

# METODOLOGÍAS APLICADAS A LA DETECCIÓN DE EDDIES DE SUB MESOESCALA EN EL SECTOR NORTE DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL ARGENTINA

Fernando Becker<sup>1,2,3</sup>, Silvia I. Romero<sup>1,2,4</sup>, Juan P. Pisoni<sup>5</sup>  
[fbecker023@gmail.com.ar](mailto:fbecker023@gmail.com.ar). Autor/a correspondiente.

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEyN, UBA)

<sup>2</sup>Servicio de Hidrografía Naval (SHN)

<sup>3</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

<sup>4</sup>Escuela de Ciencias del Mar (ESCM, UNDEF)

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

**Palabras clave:** Sub mesoescala, teledetección, algoritmo de detección.

## 1) INTRODUCCIÓN

Se han observado eddies de sub-mesoescala (ESM, < 25 km) mediante imágenes satelitales de alta resolución desde hace más de dos décadas (Munk et al. 2000). Sumado al transporte horizontal de propiedades, los ESM ciclónicos producen surgencia de aguas más profundas, generalmente más frías y ricas en nutrientes, a la capa fótica, lo que favorece las floraciones de fitoplancton que pueden detectarse a partir de la estimación de la concentración de clorofila satelital (Clor-a, Levy et al. 2018, Waluda et al. 2001). Los numerosos algoritmos de detección para eddies de mesoescala (~ 100 km) utilizando productos altimétricos (aproximadamente 25 km de resolución espacial y 10 días de resolución temporal), no poseen una resolución espacial y temporal acordes para la detección de los ESM (aproximadamente una semana de tiempo de vida y decenas de km de diámetro). Existen antecedentes de algoritmos de detección aplicados a imágenes ópticas mediante la utilización de machine learning y mediante distintos métodos de detección de bordes, siendo estos un campo aún en desarrollo (Lguensat et al. 2018, Moschos et al. 2020). A pesar de que los ESM han sido poco estudiados, se ha reportado que presentan una importante contribución en el transporte horizontal y vertical de calor y masa, como así también en la generación y disipación de energía desde escalas mayores (Calles & Ferrari 2013). El conocimiento de los ESM cobra mayor relevancia en una región de gran actividad pesquera y portuaria como lo es el litoral bonaerense.

El objetivo principal de este trabajo es aplicar distintas metodologías de detección automática de ESM, con el fin de identificar sus ubicaciones, determinar sus dimensiones y sentido de giro.

## 2) METODOLOGÍA

En este trabajo se utilizaron datos satelitales de Clor-a y temperatura de superficie del mar (TSM, ambos de aproximadamente 750 m de resolución espacial) que corresponden a imágenes del sensor VIIRS con un nivel de procesamiento L2. Las imágenes fueron descargadas de la plataforma de libre acceso de la NASA Goddard Space Flight Center (<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov>), y para su procesamiento se utilizaron los softwares libres *SeaDAS 8.2* y *Python*. Sobre las imágenes se aplicaron dos algoritmos de detección

independientes, uno basado en la detección de bordes a partir de gradientes (Zhang et al. 2019), y el otro con una base física oceanográfica.

Zhang et al. 2019 utiliza una metodología basada en el algoritmo de detección de bordes de Canny (Canny 1986). Este algoritmo se centra en la identificación de eddies a partir de gradientes horizontales, en particular de Clor-a, pero no permite identificar su sentido de giro. El método presentado en este trabajo, permite una identificación de eddies similar a la obtenida por Zhang et al. 2019, con el beneficio de identificar si los eddies son ciclónicos o anticiclónicos mediante una base física oceanográfica.

El algoritmo, en primera instancia, realiza un proceso de remoción de valores fuera de rango, reproyección de las imágenes y una reducción de la imagen a la zona de interés. Luego, se aplican una serie de máscaras aportadas por los mismos productos para reducir la probabilidad de píxeles con valores no deseables. Se aplica un filtro gaussiano antes de realizar un histograma de los valores de cada imagen. Se toman los valores entre los percentiles 50 y 60 para Clor-a, y entre 25 y 55 para TSM (rango de valores alcanzado empíricamente). Se buscan los contornos de las variables para cada uno de los valores reteniendo sólo aquellos contornos que son cerrados. Para la detección de eddies ciclónicos, se busca que los valores del interior de cada área encontrada posea valores mayores que los del borde para Clor-a, y, simultáneamente, menores para TSM. Para la detección de anticiclones, se proponen las condiciones opuestas. Se identifican como eddies a todas aquellas áreas que cumplan ambas condiciones. Por último, las dimensiones de los eddies se calculan mediante el criterio de Otsu (Otsu 1979).

