



### PRODUCTOS OPERATIVOS DEL ESTADO DEL MAR PARA LA SEGURIDAD NÁUTICA

LUCIANO BANEGAS<sup>1</sup>, ALVARO SCARDILLI<sup>1</sup>

<sup>(1)</sup> Dto. Meteorología, Servicio de Hidrografía Naval, Ministerio de Defensa, Argentina

#### RESUMEN

Este estudio presenta los productos operativos derivados de la implementación del modelo de olas Austral-WaveWatch III y de los modelos de ondas de tormenta y marea astronómica, en el Servicio de Hidrografía Naval (SHN). La simultaneidad de modelos permite la generación de productos para los navegantes en apoyo a la seguridad náutica, proporcionando altura y período de olas para el hemisferio sur, con un enfoque detallado en la plataforma continental argentina. También incluye un modelo de ondas de tormenta que considera el efecto meteorológico, combinado con la marea astronómica para generar un producto de altura total del agua, de fundamental importancia para la navegación en el Río de la Plata, ría de Bahía Blanca y actividades costeras. Estos pronósticos operativos son utilizados por el Servicio Meteorológico de la Armada y accesibles a través del sitio web del Servicio de Hidrografía Naval, facilitando decisiones estratégicas en la gestión de emergencias costeras y la planificación marítima. Este enfoque integrado mejora significativamente la capacidad de previsión y respuesta ante eventos oceanográficos críticos, promoviendo la seguridad y eficiencia en las aguas argentinas.

#### MODELO WAVEWATCH 3 - AUSTRAL

El modelo WaveWatch III Austral es una herramienta avanzada de predicción y análisis de olas que se utiliza para comprender y prever las condiciones oceánicas en el hemisferio sur. Desarrollado por el SHN, este modelo proporciona información detallada sobre la altura, el período y la dirección de las olas, elementos cruciales para la seguridad náutica, la gestión marítima y la investigación oceanográfica. Este es un modelo numérico de olas basado en la ecuación de onda espectral, diseñado para simular y prever el comportamiento de las olas en grandes áreas oceánicas. La versión Austral del modelo ha sido específicamente adaptada para cubrir las características y condiciones del hemisferio sur, con un enfoque particular en la plataforma continental argentina y sus alrededores. Utiliza la ecuación espectral de onda, que describe la evolución temporal y espacial del campo de olas mediante la distribución espectral de energía. Esta ecuación se resuelve numéricamente para proporcionar predicciones de altura, período y dirección de las olas en función de las condiciones iniciales y de frontera especificadas. También integra la formulación de equilibrio espectral de olas, considerando la interacción entre diferentes componentes de la ola, como el mar de fondo (swell) y el oleaje local (sea). Adicionalmente, se incorpora un esquema de resolución de las ecuaciones de ondas en el dominio espectral que permite una descripción detallada del estado del mar. El modelo utiliza datos de forzamiento meteorológico global, proporcionado por el NCEP (National Centers for Environmental Prediction), para generar predicciones precisas. WaveWatch III Austral representa una herramienta robusta y flexible para la predicción de olas, adaptada a las particularidades del hemisferio sur. Su integración de ecuaciones espectrales avanzadas y la capacidad de ofrecer datos en tiempo real lo convierten en un recurso invaluable para la seguridad y gestión de las actividades marítimas.

