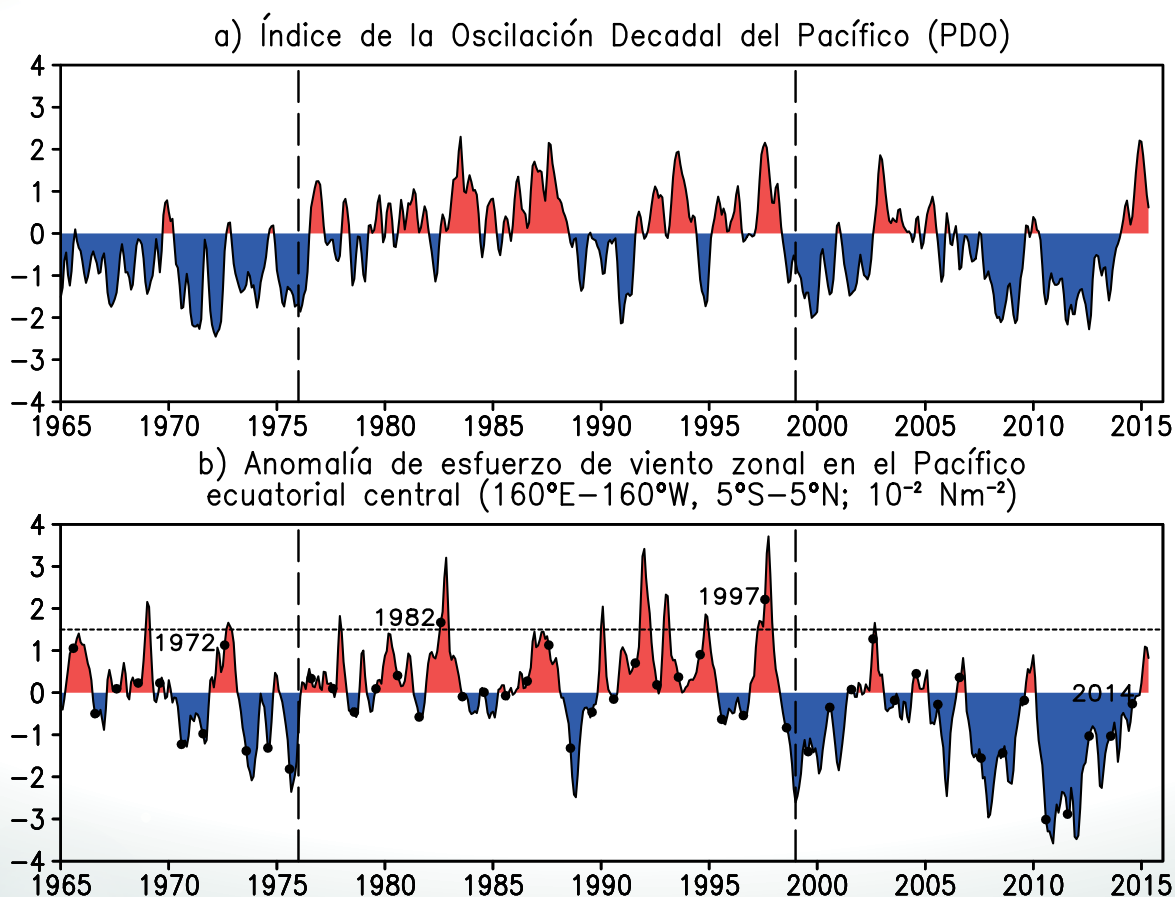


Programa Presupuestal por Resultados N° 068: "Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres" Producto: "Entidades informadas en forma permanente y con pronósticos frente al Fenómeno El Niño"

## “Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño”

### Boletín Técnico

#### Correspondencia entre la temperatura del mar y la anomalía de vientos del oeste a escala multianual



## Procesos de interacción océano – atmósfera que contribuyen a las variaciones espacio-temporales de la Temperatura Superficial del Mar

