

Remolinos de pequeña escala sobre el mar argentino y su influencia sobre la productividad primaria

Becker F.^{1,2,3}, Romero S. I.^{1,3,4}, Pisoni J. P.^{2,5,6}

¹ Dinámica Oceánica, Departamento de Oceanografía, Servicio de Hidrografía Naval (SHN)

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

³ Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEN/UBA)

⁴ Escuela de Ciencias del Mar (ESCM/FADARA/UNDEF)

⁵ Centro para el Estudio de Sistemas Marinos (CESIMAR- CCT CONICET CENPAT). Puerto Madryn, Argentina

⁶ Universidad Nacional de La Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB), Puerto Madryn, Argentina

Resumen. Este trabajo aborda el estudio de los remolinos ciclónicos de pequeña escala (< 20 km) en la Plataforma Continental Argentina (PCA). Estas estructuras son de gran relevancia por su influencia en los flujos de calor mar-atmósfera, en el transporte de larvas y promoviendo el aporte de nutrientes a la capa fótica. Utilizando imágenes satelitales, este trabajo busca analizar la variabilidad espacio-temporal de estas estructuras en la región entre 36.5° y 42°S. El análisis fue realizado implementando la metodología de detección desarrollada en Becker et al. (2023), utilizando los productos clorofila-a y temperatura superficial del mar de 10 años de imágenes satelitales ópticas del sensor VIIRS. Con respecto a la distribución espacial, durante el semestre cálido las estructuras ciclónicas se encuentran cerca de la costa en aguas de menos de 50 m de profundidad, mientras que en el semestre frío se ubican a profundidades mayores. Además, al norte de 38.5°S, los remolinos se concentran entre las isobatas de 50 y 200 m, con una mayor cantidad durante el semestre frío. En cuanto a la variabilidad temporal, se observa un máximo estacional en otoño, posiblemente vinculado con la profundización de la capa de mezcla que favorece la generación de inestabilidades baroclínicas.

Palabras claves: Oceanografía Satelital, Remolinos, Pequeña escala, Plataforma Continental Norte.

1 Introducción

La oceanografía ha experimentado un avance constante en los últimos años en el estudio de la dinámica de pequeña escala (< 20 km) en el océano. La gran relevancia de estas estructuras se debe tanto a sus características físicas, como biológicas. Las velocidades verticales asociadas a remolinos de pequeña escala (RPE) son particularmente intensas, alcanzando hasta un orden de magnitud mayor que las observadas en remolinos de gran escala sobre el océano abierto (Mahadevan 2016). El transporte de nutrientes hacia la superficie para su posterior utilización por el fitoplancton, se ve favorecido en los RPE ciclónicos (Alpers et al. 2013; Karimova and Gade 2016). Los RPE, al trasladarse con la corriente, influyen en el transporte de propiedades biogeoquímicas, además de ser una conexión directa entre la atmósfera y el océano promoviendo flujos de calor, de oxígeno y dióxido de carbono, entre otros (Su et al. 2018; Chen et al. 2022).

La Plataforma Continental Argentina (PCA) es mundialmente reconocida por su actividad biológica (Bisbal 1995). Debido a su bajo costo, y gran resolución temporal y espacial, las imágenes satelitales son una excelente herramienta para el estudio de los RPE. Por este motivo, el estudio de variabilidad espacio-temporal de estas estructuras es de gran relevancia. En este trabajo se mostrarán los resultados obtenidos para el análisis de los RPE ciclónicos (horarios) entre 36.5° y 42°S.

2 Datos y Metodología

Para la detección de los RPE se utilizó el algoritmo desarrollado en Becker et al. (2023), con modificaciones para mejorar la detección de las estructuras de interés. El algoritmo trabaja sobre imágenes de temperatura superficial del mar (SST) y clorofila-a (CSAT) en simultáneo. La primera versión del algoritmo se modificó para desestimar aquellas imágenes que tuvieran un porcentaje de datos válidos menor al 40%, y toda región de datos

válidos detectada cumpliera con una superposición, entre la región detectada en imágenes de SST y de CSAT, igual o mayor al 20%.