#### PRODUCTOS

#### OLAS

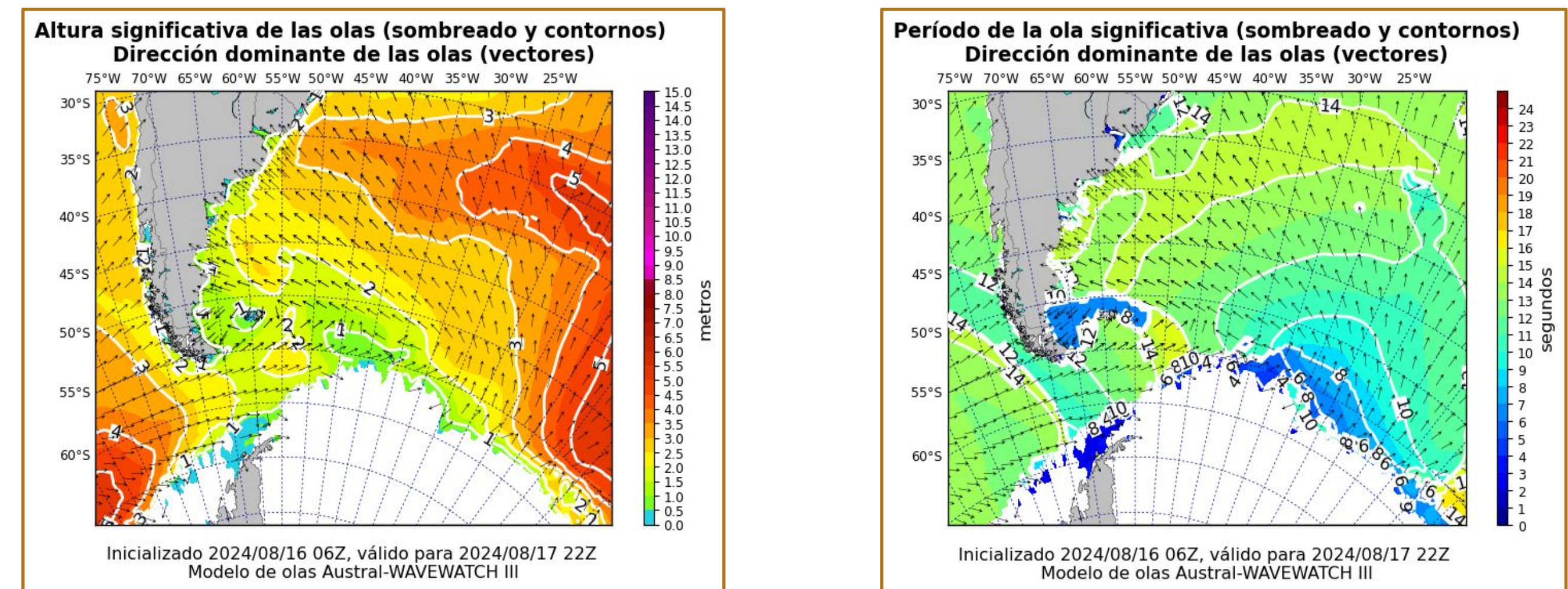


Fig. 1. Altura significativa de olas locales ("sea") (izq.) y período (der.). La altura significativa representa la altura promedio de las olas más altas, mientras que el período representa la duración media entre la llegada de olas sucesivas lo que indica la frecuencia con que las olas pasan por un punto.

