



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Geofísico del Perú - IGP

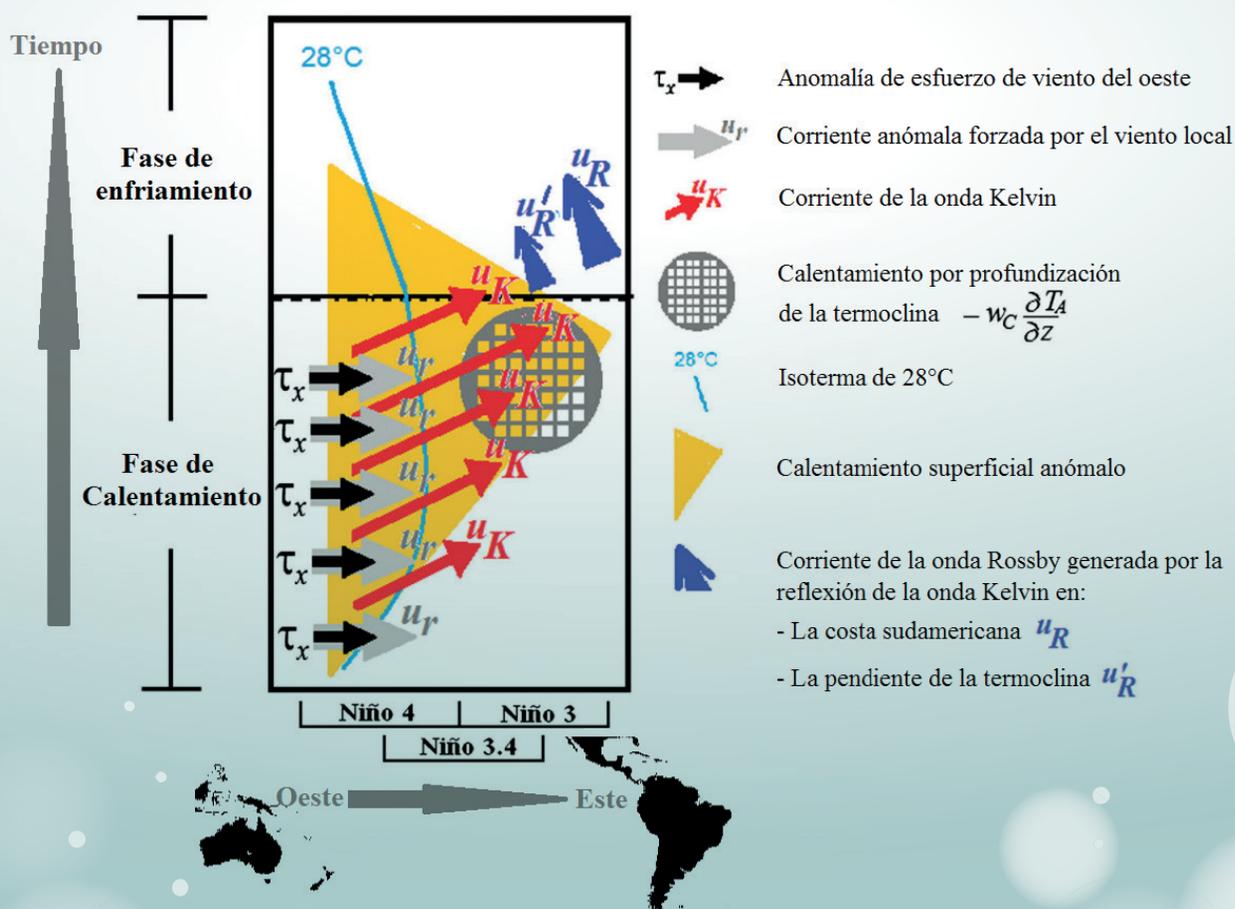


Programa Presupuestal por Resultados N° 068: "Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres" Producto: "Entidades informadas en forma permanente y con pronósticos frente al Fenómeno El Niño"

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

## Boletín Técnico

### Ondas ecuatoriales durante El Niño del Pacífico Central 2002/2003



# Contenido

**2 - 3** Introducción

**4 - 7** Artículo de Divulgación Científica

**8 - 9** Avances de Investigación

**10 - 11** Novedades

**12 - 14** Resumen Informe Técnico

**15** Comunicado Oficial ENFEN

Programa Presupuestal por Resultados N° 68 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”.

