



PERÚ

Ministerio del Ambiente

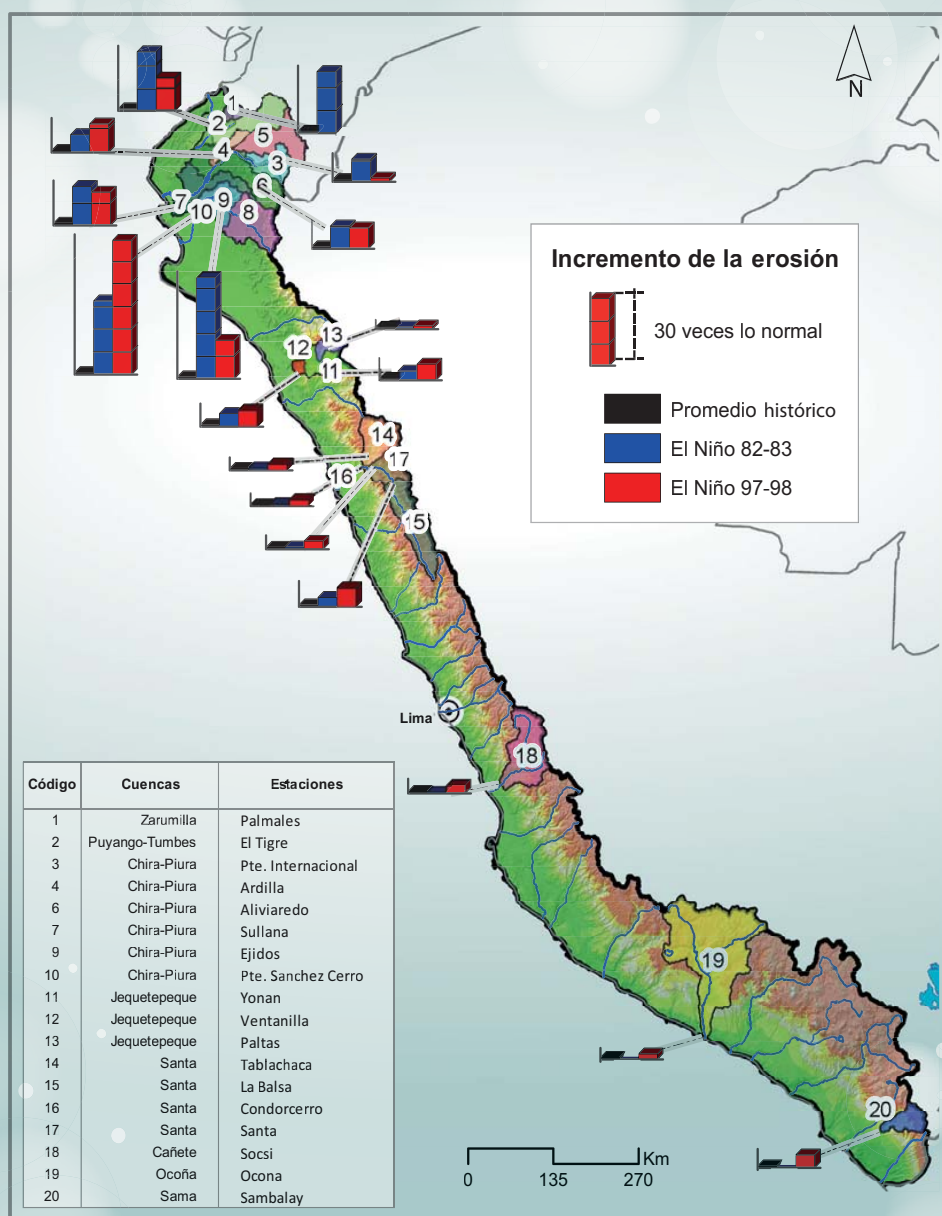
Instituto Geofísico del Perú - IGP



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



## Ondas Kelvin intraestacionales en el evento El Niño del Pacífico central

Kobi Mosquera<sup>1</sup>, Boris Dewitte<sup>2</sup> y Serena Illig<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales

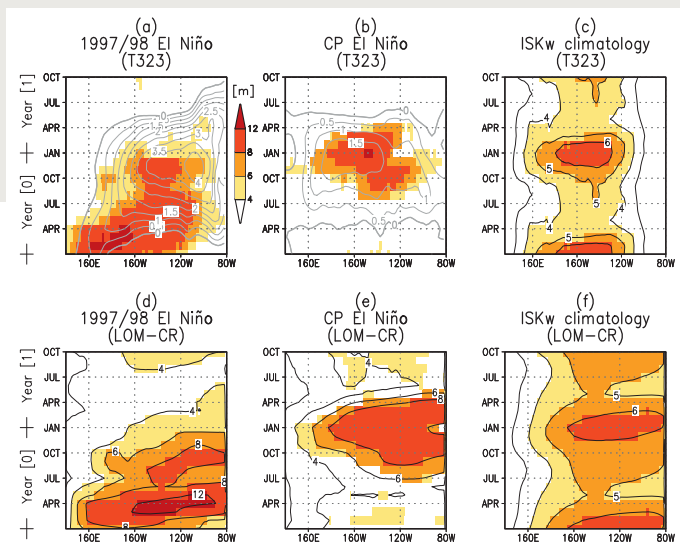
A continuación se describe un extracto del estudio "The Central Pacific El Niño Intraseasonal Kelvin wave", realizado con la colaboración del *Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales* (LEGOS) de Francia y enviado en abril al *Journal of Geophysical Research-Oceans* para su revisión. Se espera que los resultados de este trabajo contribuyan a un mejor entendimiento de la evolución de la onda Kelvin a lo largo del Pacífico ecuatorial y su rol en el desarrollo y evolución de los eventos El Niño. Este tema de investigación se ha reanudado en el ambiente científico debido a la mayor frecuencia, en los últimos 15 años, de eventos El Niño del Pacífico Central (CPEN, en inglés *Central Pacific El Niño*).