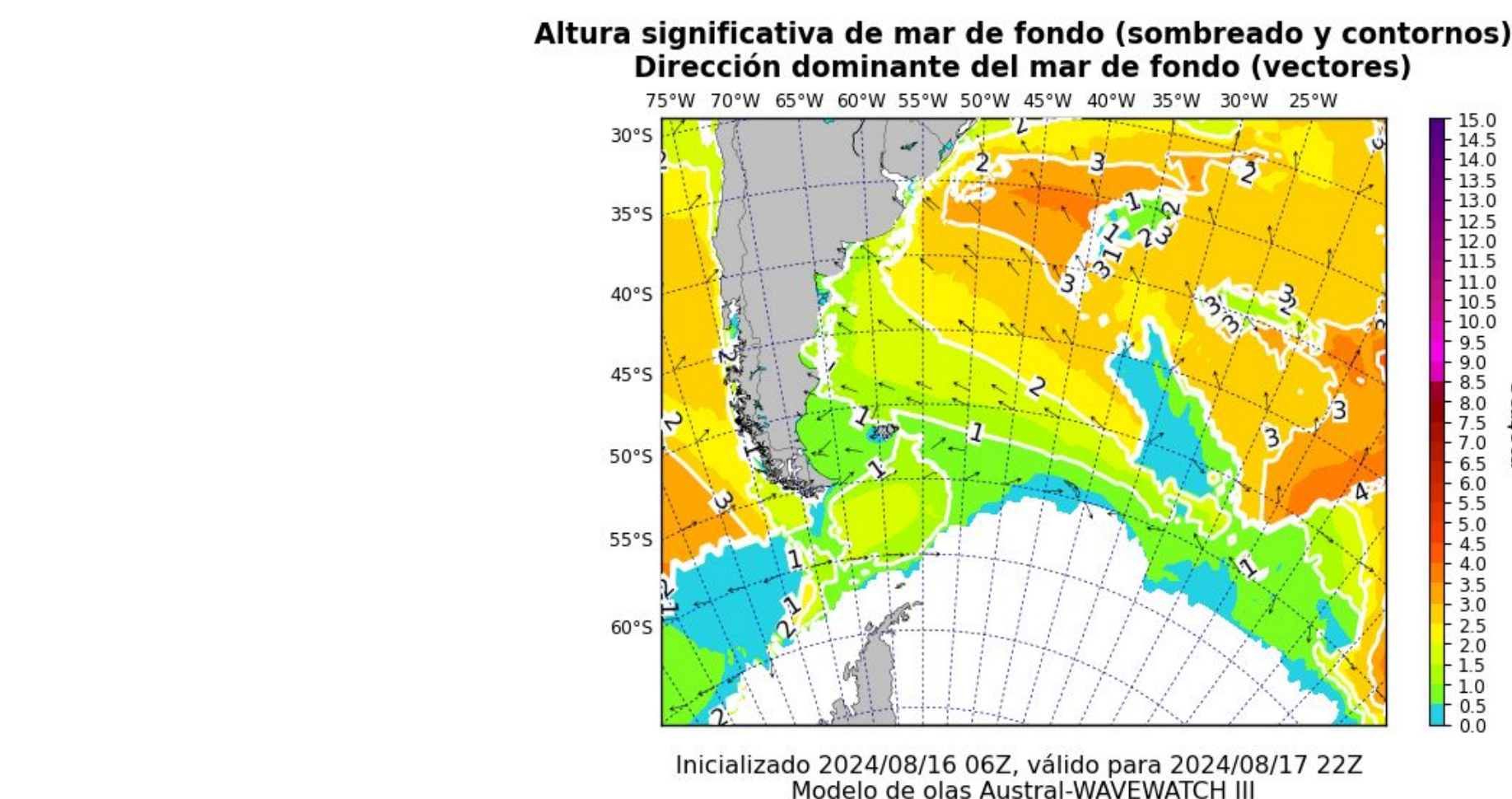


Fig. 2. Altura significativa de mar de fondo ("swell"). El "swell" se refiere a las olas que se originan en áreas distantes debido a vientos fuertes y prolongados, y que viajan a través del océano a gran distancia de su lugar de origen.