Producto: Entidades informadas en forma permanente y con pronósticos frente al Fenómeno El Niño.

Actividad: Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño.

**Manuel Pulgar Vidal**  
Ministro del Ambiente

**Ronald Woodman**  
Presidente Ejecutivo IGP

**José Macharé**  
Director Técnico IGP

**Ken Takahashi**  
Responsable Producto El Niño - IGP

Equipo de investigación: Ken Takahashi,  
Kobi Mosquera, Jorge Reupo, Berlín Segura

Edición: Cristiana Leucci  
Diseño y Diagramación: Dante Guerra

Carátula: Mosquera. Ver figura y leyenda en la página 7.

Instituto Geofísico del Perú  
Calle Badajoz 169 Mayorazgo  
IV Etapa - Ate  
Teléfono (511) 3172300

Impreso por:  
Editorial Súper Grafica E.I.R.L.  
Av. Naciones Unidas N° 1830 – Cercado de Lima  
Teléfono (511) 7150315

Lima, Noviembre del 2014

Hecho el Depósito Legal en la  
Biblioteca Nacional del Perú N° 2014-17548

# Introducción

El Programa Presupuestal por Resultados (PPR) es una estrategia de gestión pública que vincula la asignación de recursos a productos y resultados medibles a favor de la población. Dichos resultados se vienen implementando progresivamente a través de los programas presupuestales, las acciones de seguimiento del desempeño sobre la base de indicadores, las evaluaciones y los incentivos a la gestión, entre otros instrumentos que determina el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) a través de la Dirección General de Presupuesto Público, en colaboración con las demás entidades del Estado.

El Instituto Geofísico del Perú (IGP) viene participando en el Programa Presupuestal por Resultados 068: “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”. A partir del año 2014, algunas de las instituciones integrantes del Comité Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) participan en este PPR con el producto denominado “Entidades informadas en forma permanente y con pronósticos frente al Fenómeno El Niño”, que consiste en la entrega en forma oportuna de información científica sobre el monitoreo y pronóstico de este evento natural océano-atmosférico, mediante informes técnicos mensuales, que permitan la toma de decisiones a autoridades a nivel nacional y regional.

A este producto, el IGP contribuye con la actividad “Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño”, la cual incluye la síntesis y evaluación de los pronósticos de modelos climáticos internacionales, el desarrollo y validación de nuevos modelos de pronóstico, así como el desarrollo de investigación científica que fortalecerá en forma continua la capacidad para este fin.

El presente Boletín tiene como objetivo difundir conocimientos científicos, avances de investigación y noticias relacionadas a este tema, con la finalidad de mantener informados a los usuarios y proporcionarles las herramientas para un uso óptimo de la información presentada. Además, comparte una versión resumida del Informe Técnico que el IGP elabora mensualmente para cumplir con los compromisos asumidos en el marco del PPR 068. Dicho Informe contiene información actualizada operativamente y proporcionada por el IGP como insumo para que el ENFEN genere en forma colegiada la evaluación final que será diseminada a los usuarios. Se advierte que, en caso de discrepancias, el Informe Técnico del ENFEN prevalecerá.

Los resultados de esta actividad están disponibles en:  
[www.igp.gob.pe/sysppr](http://www.igp.gob.pe/sysppr).



# IGP

El Instituto Geofísico del Perú es una institución pública al servicio del país, adscrito al Ministerio del Ambiente, que genera, utiliza y transfiere conocimientos e información científica y tecnológica en el campo de la geofísica y ciencias afines, forma parte de la comunidad científica internacional y contribuye a la gestión del ambiente geofísico con énfasis en la prevención y mitigación de desastres naturales y de origen antrópico. En el marco del Comité Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), el IGP rutinariamente aporta información experta sobre modelos y pronósticos relacionados con El Niño y fenómenos asociados.



