

Impacto de la resolución espacial en la dinámica del Pacífico Tropical Este bajo condiciones normales

Fernando Campos, Ivonne Montes
Instituto Geofísico del Perú

Los remolinos de mesoescala son estructuras cuasi-circulares con radios menores a 250 km (Chaigneau et al., 2009), con extensión vertical máxima de 1000 metros (Oey et al., 2005) y un tiempo de vida desde días hasta virtualmente permanentes (estacionarios). Estos juegan un rol importante en el transporte horizontal y vertical de grandes cantidades de calor, momento y trazadores biogeoquímicos desde su zona de formación hacia regiones lejanas a la costa contribuyendo así en la mezcla lenta de las masas de agua oceánicas (Carton, 2010; Klein y Lapeyre, 2009). Sus mecanismos de generación son muy variados dependiendo de la ubicación geográfica, en las regiones de frontera oriental generalmente son debido a las inestabilidades en las corrientes costeras, fuerte afloramiento y variabilidad estacional e intra-estacional de los flujos costeros (Pizarro et al., 2002). El sentido de giro de los remolinos ciclónicos y anti-ciclónicos depende del hemisferio donde se encuentran. En el caso del hemisferio sur, los ciclónicos tienen sentido de giro horario y están asociados a anomalías del nivel del mar negativas, mientras que los anti-ciclónicos tienen sentido de giro anti-horario y con anomalías del nivel del mar positivas; caso contrario sucede en el hemisferio norte.

En el Océano Pacífico Tropical Este, el cual alberga a uno de los 4 sistemas de borde oriental con mayor productividad a nivel mundial, los remolinos presentan menores energías cinéticas (la cual sirve para identificar regiones con alta variabilidad de remolinos, meandros frentes y filamentos) a comparación de otras cuencas oceánicas (Pascual et al., 2006), variando entre 200 y 300 cm^2/s^2 a lo largo de la costa y entre 50 y 100 cm^2/s^2 al interior del océano (Chaigneau y Pizarro, 2005). Frente a Perú, en la superficie dominan los remolinos ciclónicos, con vorticidad negativa, núcleos fríos, baja presión, somerización de las piconclinas y extensión vertical máxima de 100 metros de profundidad (más someros comparados con los remolinos de la costa chilena), mientras que bajo la superficie dominan en número los remolinos anti-ciclónicos, caracterizados por vorticidad positiva, núcleos cálidos, alta presión, profundización de las piconclinas y núcleos localizados entre los 100 y 150 metros de profundidad (McGillicuddy et al., 2007; Colas et al., 2012; Chaigneau et al., 2011).

Los estudios realizados hasta el momento en esta zona se centran en las características y el impacto de la mesoescala en las propiedades físicas y biogeoquímicas (Colas et al., 2012; Stramma et al., 2013), así como la influencia sobre la variabilidad ecuatorial (Belmadani et al., 2012). Sin embargo, aún queda mucho por entender sobre estos fenómenos oceánicos, especialmente sobre su influencia a diferentes escalas espaciales y temporales. Por lo tanto,

el objetivo de este trabajo es documentar el impacto de la resolución espacial sobre la dinámica del Pacífico Tropical Este y en los mecanismos físicos asociados a la actividad de mesoescala. Para ello se emplearon dos simulaciones climatológicas anuales del modelo ROMS, las cuales son idénticas en cuanto al dominio, forzantes, condiciones iniciales y de fronteras, diferenciándose en las resoluciones horizontales usadas de $1/6^\circ$ y de $1/9^\circ$. El dominio es 3°N a 20°S y 70°O a 90°O , cubriendo 32 niveles en la vertical (Montes et al., 2010; 2014).

Resultados preliminares

La figura 1 muestra la distribución horizontal de la temperatura para la profundidad de 50 m conjuntamente con los resultados del algoritmo de detección de remolinos basados en las propiedades geométricas de las líneas de corrientes, el cual emplea la trayectoria de partículas en un flujo constante para la identificación del remolino (Sadarjoen y Post, 2000) para ambas simulaciones. Dicho algoritmo es una modificación de la metodología empleada en Chaigneau et al. (2009) y Yi et al. (2014) los cuales hacen uso de las anomalías del nivel del mar para la detección de remolinos. En ambos casos, los colores rojos de las líneas cerradas representan a los remolinos anti-ciclónicos, mientras que las líneas de colores negros representan a los remolinos ciclónicos. La temperatura en ambas simulaciones cubre el mismo rango (desde los 15°C hasta los 22°C).

Los resultados en el caso de la temperatura muestran que la simulación de $1/6^\circ$ es más fría que la simulación de $1/9^\circ$, lo cual es consistente con los resultados obtenidos en Montes et al. (2014), quienes relacionaron esta diferencia

