

Avances en el pronóstico operativo del nivel del mar y corrientes medias para la Plataforma Continental Argentina

Dinápoli MG^(1,2,3), Simionato CG^(1,2,3), Etala P⁽⁴⁾, Alonso G^(2,3,6), Moreira D^(1,2,3), Dragani W^(2,3,5,6), Re M⁽⁷⁾, Tomazin N⁽⁷⁾, García Skabar Y⁽⁴⁾, D'Onofrio E⁽⁸⁾, Fiore M⁽⁶⁾



Resumen

El proyecto Pronosticando el Mar Argentino (PronoMAR, A5) ha conformado una red interinstitucional con el fin de desarrollar, implementar y dar apoyo y continuidad a un sistema de vanguardia para el pronóstico del nivel del mar y olas, en coproducción con el Servicio Meteorológico Nacional (SMN). En lo que respecta al nivel del mar, a la fecha ya se ha instalado en el SMN de modo operativo experimental un modelo numérico, denominado Modelo para la Simulación de Ondas de Tormenta (MSOT), desarrollado por el CIMA. MSOT provee pronósticos por ensambles de la superficie libre del mar y las corrientes medias en la Plataforma Continental Argentina. MSOT ha sido validado en distintas estaciones a lo largo de la costa argentina y recientemente se han sido incorporadas dos herramientas para reducir la incerteza de los pronósticos y, así, aumentar su calidad. La primera corresponde a una metodología de post-procesamiento que: filtra los miembros del ensamble descorrelacionados con el grupo de soluciones semejantes y computa la solución media considerando por separado la modulación de la señal y la oscilación de base. Los resultados mostraron que la aplicación de esta técnica es capaz de reducir la incerteza de los pronósticos, especialmente en la versión probabilística que sirve para proveer avisos y/o alertas. La segunda metodología fue la asimilación de datos que busca "mezclar" las observaciones con las soluciones numéricas para crear condiciones iniciales más representativas de la realidad. De esta manera se compensan las potenciales incertezas intrínsecas de los métodos numéricos y se extrae plenamente la información disponible en las observaciones, expandiendo su radio de influencia a más allá del sitio donde fueron obtenidas. Los resultados han demostrado que los pronósticos mejoran significativamente al inicializarlos con estas nuevas condiciones iniciales; particularmente corrigen los errores sistemáticos y compensan los déficit de energía del forzante atmosférico.



1. MSOT

El Modelo para la Simulación de Ondas de Tormenta (MSOT) es una adaptación del código fuente del modelo de la comunidad científica CROCO (<http://www.croco-ocean.org>). Tal adaptación ha sido llevada a cabo para regionalizar un sistema numérico para representar la componente barotrópica de la Plataforma Continental Argentina (Fig. 1)

- MSOT presenta una resolución media de 7 km en la zona patagónica y 2 km la zona del Estuario del Río de la Plata. Es sistema es forzado con:
- Marea astronómica en los bordes laterales a partir de la composición de las componentes armónicas M_2 , S_2 , N_2 , K_2 , K_1 , O_1 , Q_1 y P_1 del modelo global TPXO9.
 - Observaciones diarias de las principales bocas de descarga continental provistas por el Instituto Nacional del Agua y el Sistema de Información Hídrica.
 - Ensamble de 21 miembros de vientos y presión atmosférica en superficie obtenidos del modelo atmosférico global GEFS del NCEP.

Cada pronóstico comienza desde una condición inicial generada a partir de la asimilación de datos mareográficos y altimétricos utilizando la técnica 4DEnSRF. Por último, las soluciones en cada nodo son post-procesadas para (i) filtrar soluciones poco probables y (ii) promediar todos los casos considerando los potenciales desfases dados por la evolución temporal de los eventos forzados por la atmósfera.