# ENFEN

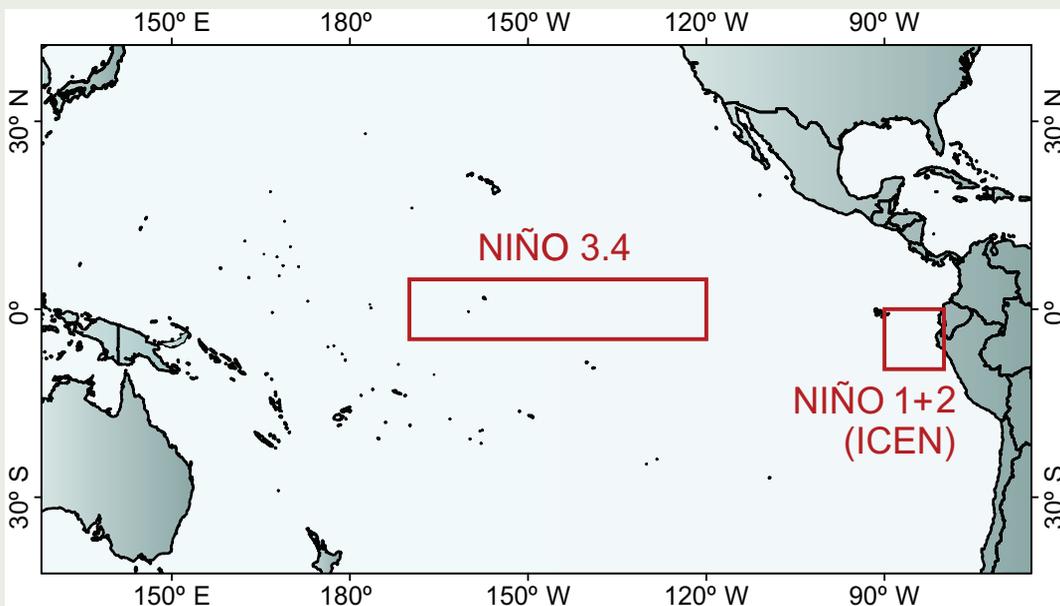
El Comité Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), conformado por representantes de IMARPE, DHN, IGP, SENAMHI, ANA e Indeci, es el ente que genera la información oficial de monitoreo y pronóstico del Fenómeno El Niño y otros asociados.

Según Resolución Ministerial 761-97-PE, el ENFEN tiene entre sus funciones el “mantener informado sobre la posible ocurrencia del Fenómeno El Niño, para que con ello se permita adoptar decisiones para adecuar y proteger la infraestructura existente en los distintos sectores, en prevención a los posibles daños que pudiera causar este fenómeno a la economía nacional y la población peruana”, así como “orientar a los diversos sectores medidas pragmáticas de previsión que permitan reducir daños y/o aprovechar beneficios”.

Para este fin, el ENFEN realiza el pronóstico, monitoreo y estudio continuo de las anomalías del océano y la atmósfera del mar peruano y a nivel global, a través de la elaboración de estudios y análisis científicos basados en la información proveniente de diversas redes de observación y modelos de variables oceanográficas, meteorológicas, hidrológicas y biológico-pesqueras. También, al menos mensualmente, emite pronunciamientos que son “preparados colegiadamente, acopiando la mejor información científica disponible y de competencia de cada institución respecto de su sector y genera la información técnica en forma colegiada para su difusión a los usuarios”.

Además, un objetivo central del ENFEN es “estudiar el Fenómeno El Niño, con el fin de lograr una mejor comprensión del mismo, poder predecirlo y determinar sus probables consecuencias”, lo cual se desarrolla mediante la investigación científica.

El ENFEN es el ente que genera la información oficial de monitoreo y pronóstico del Fenómeno El Niño y otros asociados.



