

Monitoreo de las corrientes zonales en el Pacífico Ecuatorial

André Galdos y Kobi Mosquera
Instituto Geofísico del Perú

Como es sabido, en el océano Pacífico tropical, los vientos alisios contribuyen a mantener una distribución de la temperatura superficial del mar (TSM) con aguas cálidas en la zona occidental y frías en la oriental. Sin embargo, en periodos de intensificación o debilitamiento anómalo de los vientos alisios, se generan ondas Kelvin ecuatoriales que se desplazan hacia el este con una velocidad aproximada de 3 m/s (Mosquera et al., 2014a). En el caso de ondas Kelvin cálidas, estas podrían producir el aumento en la TSM en la costa y enfriamiento para ondas frías (ej.: Takahashi y Mosquera, 2015). Si bien en la actualidad se monitoriza la onda Kelvin por medio de

Por otro lado, la corriente ecuatorial subsuperficial (*Equatorial Undercurrent* en inglés o *EUC*), también conocida como corriente de Cromwell (Philander, 1973), contribuye con un 30% a la corriente subsuperficial de Perú-Chile (Montes et al., 2010) que fluye de norte a sur a lo largo de la costa americana y es fuente directa de las aguas que afloran frente a la costa peruana. El debilitamiento de los vientos alisios tiende a causar la desaparición de la EUC (Firing et al., 1983) a través del cambio de presiones en el océano y es importante monitorizar dicha variabilidad.

Por lo anterior, para apoyar el análisis y pronóstico de las condiciones oceánicas, con énfasis en el fenómeno El Niño, el IGP ha empezado a generar productos de diagnóstico de las corrientes oceánicas zonales en el Pacífico Ecuatorial. Para elaborar estos productos se post-procesa información *in situ*, satelital y de reanálisis oceánico (combinando datos observacionales con modelos), que provienen de bases de datos científicas e internacionales localizadas en la web.

El primer producto utiliza la información del proyecto OSCAR (*Ocean Surface Current Analyses Real-time*), el cual está basado en la estimación de las corrientes oceánicas superficiales a través de información satelital como: altura del nivel del mar, vector de viento superficial y temperatura superficial del mar (+ datos medidos *in situ*).

En este cálculo se asume una ecuación de movimiento de flujo estacionario cuasi-lineal, en la cual se combinan tres tipos de corrientes: 1) geostrofica, 2) de Ekman y 3) de viento térmico (ver Bonjean & Lagerloef, 2002).

El producto OSCAR tiene una grilla global de $1/3^\circ$ y una resolución temporal de 5 días. Los datos están desde 1993 hasta la actualidad a través de NASA PO.DAAC (*Physical Oceanography distributed Active Archive Center*, <ftp://podaac-ftp.jpl.nasa.gov/allData/oscar/>). El producto post-procesado se muestra en la Figura 1, que es un gráfico longitud vs. tiempo en el Pacífico ecuatorial con información de la anomalía (izquierda), total (centro) y climatología (derecha) de las corrientes zonales. A esta figura se le ha superpuesto, con una línea continua (cortada) de color negro, la posición de la isoterma observada (climatológica) de 28°C , la cual representa el borde de la Piscina Caliente del Pacífico occidental. En este ejemplo, la presencia de cinco ondas Kelvin cálidas estuvieron relacionadas con el desplazamiento de la isoterma de 28°C que alcanzó, durante el año 2015, la posición de 120°W . Se nota que en ese periodo el impacto de las ondas Kelvin, debido a su debilitamiento en su trayectoria, no fue tan contundente en el extremo oriental (Mosquera y Dewitte, 2016).