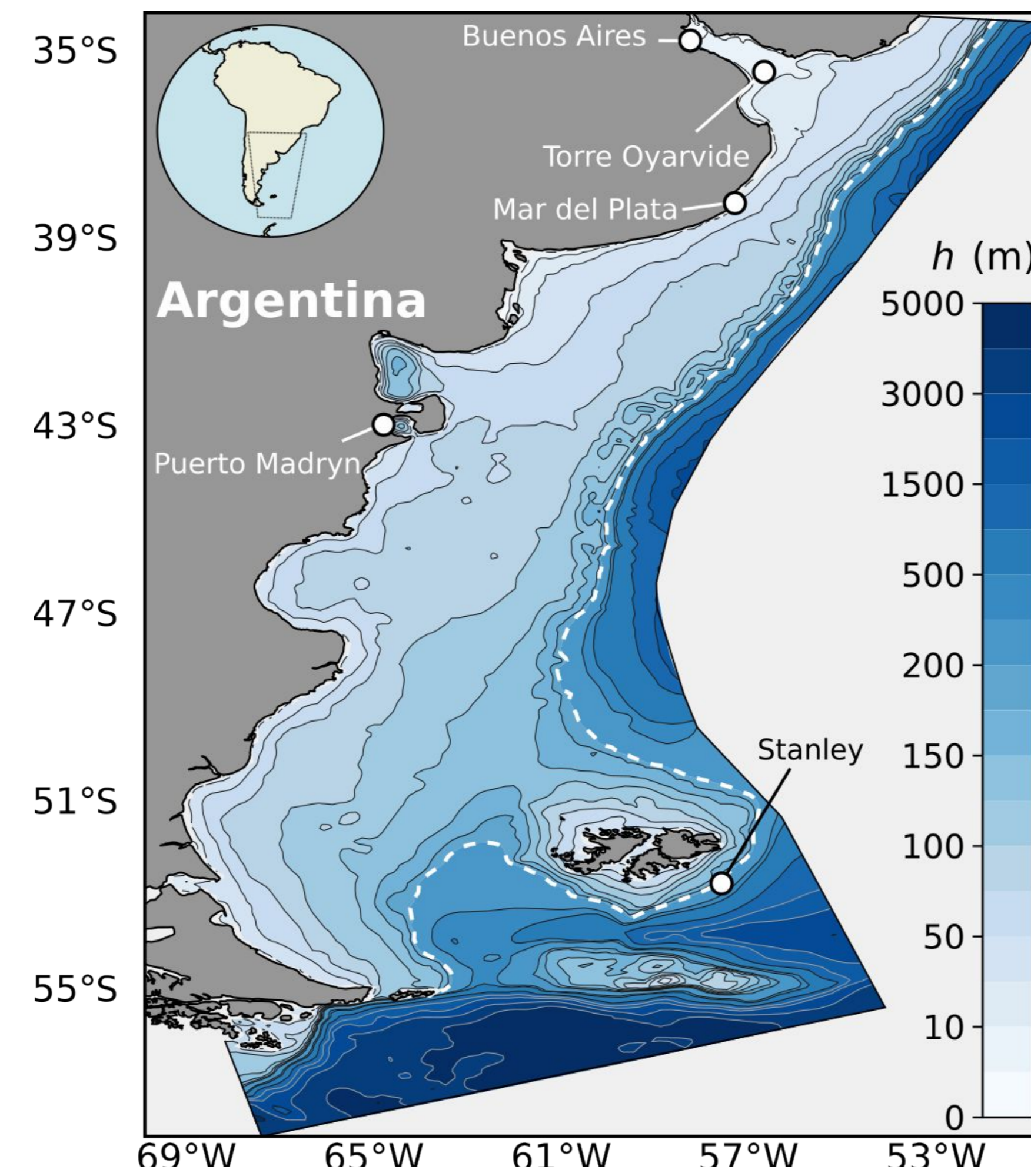


Figura 1. Dominio numérico.