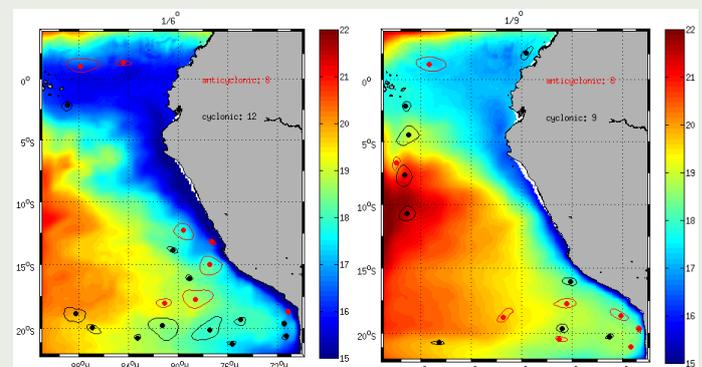


Figura 1.- Distribución horizontal de la temperatura del mar a 50 m de profundidad extraídas de dos simulaciones climatológicas anuales las cuales son idénticas en muchos aspectos (dominio, forzantes, condiciones iniciales y de fronteras) exceptuando en la resolución horizontal: (izquierda) de $1/6^\circ$ y (derecha) de $1/9^\circ$. En ambos casos, los colores rojos de las líneas cerradas representan a remolinos anti-ciclónicos, mientras que las líneas de colores negros representan a los remolinos ciclónicos.

en temperatura a la extensión del frente de afloramiento y su intensidad. Además, se encuentra mayor número de remolinos en la simulación de $1/6^\circ$ que en la simulación de $1/9^\circ$. Las zonas donde están distribuidos estos remolinos son también diferentes entre estas simulaciones: en la de $1/6^\circ$, la mayor cantidad de remolinos es encontrada desde los 15°S hasta los 22°S , mientras que la de $1/9^\circ$ muestra dos zonas de concentración de los remolinos: una alejada de la costa entre los 3°N y 10°S y la otra cerca a la costa entre los 15°S y 20°S . Otra diferencia entre ambas simulaciones es el área promedio de cada remolino, encontrándose remolinos más grandes en la simulación de $1/6^\circ$, localizados principalmente en la zona sur de los 15°S , comparada con la simulación de $1/9^\circ$.

Referencias

- Belmadani, A., Echevin, V., Dewitte, B., and Colas, F. (2012). Equatorially forced intraseasonal propagations along the Peru-Chile coast and their relation with the nearshore eddy activity in 1992–2000: A modeling study, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 117(C4).
- Colas, F., McWilliams, J. C., Capet, X., and Kurian, J. (2012). Heat balance and eddies in the Peru-Chile current system, *Climate dynamics*, 39(1-2), 509-529.
- Carton, X. (2010). *Fronts, Waves and Vortices in Geophysical Flows*, In Book: *Lectures Notes in Physics*, 805, 1-199.
- Chaigneau, A., Le Texier, M., Eldin, G., Grados, C., and Pizarro, O. (2011). Vertical structure of mesoscale eddies in the eastern South Pacific ocean: a composite analysis from altimetry and Argo profiling floats, *Journal of Geophysical Research*, 116(11025), 1–16.
- Chaigneau, A., Eldin, G., and Dewitte, B. (2009). Eddy activity in the four major upwelling systems from satellite altimetry (1992–2007), *Progress in Oceanography*, 83(1), 117–123.
- Chaigneau, A., and Pizarro, O. (2005). Mean surface circulation and mesoscale turbulent flow characteristics in the eastern South Pacific from satellite tracked drifters. *Journal of Geophysical Research Oceans*, 110 (C5).
- Klein, P. and Lapeyre, G. (2009). The Oceanic Vertical Pump Induced by Mesoscale and Submesoscale Turbulence, *Annual Review Of Marine Science*, 1, 351–375.
- Montes, I., Colas, F., Capet, X., and Schneider, W. (2010). On the pathways of the equatorial subsurface currents in the eastern equatorial Pacific and their contributions to the Peru-Chile Undercurrent, *Journal of Geophysical Research Oceans*, 115(C9).
- McGillicuddy, D. J., Anderson, L. A., Bates, N. R., Bibby, T., Buesseler, K. O., Carlson, C.A., ... and Hansell, D. A. (2007). Eddy/wind interactions stimulate extraordinary mid-ocean plankton blooms. *Science*, 316(5827), 1021-1026.
- Montes, I., Dewitte, B., Gutknecht, E., Paulmier, A., Dadou, I., Oschlies, A., and Garçon, V. (2014). High-resolution modeling of the Eastern Tropical Pacific oxygen minimum zone: Sensitivity to the tropical oceanic circulation, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 119 (8), 5515-5532.
- Oey, L.-Y., Lee, H.-C., and Schmitz, W. (2005). Effects of winds and Caribbean eddies on the frequency of Loop Current eddy shedding: A numerical model study, *Journal of Geophysical Research-Oceans* (1978–2012), 108(10), 1–25.
- Pizarro, O., Shaffer, G., Dewitte, B., and Ramos, M. (2002). Dynamics of seasonal and interannual variability of the Peru-Chile Undercurrent, *Geophysical Research Letters*, 1029 (12).
- Pascual, A., Faugère, Y., Larnicol, G., and Le Traon, P. Y. (2006). Improved description of the ocean mesoscale variability by combining four satellite altimeters, *Geophysical Research Letters*, 33(2).
- Sadarjoen, I. A., and Post, F. H. (2000). Detection, quantification, and tracking of vortices using streamline geometry, *Computers & Graphics*, 24(3), 333-341.
- Stramma, L., Bange, H. W., Czeschel, R., Lorenzo, A., and Frank, M. (2013). On the role of mesoscale eddies for the biological productivity and biogeochemistry in the eastern tropical Pacific Ocean off Peru, *Biogeosciences (BG)*, 10(11), 7293-7306.
- Yi, J., Du, Y., He, Z., and Zhou, C. (2014). Enhancing the accuracy of automatic eddy detection and the capability of recognizing the multi-core structures from maps of sea level anomaly, *Ocean Science*, 10 (1), 39-48.