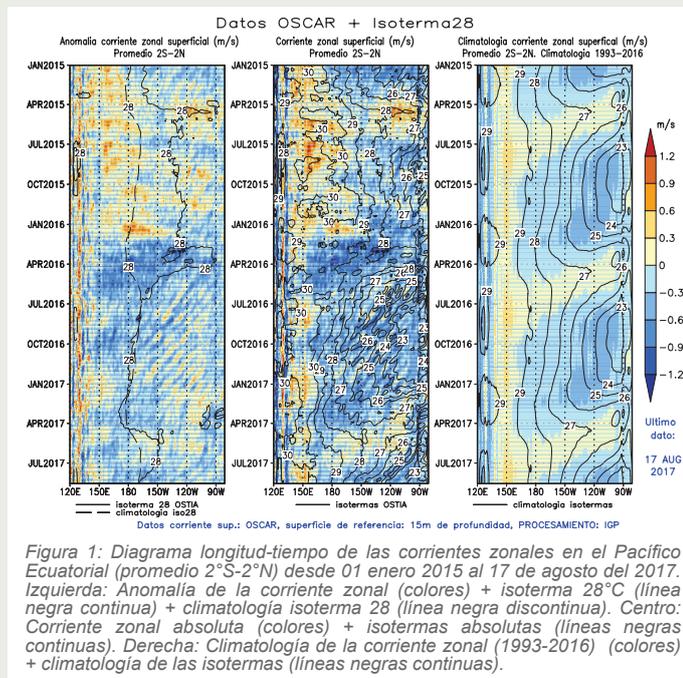


Figura 1: Diagrama longitud-tiempo de las corrientes zonales en el Pacífico Ecuatorial (promedio 2°S - 2°N) desde 01 enero 2015 al 17 de agosto del 2017. Izquierda: Anomalia de la corriente zonal (colores) + isoterma 28°C (línea negra continua) + climatología isoterma 28°C (línea negra discontinua). Centro: Corriente zonal absoluta (colores) + isotermas absolutas (líneas negras continuas). Derecha: Climatología de la corriente zonal (1993-2016) (colores) + climatología de las isotermas (líneas negras continuas).

la anomalía del nivel del mar (Mosquera et al., 2014b), y de la profundidad de la termoclina de 20°C (Aparco et al., 2014), las anomalías de corrientes zonales (oeste-este) también se pueden usar para este propósito. Más aún, tanto las ondas Kelvin cálidas como las Rossby cálidas tienen una señal positiva en nivel del mar y la profundidad de 20°C en la línea ecuatorial y se pueden confundir, pero las anomalías de las corrientes zonales correspondientes son opuestas, ayudando a diferenciar la señal de estos dos tipos de onda. Además, las corrientes zonales pueden contribuir al desplazamiento de las aguas cálidas superficiales, particularmente en regiones de gradientes térmicos zonales fuertes como en el borde de la piscina cálida del Pacífico central, así como en el Pacífico oriental (Mosquera et al., 2013), particularmente en una capa más profunda durante eventos El Niño extraordinarios (ej. Takahashi y Dewitte, 2016).

Monitoreo de las corrientes zonales en el Pacífico Ecuatorial

André Galdos y Kobi Mosquera
Instituto Geofísico del Perú

El arreglo de boyas TAO-TRITON implementada en los años 1980 y 1990 en el Pacífico ecuatorial por la NOAA de los EE.UU. y la agencia japonesa JAMSTEC (McPhaden et al., 1998) tiene como uno de sus objetivos el de monitorizar las variables oceanográficas y meteorológicas en tiempo real, incluyendo corrientes zonales en algunas de las boyas en la línea ecuatorial. Según la información del proyecto TAO, la medición de corrientes se hace de dos maneras: 1) en profundidades fijas con correntímetros inicialmente mecánicos y luego sónicos, y 2) obteniendo perfiles con un ADCP (*Acoustic-Doppler Current Meter*). Como no es posible obtener la información de los ADCPs en tiempo real, se decidió utilizar la información de correntímetros en puntos verticales fijos. Esta información se descarga diariamente de cuatro puntos ubicados a lo largo de la línea ecuatorial (165°E, 170°W, 140°W y 110°W) de: <ftp://ftp.pmel.noaa.gov/>. La resolución temporal es diaria y cada archivo contiene como máximo 31 datos por cada profundidad, es decir, un mes de datos y los disponibles para cada profundidad son promediados para producir un perfil mensual (puntos morados en la Figura 2, indicando el número de datos diarios considerados). Además, se añaden los perfiles climatológicos (1981 - 2010) de corrientes del *reanalysis* GODAS (Global Ocean Data Assimilation System; Behringer y Xue, 2004) promediados en el mismo periodo que los datos TAO (puntos celestes en la Figura 2). En el ejemplo, para el mes de julio del 2017, se aprecia la coincidencia de las corrientes TAO con la climatología GODAS en las longitudes 140°W y 110°W, lo cual indica condiciones normales en la EUC en este periodo (Figura 2).