2. Ejecución

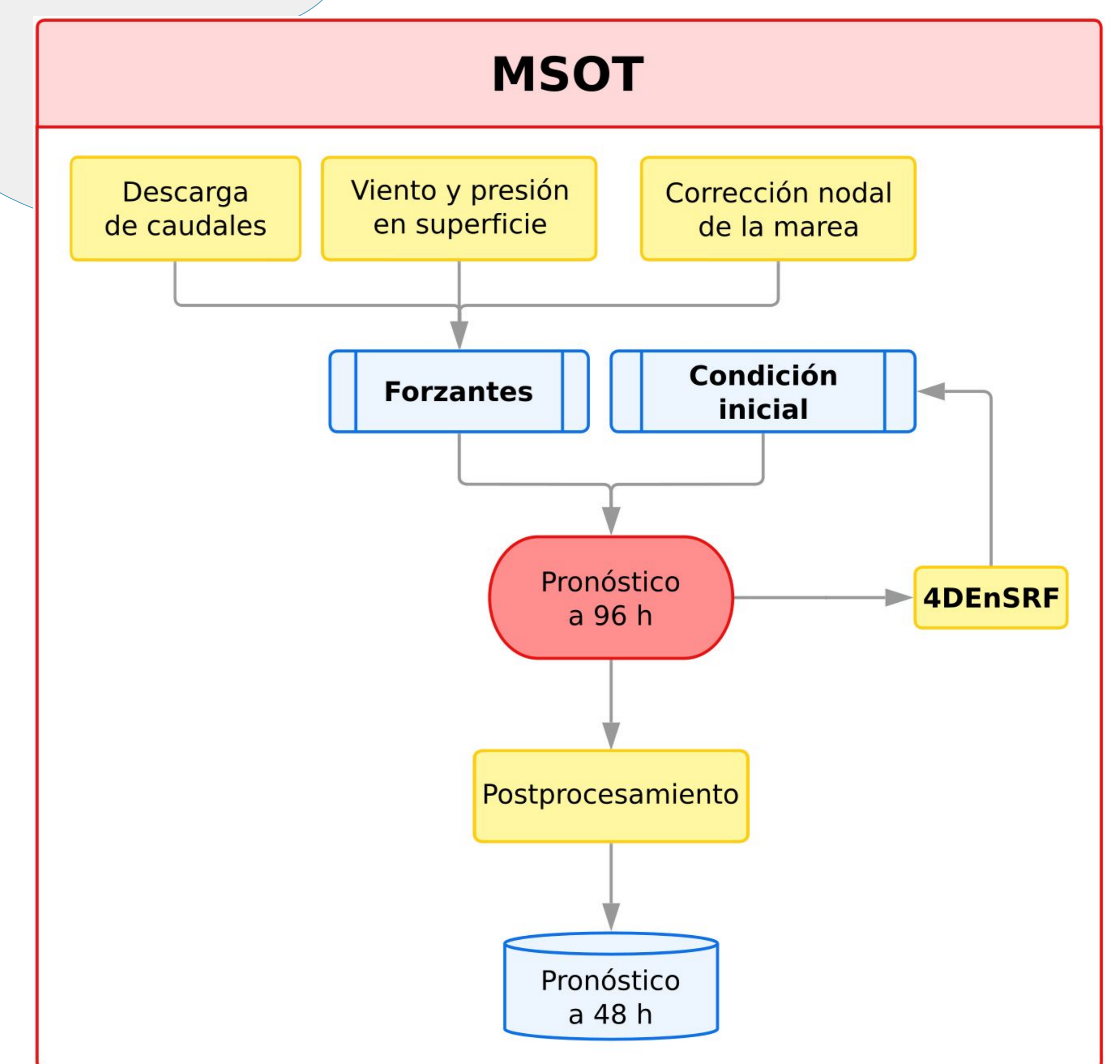


Figura 2. Diagrama de flujo de MSOT.