### **3) RESULTADOS**

Ambas metodologías se aplicaron sobre un set de seis imágenes entre los meses de marzo y abril del 2012. En particular, se muestran los resultados para el día 03/04/2012 (Figura 1), donde la metodología propuesta por Zhang et al. 2019 detectó en el área de interés un total de cuatro eddies en forma de elipses, con diámetros menores y mayores promedios de 14,6 km y 16.8 km, respectivamente. Por otro lado, el algoritmo propuesto en este trabajo no detectó eddies anticiclónicos en la región de estudio, y un total de seis eddies ciclónicos con diámetros promedios menores y mayores de 17,6 km y 20.8 km, respectivamente.

### **4) CONCLUSIONES**

Se logró aplicar, sobre un set de seis imágenes de Clor-a y TSM VIIRS L2, dos metodologías independientes de detección de eddies para la plataforma continental argentina norte. Ambas metodologías coincidieron en tres de las áreas determinadas como eddies ciclónicos. En promedio, la metodología propuesta en este trabajo detecta diámetros aproximadamente un 20% más grandes que los detectados por Zhang et al. 2019.

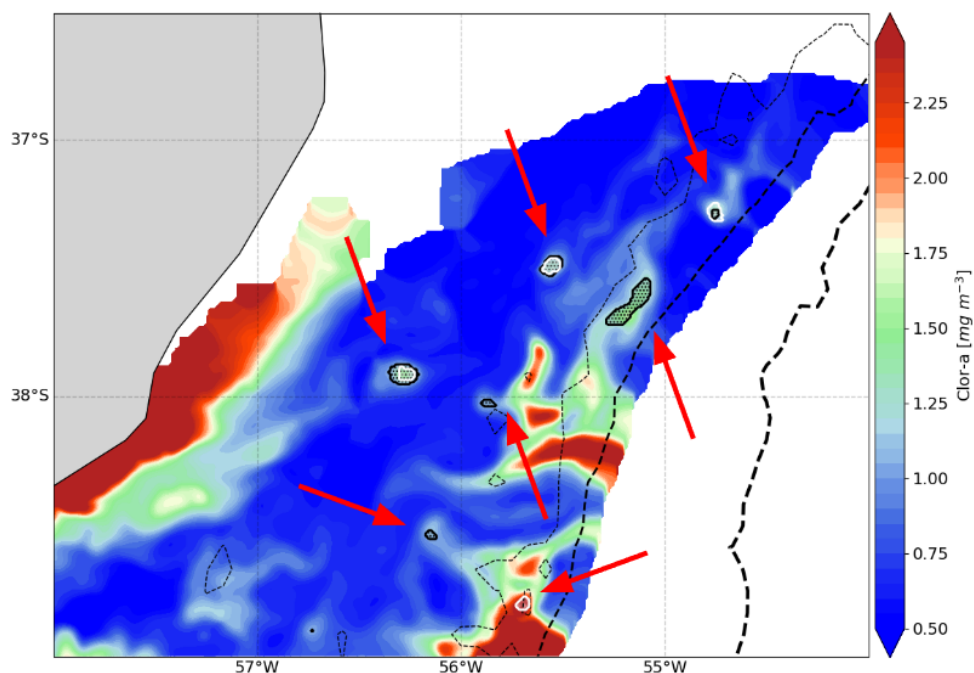


Figura 1: Imágen de Clor-a de VIIRS para el día 03/04/2012. En líneas negras punteadas se muestran las isobatas de 100, 200 y 1000 m. Con contornos y sombreados blancos se muestran los resultados utilizando el algoritmo de Zhang et al. 2019, mientras que con contornos y sombreados negros los obtenidos por el algoritmo presentado en este trabajo. Las flechas rojas señalan los eddies detectados con ambas metodologías.

## 5) CITAS Y REFERENCIAS

**Callies, J., & Ferrari, R., 2013:** Interpreting energy and tracer spectra of upper-ocean turbulence in the submesoscale range (1–200 km). *Journal of Physical Oceanography*, 43(11), 2456-2474.

**Lévy, M., Franks, P. J., & Smith, K. S., 2018:** The role of submesoscale currents in structuring marine ecosystems. *Nature communications*, 9(1), 1-16.

**Lguensat, R., Sun, M., Fablet, R., Tandeo, P., Mason, E., & Chen, G., 2018:** EddyNet: A deep neural network for pixel-wise classification of oceanic eddies. In *IGARSS 2018-2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (pp. 1764-1767). IEEE.

**Munk, W., Armi, L., Fischer, K., & Zachariasen, F., 2000:** Spirals on the sea. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 456(1997), 1217-1280.

**Otsu, N., 1979:** A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, 9(1), 62-66.

**Waluda, C. M., Rodhouse, P. G., Trathan, P. N., & Pierce, G. J., 2001:** Remotely sensed mesoscale oceanography and the distribution of *Illex argentinus* in the South Atlantic. *Fisheries Oceanography*, 10(2), 207-216.

**Zhang, Y., Hu, C., Liu, Y., Weisberg, R. H., & Kourafalou, V. H., 2019:** Submesoscale and mesoscale eddies in the Florida Straits: Observations from satellite ocean color measurements. *Geophysical Research Letters*, 46(22), 13262-13270.