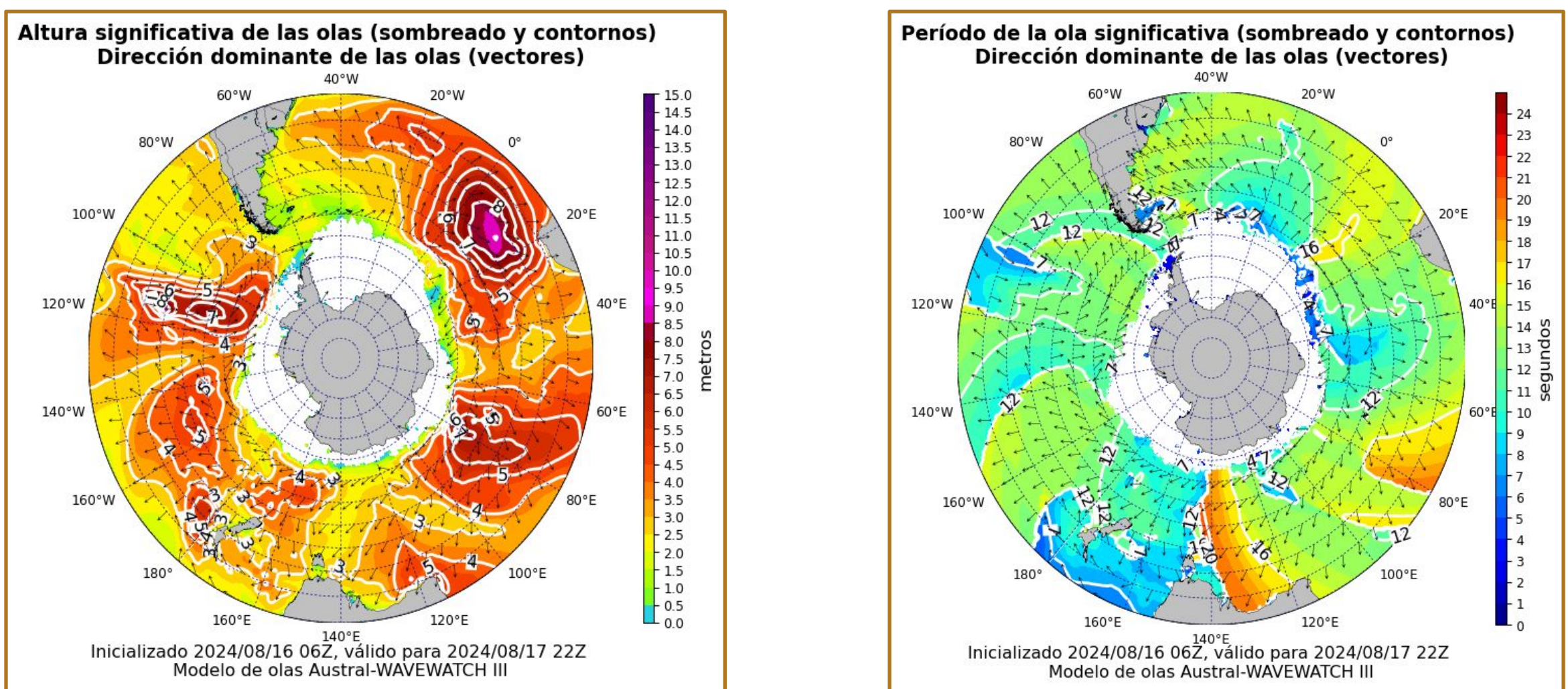


Fig. 3. Altura significativa de olas locales ("sea") (izq.) y período (der.) para todo el hemisferio sur, en proyección polar estereográfica.

#### ONDAS DE TORMENTA

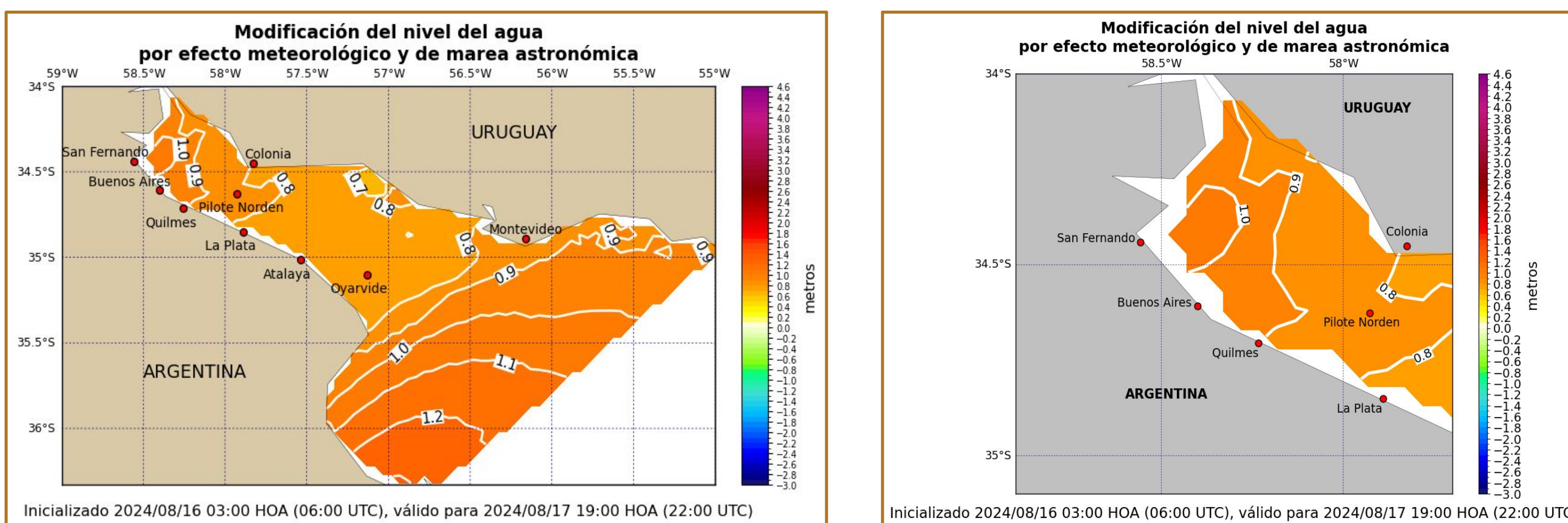


Fig. 4. Altura del nivel del agua considerando tanto el efecto meteorológico como la marea astronómica Río de la Plata (izq.) y zoom en Río de la Plata interior (der.).