La investigación examina, en un primera fase, las características de la onda Kelvin Intraestacional (ISKw, en inglés *Intraseasonal Kelvin Wave*) en el Océano Pacífico ecuatorial empleando las observaciones *in situ* provenientes del Proyecto TAO (*Tropical Atmosphere Ocean Project*; Hayes et al., 1991; McPhaden et al., 1998) y los resultados de un modelo oceánico de circulación general (OGCM, en inglés *Oceanic General Circulation Model*) para el periodo 1989-2011. El análisis de la información muestra que la variación intraestacional de la temperatura del mar se destaca en la región de la termoclina y no en la superficie, donde la variación es muy débil, lo que está asociado a la contribución de la onda Kelvin sobre la anomalía de la profundidad de la

termoclina.

Es evidente que CPEN, a diferencia de los años donde no hubo evento El Niño, está asociado al incremento de la actividad de la ISKw. El máximo de la variabilidad de la ISKw se da en la fase madura de los CPEN y es distinto a lo que se observa en un evento extremo como El Niño 1997/1998, en donde la máxima actividad de la ISKw se dio con una antelación de cinco a seis meses. Por otro lado, mientras el pico de la variancia de las ISKw durante un CPEN es forzado por el viento, las ondas Kelvin al este del Pacífico muestran un cambio drástico en sus características (ver Figura 1). Esto no puede deberse a una simple disipación lineal o a un forzamiento del viento. Se observa que la región en la cual las ISKw empiezan fuertemente a disiparse coincide con la zona de máximo gradiente zonal de la profundidad de la termoclina (~120°W) y con el punto en el que ondas de Rossby intraestacionales se originan. Tampoco este proceso puede ser explicado por un modelo lineal (ver Figura 2), por lo que se sugiere que existe dispersión de la energía de la ISKw conforme se propaga hacia el este y en las reflexiones parciales en el frente densidad. Esto se corrobora también con un análisis de flujo de energía en la dirección este-oeste, usando las salidas del OGCM, así como con los cambios espectrales de las fluctuaciones de la termoclina observada de TAO.

Figura 1: Diagrama longitud-tiempo de la actividad de la ISKw (media cuadrática móvil de tres meses) para T323<sup>1</sup> (paneles superiores) y LOM-CR<sup>2</sup> (paneles inferiores): para El Niño 1997/1998 (paneles del lado izquierdo), compuesto de CPEN (paneles del centro) y el promedio del ciclo estacional (paneles de la derecha). Las unidades están en metros. El año [0] en el eje temporal de (a, b, d y e) se refiere a los años de la evolución de El Niño, en el cual se observa que el pico está alrededor de diciembre del año [0]. Las anomalías interanuales de la TSM de T323 correspondientes a los eventos El Niño 1997/1998 y CPEN están graficadas en contornos grises en (a) y (b), respectivamente.



# Ondas Kelvin intraestacionales en el evento El Niño del Pacífico central

Mosquera K., Dewitte B. & Illig S.

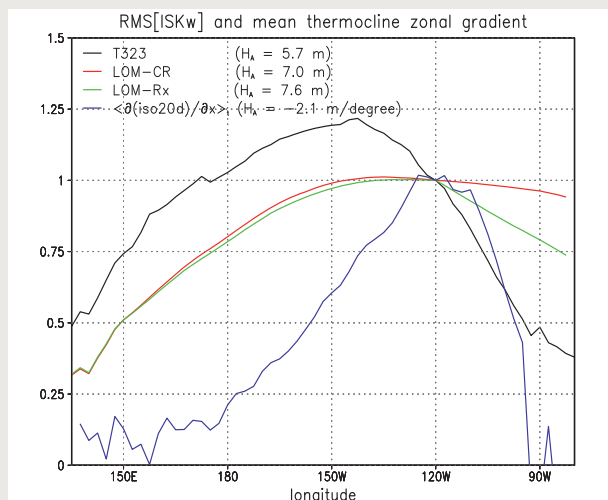


Figura 2: Media cuadrática (RMS) de ISKw para T323<sup>1</sup> (línea negra), LOM-CR<sup>2</sup> (línea roja) y LOM-Rx<sup>3</sup> (línea verde). La línea azul muestra la media temporal del gradiente zonal de la profundidad de la termoclina de T323. Los valores no tienen dimensiones, ya que han sido divididos por sus respectivos valores en 120°W (indicado como  $H_\lambda$  en la esquina superior izquierda).