Se utilizaron todas las imágenes disponibles del sensor Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) a bordo del satélite Suomi National Polar-orbiting Partnership (S-NPP), desde enero de 2012 hasta diciembre de 2022. Las imágenes corresponden a productos de nivel 2 (L2) con una resolución temporal diaria, resolución espacial de aproximadamente 750 m, y fueron obtenidas de la NASA Goddard Space Flight Centre (<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov>).

3 Resultados y Discusión

Para analizar la distribución espacial de los RPE ciclónicos, se realizaron mapas climatológicos utilizando un total de 1119 y 828 imágenes para el semestre cálido y frío, respectivamente. El semestre cálido abarca los meses de septiembre, octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero, mientras que el semestre frío los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio y agosto. Durante el semestre cálido (Fig.1a) se observan algunas estructuras ciclónicas cercanas a la costa, en profundidades menores a los 50 m, mientras que durante el semestre frío (Fig.1b) la mayoría de los RPE detectados se ubican en profundidades mayores a los 50 m. En ambos semestres se observa una distribución de regiones detectadas con sentido SO-NE, consistente con la dirección del flujo medio sobre la plataforma continental. Al norte de los 39°S, se observa en ambos semestres que las estructuras detectadas se restringen al área entre las isobatas de 50 y 200 m. Asimismo, al Sur de 41°S los RPE ciclónicos detectados están limitados al Oeste por la isobata de 80m en ambos períodos. Cabe destacar que sobre esta región fueron detectadas una mayor cantidad de estructuras ciclónicas de pequeña escala para el semestre frío. En esta región, las isobatas de 50 y 200 m se encuentran a menor distancia que al sur de los 39°S, reduciendo de esta forma la sección por la cual fluye el flujo medio de la corriente. Estas características podrían causar un entorno de mayor inestabilidad, favoreciendo la generación de los RPE.

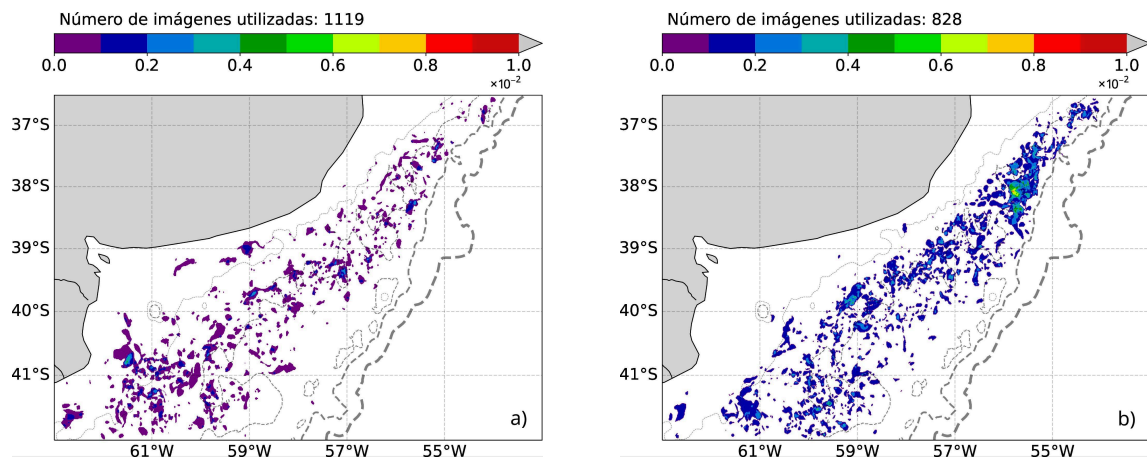


Fig.1: Climatología semestral de RPE ciclónicos detectados desde enero de 2012 hasta diciembre de 2022 normalizado por la cantidad de imágenes utilizadas. En a) los meses de septiembre, octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero, y en b) los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio y agosto. En líneas punteadas se muestran las isobatas de 50, 80, 200 y 1000 m.

En cuanto al ciclo anual de los RPE ciclónicos, se puede observar una variabilidad estacional, con valores máximos en otoño, particularmente durante el mes de mayo (Fig. 2, histograma de la derecha). Esto podría deberse a la profundización la capa de mezcla característica del otoño, favoreciendo la generación de inestabilidades baroclinicas que podrían ocasionar los RPE detectados (Capet et al. 2008).