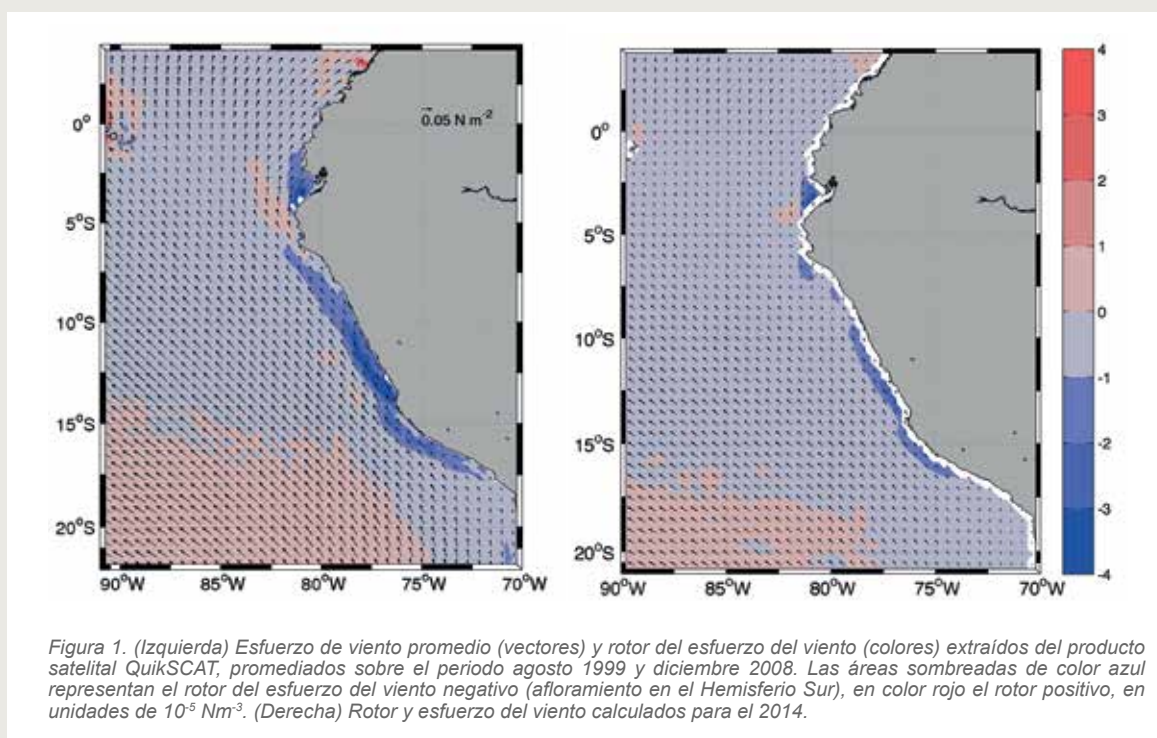
Ivonne Montes<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Instituto Geofísico del Perú

La fuerte interacción entre el océano y la atmósfera desarrollada frente a la costa peruana da como resultado una serie de procesos dinámicos que determinan las características oceanográficas de la región. A lo largo de la costa peruana, el mecanismo más importante es el denominado **transporte de Ekman**, desarrollado debido a la influencia de los vientos alisios. Dichos vientos, que fluyen de sur a norte a lo largo de la costa (Gunther, 1936; Strub et al., 1998), promueven el desplazamiento del agua superficial hacia fuera de la costa, lo cual es compensado por el ascenso de agua más profunda (esto es conocido como el afloramiento costero, e.g. Brink et al., 1983) cuyas características físico-químicas (típicamente frías y ricas en nutrientes) contribuyen a mantener la alta productividad marina así como el clima de la región (normalmente árido y templado), y mantienen las bajas temperaturas registradas en la zona.

Por otro lado, otro mecanismo conocido pero poco explorado es el denominado **bombeo de Ekman**, desarrollado básicamente debido al rotor del esfuerzo del viento (o a las variaciones longitudinales de la intensidad de los vientos), lo cual genera una convergencia (movimiento de aguas superficiales hacia el fondo, también conocido

como hundimiento) o divergencia (movimiento de las aguas del fondo hacia la superficie, también conocido como afloramiento) del transporte de Ekman, produciendo un aumento o decremento del nivel del mar, variaciones en la temperatura superficial del mar, así como profundización o somerización de la termoclina.

Frente a la costa peruana, bajo condiciones normales, el afloramiento costero es el resultado del efecto combinado del transporte más la divergencia debida al bombeo (Figura 1), siendo el transporte de Ekman mucho mayor en magnitud que el bombeo (Halpern, 2002). Sin embargo, un estudio desarrollado por Halpern (2002), mediante el análisis de datos satelitales, reveló que durante eventos cálidos (tales como El Niño extraordinario 1997-1998) el bombeo tuvo un comportamiento contrario, registrando una magnitud cuatro veces mayor que la observada bajo condiciones normales, contribuyendo al calentamiento superficial debido a la convergencia y profundizó la termoclina en aproximadamente 75m. Desafortunadamente, sus resultados quedaron como hipótesis debido a la insuficiente cantidad de datos disponibles sobre la columna de agua y a la incapacidad de discernir un retardo de tiempo entre el inicio del bombeo de Ekman y la profundización de la termoclina.



# Procesos de interacción océano – atmósfera que contribuyen a las variaciones espacio-temporales de la Temperatura Superficial del Mar

Montes I.

Por otro lado, es bien sabido que el evento El Niño se presenta en diferentes tipos o variedades (Rasmusson y Carpenter, 1982; Kug et al., 2009; Takahashi et al., 2011), siendo el más frecuente entre el 1999 y la actualidad el denominado El Niño Modoki (Ashok et al., 2007), lo cual conlleva que se desarrollen bajo diferentes mecanismos de interacción océano-atmósfera frente a la costa peruana y presenten diferentes efectos sobre la dinámica regional y el clima de la región. Por lo tanto, el presente trabajo pretende analizar el aporte tanto del transporte como del bombeo de Ekman a lo largo de la costa peruana, examinar su influencia sobre las variaciones espacio-temporales de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) y la estabilidad de la columna de agua, así como su influencia sobre el desarrollo de los eventos El Niño costero entre el periodo 1999 y 2014, haciendo uso de datos observacionales y modelos numéricos.