Los resultados de este trabajo pueden tener implicancia en la comprensión de la modulación de El Niño Oscilación Sur (ENSO), en particular, en lo que respecta a la mayor frecuencia de eventos CPEN en la última década (Yeh et al, 2009; Lee y McPhaden, 2010). A la luz de estos resultados, se puede establecer la hipótesis de que un aumento en el gradiente zonal de la profundidad de la termoclina favorece la dispersión modal de la ISKw. Este escenario impide la propagación libre de estas ondas en el extremo este del Pacífico, lugar en donde se podría activar una respuesta del viento local por medio del impacto de las ISKw en la Temperatura Superficial del Mar (TSM) a través de la fuerte advección vertical de la anomalía de la temperatura del mar producida por la velocidad vertical climatológica (proceso conocido como *thermocline feedback*) en dicha región. Curiosamente, desde finales de los años 90, el Pacífico tropical ha ingresado a un estado tipo La Niña (cf. Xiang et al., 2013) que está asociado a una termoclina un poco más inclinada. El estado actual estaría relacionado a un modo decadal del gradiente zonal de la termoclina en el Pacífico ecuatorial (Choi et al., 2011). Esta característica ha sido también sugerida, a partir de observaciones, para la transición del estado promedio desde el año 2000 (McPhaden et al., 2011).

La ISKw podría estar “atrapada” en el Pacífico central durante los períodos en que se incrementa el contraste zonal en la estratificación. Esto es consistente con el estudio de Hu et al. (2013), quienes sugieren que la

combinación de una pendiente más pronunciada de la termoclina con intensos vientos alisios ha dificultado la migración hacia el este de las aguas cálidas a lo largo del Pacífico ecuatorial desde el año 2000, favoreciendo, de esta manera, la aparición de CPEN. La termoclina más empinada conduce a un fuerte contraste zonal en la estratificación que puede alterar las características de la ISKw por medio de la dispersión modal. Esto contradice parcialmente los estudios recientes (Xiang et al, 2013; Dommenguet et al, 2012) que sugieren que es un proceso atmosférico no lineal el que explicaría la predominancia de CPEN en un estado promedio tipo La Niña. Todo esto amerita mayor investigación.

## Referencias

Choi, J., S.-I. An, J.-S. Kug, S.-W. Yeh, 2011: The role of mean state on changes in El Niño's flavor, *Climate Dynamics*, 37, 1205–1215, doi:10.1007/s00382-010-0912-1.

Dommenguet, D., T. Bayr and C. Frauen, 2012: Analysis of the Non-linearity in the Pattern and Time Evolution of El Niño Southern Oscillation, *Climate Dynamics*, 40, 2825–2847.

Hayes, S. P., P. Chang and M. J. McPhaden, 1991: Variability of the seasurface temperature in the eastern equatorial Pacific during 1986–88, *Journal of Geophysical Research*, 96, 10, 553–566.

Hu, Z.-Z., A. Kumar, H.-L. Ren, H. Wang, M. L'Heureux, and F.-F. Jin, 2013: Weakened interannual variability in the tropical Pacific Ocean since 2000, *Journal of Climate*, 26 (8), 2601–2613, doi:10.1175/JCLI-D-12-00265.1.

Lee T. and M. J. McPhaden, 2010: Increasing intensity of El Niño in the central-equatorial Pacific, *Geophysical Research Letters*, 37, L14603, doi:10.1029/2010GL044007.

McPhaden, M. J., et al., 1998: The Tropical Ocean-Global Atmosphere (TOGA) observing system: A decade of progress, *Journal of Geophysical Research*, 103 (C7), 14, 169–14, 240, doi:10.1029/97JC02906.

McPhaden, M. J., T. Lee and D. McClurg, 2011: El Niño and its relationship to changing background conditions in the tropical Pacific, *Geophysical Research Letters*, 38, L15709, doi: 10.1029/2011GL048275.

Xiang, B., B. Wang, and T. Li, 2013: A new paradigm for the predominance of standing Central Pacific Warming after the late 1990s, *Climate Dynamics*, 41 (2), 327–340, doi: 10.1007/s00382-012-1427-8.

Yeh S.-W., S.-J. Kug, B. Dewitte, M.-H. Kwon, B. P. Kirtman, F.-F. Jin, 2009: El Niño in a changing climate, *Nature*, 461, 511–514.

<sup>1</sup>T323 es la manera particular de indicar la versión del experimento global de un OGCM perteneciente a MERCATOR (<http://www.mercator-ocean.fr/>).

<sup>2</sup>LOM-CR es el acrónimo de Linear Ocean Model (Control Run). El cual es un experimento con un modelo lineal que usa como constante la fricción ((24 mes<sup>-1</sup>) y la profundidad de la termoclina (150 m).

<sup>3</sup>LOM-Rx es similar a LOM-CR. La diferencia radica en el uso de un decaimiento variable de la fricción a lo largo de la dirección este - oeste.