3. Soluciones

La Fig. 3 presenta una comparación de las observaciones (puntos negros), soluciones de control (NoEnSRF, línea azul) y soluciones inicializadas a partir de un estado que asimiló los datos que se muestran en la zona resaltada con verde (EnSRF, línea roja). La sombra roja representa el rango de incerteza de las soluciones.

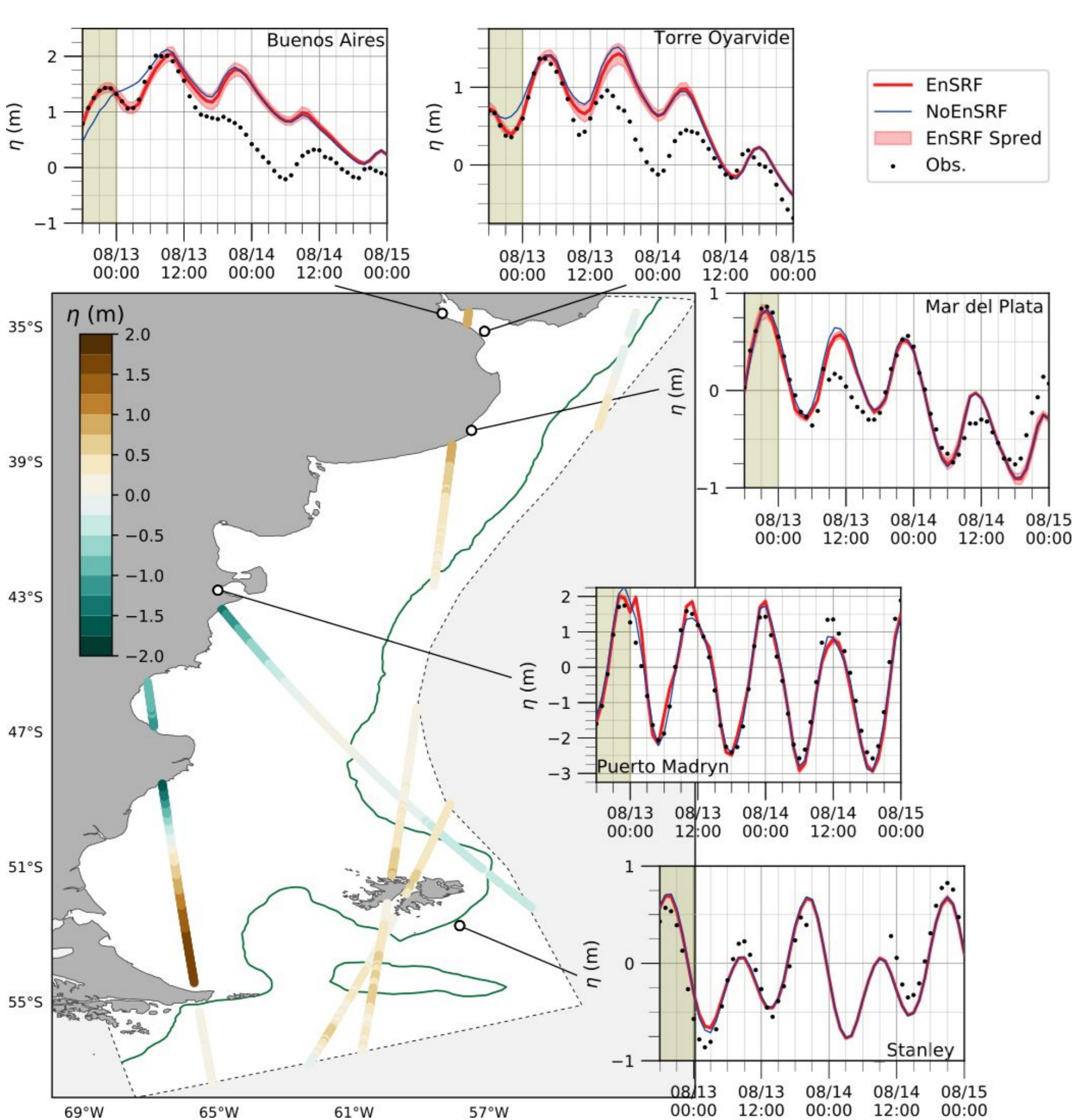


Figura 3. Pronósticos obtenidos luego de asimilar los datos mostrados en el mapa.