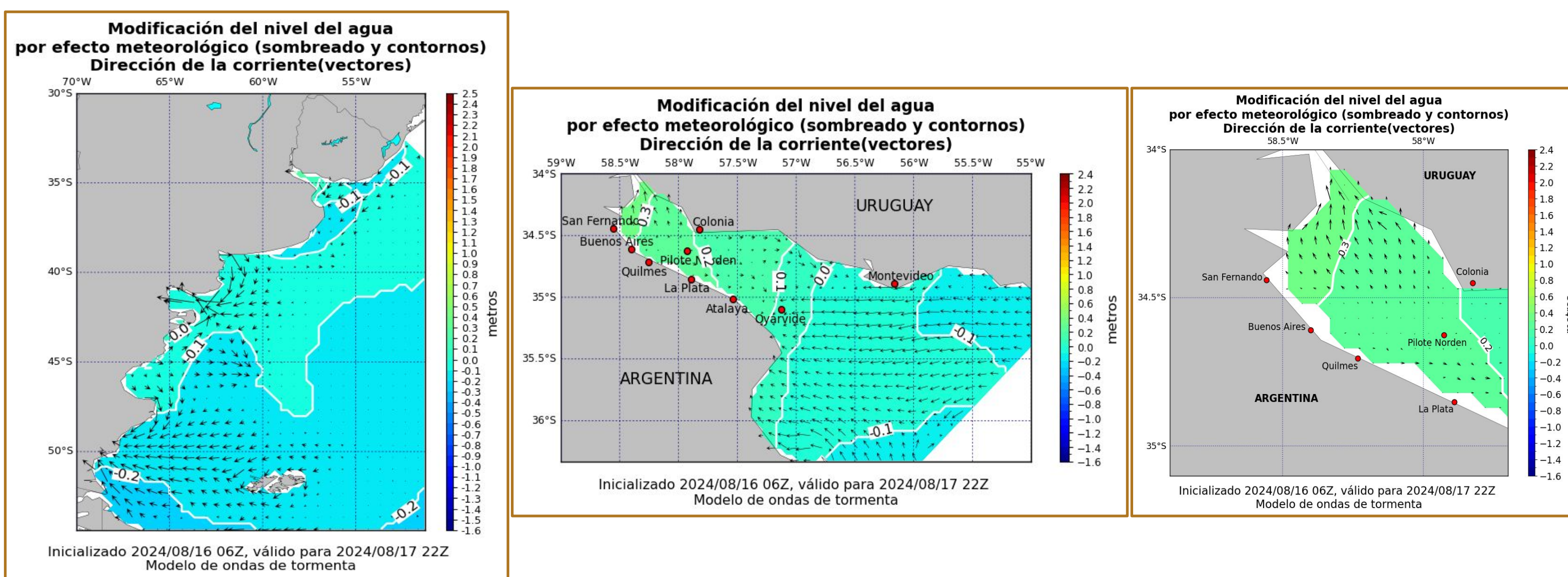


Fig. 5. Altura del nivel del agua considerando únicamente el efecto meteorológico para la plataforma continental (izq.), Río de la Plata (centro.) y zoom en Río de la Plata interior (der.).