Referencias

- Aparco, J., K. Mosquera, K. Takahashi, 2014: Flotadores Argo para el cálculo de la anomalía de la profundidad de la termoclina ecuatorial (Aplicación Operacional), Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, Mayo, 1, 5.
- Behringer, D. W., and Y. Xue, 2004: Evaluation of the global ocean data assimilation system at NCEP: The Pacific Ocean, Eighth Symposium on Integrated Observing and Assimilation Systems for Atmosphere, Oceans, and Land Surface, AMS 84th Annual Meeting, Washington State Convention and Trade Center, Seattle, Washington, 11-15
- Bonjean, F. and Lagerloef, G., 2002: Diagnostic Model and Analysis of the Surface Currents in the tropical Pacific Ocean, *Journal Physical Oceanography*, vol 32, 2938-2954.
- Firing, E., Lukas, R., Sadler, J., Wyrtki, K. 1983: Equatorial Undercurrent Disappears During 1982-1983 El Niño, *Science*, Vol. 222, Issue 4628, pp. 1121-1123, DOI:10.1126/science.222.4628.1121
- Philander, S. G. 1973: Equatorial undercurrent: Measurement and theories, *Review of Geophysics and Space Physics*, 11(3), 513-5701.
- McPhaden, M., A. J. Busalacchi, R. Cheney, J. R. Donguy, K. S. Gage, D. Halpern, M. Ji, P. Julian, G. Meyers, G. T. Mitchum, P. P. Niiler, J. Picaut, R. W. Reynolds, N. Smith, K. Takeuchi, 1998: The Tropical Ocean-Global Atmosphere observing system: A decade of progress, *Journal of Geophysical Research*, doi:10.1029/97JC02906.
- 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 PeruChile Undercurrent, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 115(C9).
- Mosquera, K. y Dewitte, B. (2016), ¿Por qué las ondas Kelvin oceánicas no impactaron tanto la TSM en la costa de Perú durante el evento El Niño 2015/2016?, Boletín Técnico "Generación de información y monitoreo del Fenómeno el Niño", 3, 3, 4-8, Instituto Geofísico del Perú.
- Mosquera, K., Dewitte, B. and Illig, S., 2014a: The Central Pacific El Niño intraseasonal Kelvin wave, *J. Geophys. Res. Oceans*, 119, 6605-6621, doi:10.1002/2014JC010044.
- Mosquera, K., Dewitte, B., Illig, S., Takahashi K., and Garric G., 2013: The 2002/2003 El Niño: waves sequence and their impact on sea surface temperature, *J. Geophys. Res. Oceans*, 118, 346-357, doi:10.1029/2012JC008551.
- Mosquera, K., D. Pareja y K. Takahashi, 2014b: Altimetría Satelital para el monitoreo de la onda Kelvin ecuatorial en el Océano Pacífico, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol.1, N° 4, Abril, Instituto Geofísico del Perú.
- Takahashi, K., y Dewitte, B., 2016: Strong and moderate nonlinear El Niño regimes. *Climate Dynamics*, 46, 1627-1645 doi: 10.1007/s00382-015-2665-3.
- Takahashi, K., y Mosquera, K., 2015: El Niño 2014, el Comité ENFEN y los medios, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 2, N°2, Febrero, 9-10, Instituto Geofísico del Perú.

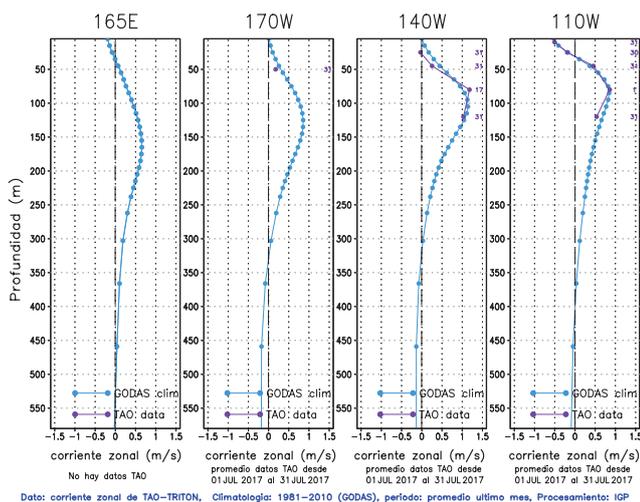


Figura 2: Perfil vertical de las corrientes zonales en m/s ubicados según la distribución de las boyas TAO-TRITON en el Pacífico Ecuatorial. Datos TAO-TRITON (puntos morados), climatología GODAS (puntos celestes). Los números corresponden a la cantidad de datos promediados por cada nivel.