Los resultados excelente capacidad de que tiene la asimilación de datos en reproducir condiciones iniciales muy próximas a lo observado. Esto resalta más en la corrección del sesgo y de la evolución temporal de la superficie libre. Las mayores correcciones se observan en la Plataforma Norte donde los procesos forzados por la atmósfera son más relevantes. En contraposición, en la zona sur la marea sólo se ve corregida por unos instantes pero el comportamiento determinístico de este proceso hace absorber cualquier tipo de cambio. Por lo tanto, se puede concluir que la asimilación de datos tendrá un efecto en los primeros 2 días de pronósticos y que luego el sistema responderá a la dinámica del forzante externo.

4. Síntesis

Los resultados de este trabajo muestran que los MSOT es capaz de pronosticar la evolución temporal de la componente barotrópica de la Plataforma Continental Argentina. Los resultados han mostrado que en el caso de inicializar el pronóstico en un estado que incorpora observaciones (más conocido como análisis), los pronósticos conservan están mejor por 2 días, el sistema evoluciona en respuesta puramente a los forzantes externos. Esto impone una cota superior en los productos que se le proveerán al usuario y determina el rango temporal donde deben enfocarse los esfuerzos para mejorar estos productos.

Finalmente debe destacarse que todos los resultados mencionados en este trabajo fueron revisados por pares y publicados en revistas científicas internacionales de alto impacto:

Dinápoli, M.G., Simionato, C.G. & Moreira, D. Development and validation of a storm surge forecasting/hindcasting modelling system for the extensive Río de la Plata Estuary and its adjacent Continental Shelf. *Nat Hazards* 103, 2231–2259 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04079-5>

Dinápoli, MG, Simionato, CG, Moreira, D. Development and evaluation of an ensemble forecast/hindcast system for storm surges in the Río de la Plata Estuary. *QJR Meteorol Soc.* 2021; 147: 557–572. <https://doi.org/10.1002/qj.3933>

Dinápoli, M.G., Simionato, C.G. An integrated methodology for post-processing ensemble prediction systems to produce more representative extreme water level forecasts: the case of the Río de la Plata estuary. *Nat Hazards* 114, 2927–2940 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05499-1>

Dinápoli, M.G., Ruiz, J.J., Simionato, C.G. & Berden, G.(2023) Improving the short-range forecast of storm surges in the southwestern Atlantic continental shelf using 4DEnSRF data assimilation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 149(755), 2333–2347. Available from: <https://doi.org/10.1002/qj.4509>

⁽¹⁾Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA/CONICET-UBA), Buenos Aires, Argentina.
⁽²⁾Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (DCAO/FCEN-UBA), Buenos Aires, Argentina.
⁽³⁾Laboratorio Internacional de Investigación Instituto Franco-Argentino para el Estudio del Clima y sus Impactos (IRL-IFAEI/CNRS-IRD-CONICET-UBA), Buenos Aires, Argentina.
⁽⁴⁾Servicio Meteorológico Nacional (SMN/MINDEF), Buenos Aires, Argentina.
⁽⁵⁾Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina.
⁽⁶⁾Servicio de Hidrografía Naval (SHN/MINDEF), Buenos Aires, Argentina.
⁽⁷⁾Instituto Nacional del Agua (INA), Buenos Aires, Argentina.(8) Instituto de Geodesia y Geofísica Aplicadas (IGGA/FIUBA-UBA), Buenos Aires, Argentina.