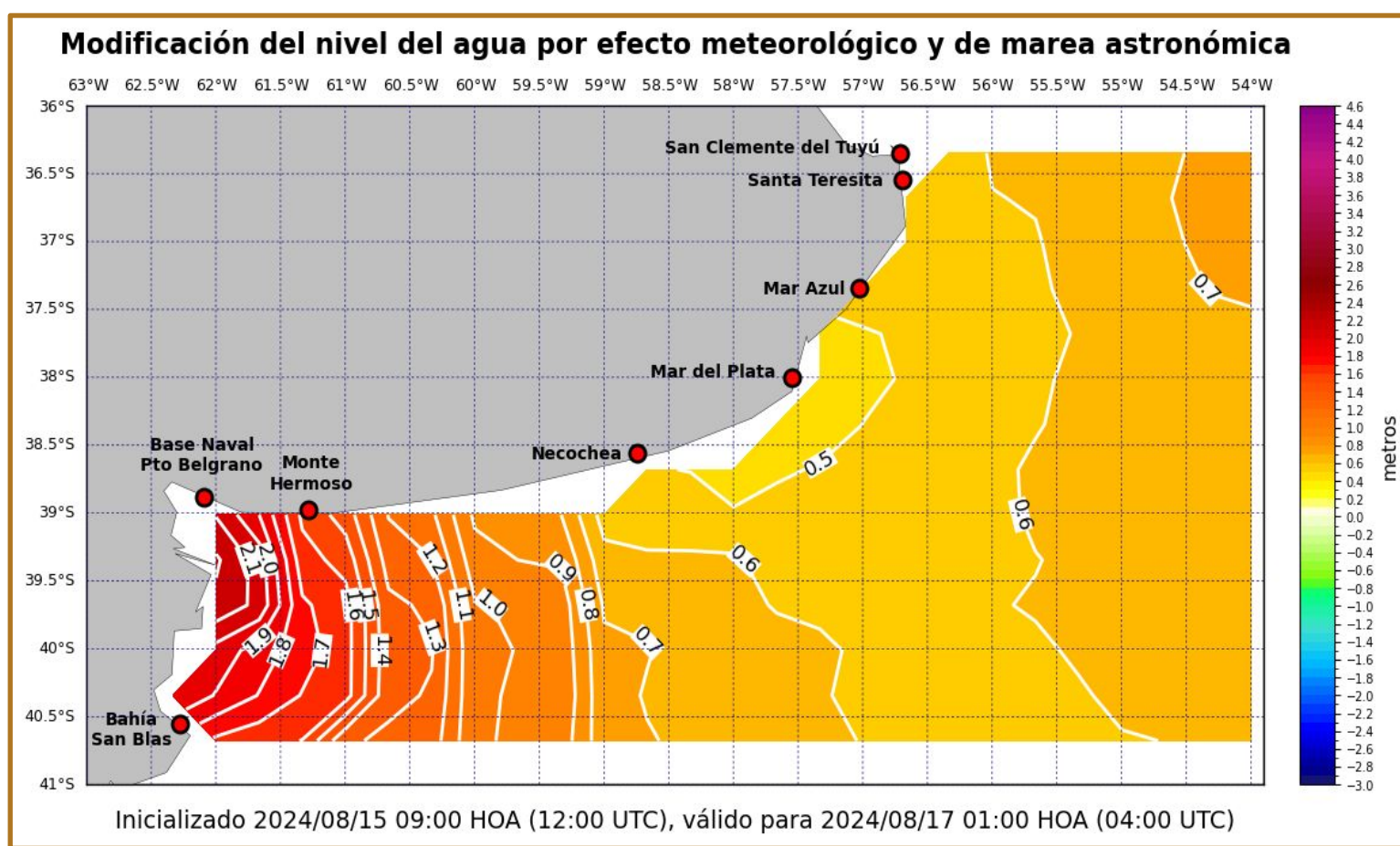


Fig. 6. Altura del nivel del agua considerando tanto el efecto meteorológico como la marea astronómica para la costa bonaerense

