izquierda; y virtual, derecha).



## Conclusiones

- Los resultados obtenidos a partir de GRACE mostraron una tendencia negativa en la anomalía de gravedad, así como una marcada disminución en el almacenamiento de agua continental en la región para el período 2002-2018 (Figuras 3, 4 y 5).
- La señal de GRACE indicó una tendencia negativa del TWS en el tiempo para todas las estaciones analizadas, mientras que la altura hidrométrica/satelital registró un comportamiento periódico, a pesar de mostrar un leve decrecimiento de la variable a partir del 2010 (Figura 6). Es por ello que se obtuvieron valores pequeños de correlación entre las señales (menores al 50%), los que resultaron aún inferiores para las estaciones ubicadas hacia el sur. La mayor influencia de las grandes masas de hielo cercanas a los lagos en la región del SPI, es la causa probable de este resultado.
- Por lo tanto, es posible estimar que la disminución del almacenamiento de agua hallado en la región no esté relacionado directamente con una variación de los espacios lacustres, y que además es necesario otro tipo de información para validar los resultados ofrecidos por GRACE.
- GRACE puede resultar en una potente herramienta para monitorear la deformación terrestre, en particular en aquellas zonas con marcadas variaciones del TWS y tendencia de la gravedad. Actualmente, la utilización de series temporales de estaciones GNSS en la zona de glaciares para analizar las deformaciones en dicha región, es parte de la continuación del trabajo presentado (ver Figura 3). Asimismo, imágenes satelitales ópticas y radar se están aplicando para analizar los cambios volumétricos y superficiales detectados en los campos de hielos, de manera de avanzar con el estudio de la evolución de los procesos detectados por GRACE, y la recientemente lanzada, GRACE-FO.