A pesar de que la cantidad de años analizados no es suficiente para estudiar con certeza la variabilidad interanual, para el período de estudio 2012-2022 se pudo observar una señal con un ciclo de aproximadamente ocho años (Fig. 2, histograma superior).

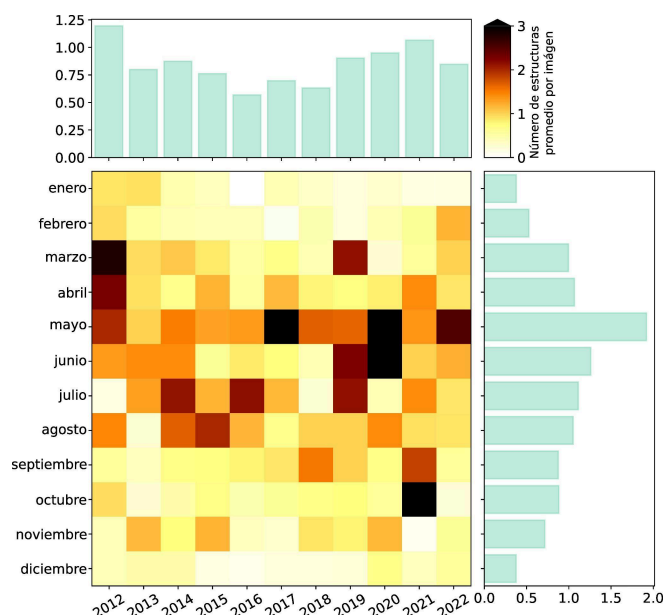


Fig. 2: Distribución temporal de los RPE ciclónicos detectados por el algoritmo de Becker et al. (2023). En el histograma superior se observa el acumulado de las detecciones por año normalizadas, mientras que en el histograma de la derecha se muestra el acumulado de las detecciones por mes normalizadas.

4 Conclusiones y Perspectivas a futuro

Los RPE pueden impactar sobre la biota regional. Estos pueden favorecer el transporte de larvas y propiedades fisicoquímicas, como así también promover el aporte de nutrientes a la capa fótica. Conocer y entender la dinámica espacio temporal de estas estructuras de pequeña escala es de gran relevancia para la pesca, la meteorología marina, y para la navegación y la defensa ya que impactan en la propagación de ondas acústicas submarinas (Shapiro et al., 2014),

Se espera continuar con el análisis de los resultados obtenidos sobre otras regiones de la Plataforma Continental Argentina, sumando el análisis de RPE anticiclónicos. De esta forma, se puede lograr una perspectiva general de la distribución de RPE sobre la Plataforma Continental Argentina.

El algoritmo desarrollado en Becker et al. (2023) puede ser aplicado sobre otros productos satelitales, lo que podría aportar mayor robustez a los resultados obtenidos.

5 Bibliografía

- Alpers, W., Brandt, P., Lazar, A., Dagorne, D., Sow, B., Faye, S., ... & Brehmer, P. (2013). A small-scale oceanic eddy off the coast of West Africa studied by multi-sensor satellite and surface drifter data. *Remote Sensing of Environment*, 129, 132-143.
- Bisbal, G. A. (1995). The Southeast South American shelf large marine ecosystem: Evolution and components. *Marine Policy*, 19(1), 21-38.
- Capet, X., Campos, E. J., & Paiva, A. M. (2008). Submesoscale activity over the Argentinian shelf. *Geophysical Research Letters*, 35(15).
- Chen, K., Gawarkiewicz, G., & Yang, J. (2022). Mesoscale and Submesoscale Shelf-Ocean Exchanges Initialize an Advective Marine Heatwave. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 127(1), e2021JC017927.
- Karimova, S., & Gade, M. (2016). Improved statistics of sub-mesoscale eddies in the Baltic Sea retrieved from SAR imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 37(10), 2394-2414.
- Mahadevan, A. (2016). The impact of submesoscale physics on primary productivity of plankton. *Annual review of marine science*, 8(1), 161-184.
- Su, Z., Wang, J., Klein, P., Thompson, A. F., & Menemenlis, D. (2018). Ocean submesoscales as a key component of the global heat budget. *Nature communications*, 9(1), 775.
- Shapiro, G., Chen, F., & Thain, R. (2014). The effect of ocean fronts on acoustic wave propagation in the Celtic Sea. *Journal of Marine Systems*, 139, 217-226.