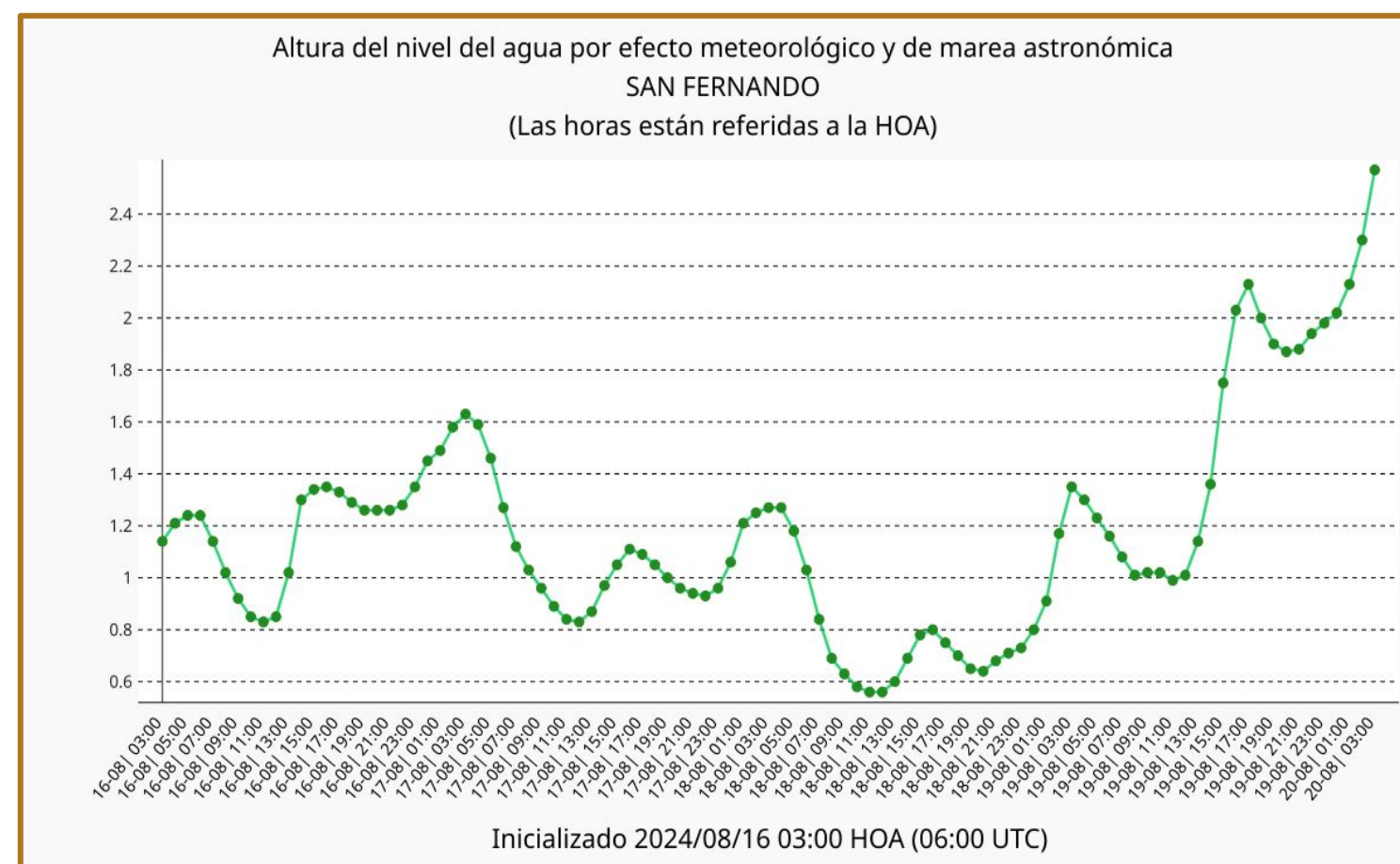


Fig. 7. Gráfica interactiva del pronóstico de alturas para el puerto de San Fernando

#### CONCLUSIONES

El modelo hidrodinámico WaveWatch III versión Austral, que integra el modelo de ondas de tormenta, marea astronómica y olas, ha demostrado ser una herramienta eficaz y esencial en el Departamento Meteorología del Servicio de Hidrografía Naval. Su implementación permite generar predicciones precisas de la altura y el período de olas, así como de la altura total del agua, lo que resulta crucial para la seguridad náutica. La representación de las ondas de tormenta utiliza el campo de presión y vientos del NCEP como forzante, lo que mejora la precisión de los pronósticos. Este modelo facilita una visión integral de las condiciones marítimas, mejorando la capacidad de previsión y respuesta ante eventos oceanográficos. Los productos operativos generados son de gran utilidad para los navegantes y contribuyen significativamente a la gestión de emergencias y la planificación marítima en la región. La accesibilidad a través del sitio web del Servicio de Hidrografía Naval asegura que la información esté disponible para la toma de decisiones estratégicas en tiempo real.