A fin de realizar un análisis exploratorio de la hipótesis de Halpern (2002), se analizó el periodo del 2014. La comparación entre los mapas del rotor y el esfuerzo del viento promediado para el 2014 y la climatología mostraron que, aunque se mantiene el patrón (mayor divergencia y vientos favorables para el afloramiento a lo largo de la costa), el rotor y el esfuerzo del viento se ven debilitados. Por otro lado, el cálculo de la velocidad del bombeo de Ekman asociado al valor promedio del rotor del esfuerzo del viento para el 2014, estimado siguiendo la ecuación de Smith (1968), mostró el predominio de la divergencia (Figura 2) en la región de estudio. Sin embargo, el análisis diario de la velocidad del bombeo a lo largo de la costa mostró que la divergencia es reemplazada por una intensa convergencia durante el año, lo que sugiere que el bombeo de Ekman pudo haber contribuido con el

calentamiento desarrollado a lo largo de la costa durante el 2014. Análisis complementarios están enfocados a correlacionar los campos de TSM y la profundidad de la termoclina, y al cálculo del transporte mediante datos y modelos numéricos.

## Referencias

Ashok, K., S. K. Behera, S. A. Rao, H. Weng, and T. Yamagata, 2007: *El Niño Modoki and its possible teleconnection*, *Journal of Geophysical Research*, 112, C11007.

Gunther, E. R., 1936: *A report on oceanographic investigations in the Peru Coastal Current*, *Discovery Reports*, 13, 107-276.

Halpern, D., 2002: *Offshore Ekman Transport and Ekman Pumping Off Peru During the 1997–1998 El Niño*, *Geophysical Research Letters*, 29 (5).

Kug, J.-S., F.-F. Jin, and S.-I. An, 2009: *Two Types of El Niño Events: Cold Tongue El Niño and Warm Pool El Niño*, *Journal of Climate*, 22, 1499–1515.

Rasmusson, E. M., and T. H. Carpenter, 1982: *Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño*, *Monthly Weather Review*, 110, 354-384.

Strub, P. T., J. M. Mesias, V. Montecino, J. Rutllant, and S. Salinas, 1998: *Coastal ocean circulation off western South America*, *The Sea*, vol. 11, 273 – 314.

Takahashi, K., A. Montecinos, K. Goubanova, and B. Dewitte, 2011: *ENSO regimes: Reinterpreting the canonical and Modoki El Niño*, *Geophysical Research Letters*, 38, L10704.

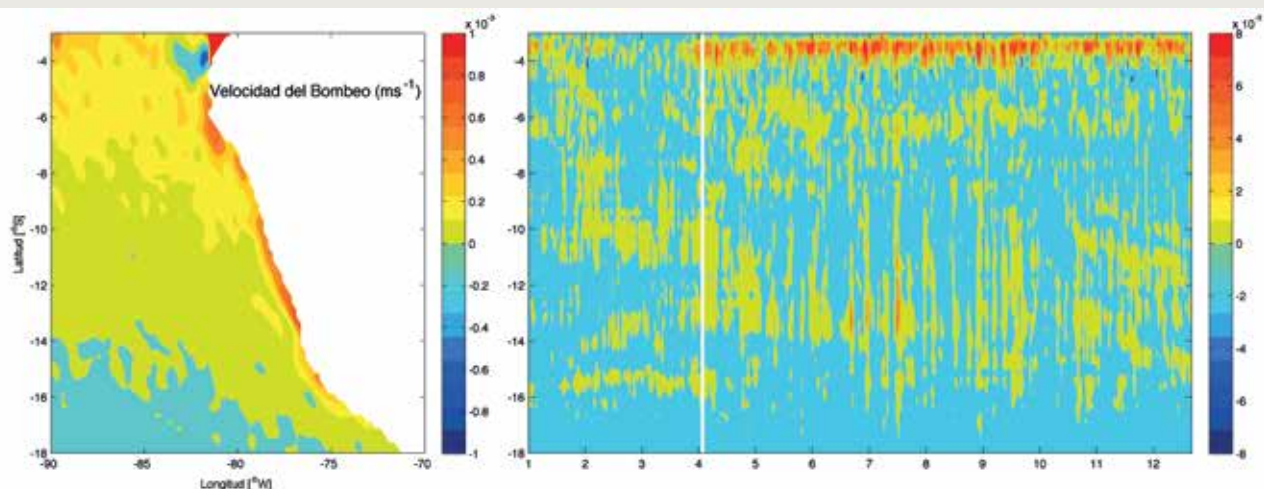


Figura 2. (Izquierda) Velocidad promedio del bombeo de Ekman calculada para el periodo 2014. Valores positivos (negativos) indican divergencia (convergencia). (Derecha) Diagrama tiempo-latitud de la velocidad del bombeo de Ekman ( $\text{ms}^{-1}$ ) a lo largo de la costa peruana.