El mapa muestra las dos regiones que definen los principales índices de temperatura superficial del mar utilizadas para monitorizar El Niño y La Niña. La región Niño 1+2 (90°-80°W, 10°S-0°), en la que se basa el Índice Costero El Niño (ICEN), se relaciona con impactos en la costa peruana, mientras que la región Niño 3.4 (5°S-5°N, 170°W-120°W) se asocia a impactos remotos en todo el mundo, incluyendo los Andes y Amazonía peruana.

# Artículo de Divulgación Científica

## Actividad de las ondas ecuatoriales y su impacto en la Temperatura Superficial del Mar en el Fenómeno El Niño 2002/2003

Es conocida la importancia para el Perú de pronosticar el Fenómeno El Niño (FEN) con la mayor confiabilidad y tiempo de anticipación posible. Para mejorar estos pronósticos, es necesario conocer y entender de manera precisa cada uno de los procesos físicos que están involucrados en el cambio de la Temperatura Superficial del Mar (TSM), variable que caracteriza la presencia de El Niño. Desde hace muchos años la comunidad científica está envuelta en alcanzar este objetivo, para lo cual se ha desarrollado mucho trabajo técnico-científico realizando observaciones *in situ* o mediante satélites, estudios estadísticos y teóricos, así como simulaciones con modelos numéricos complejos y simples del océano y atmósfera. Lamentablemente, como ya se sabía, y se ha vuelto a ver en este año 2014, los eventos El Niño pueden diferir bastante entre ellos y, además, aún existen vacíos científicos que limitan las predicciones del FEN.

El objetivo del presente documento es mostrar, basándose en el trabajo de Mosquera-Vásquez et al. (2013), la actividad de las ondas Kelvin y Rossby ecuatoriales, así como su contribución en el cambio de la anomalía de la TSM en el Fenómeno El Niño 2002/2003, que puede ser considerado del tipo de "Pacífico Central" o "Modoki" (ver Takahashi, 2014).

Para esto se realizó un análisis del balance de energía utilizando los datos oceánicos de un Modelo Oceánico de Circulación General (OGCM, por sus siglas en inglés) perteneciente a MERCATOR ([http://www.mercator-ocean.fr/html/produits/index\\_en.html](http://www.mercator-ocean.fr/html/produits/index_en.html)). Este modelo fue forzado por datos de viento y flujos de calor y agua superficiales observados, pero sin asimilación de datos oceánicos subsuperficiales. Los resultados fueron validados exitosamente con información *in situ* y satelital.

### Método del balance de energía

Para obtener la contribución de las ondas Kelvin y Rossby en las corrientes zonales y en la profundidad de la termoclina en el OGCM, se asume que la dinámica del océano es lineal<sup>1</sup> y que la propagación de las ondas solo ocurre en la dirección horizontal, mientras que en la dirección vertical se asume que las oscilaciones son estacionarias (i.e. "modos normales"). El desarrollo de las ecuaciones para los modos normales en cada punto de la región ecuatorial permite obtener unos coeficientes, conocidos como baroclínicos, que luego son usados para calcular la contribución de las ondas Kelvin y Rossby a variables



Ph. D. (c) Kobi A. Mosquera Vásquez  
Investigador Científico del  
Instituto Geofísico del Perú

*Físico de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), con un grado de Magíster en Física - Mención Geofísica - obtenido en la misma casa de estudios. Actualmente es candidato a doctor en Oceanografía Física en la Universidad Paul Sabatier (Francia). Su investigación está relacionada con los procesos físicos involucrados en el Fenómeno El Niño, con énfasis en las ondas largas ecuatoriales: Kelvin y Rossby. Tiene experiencia en el modelado oceánico en el Pacífico Tropical, así como en el procesamiento de grandes volúmenes de información tales como datos *in situ*, remotos o resultados de modelos numéricos.*

como la profundidad de la termoclina y la velocidad zonal (oeste-este). Para esto se usa el método desarrollado por Dewitte et al. (1999), quien ha demostrado la utilidad de este para identificar características importantes de la dinámica de las ondas ecuatoriales en todos los océanos tropicales (Dewitte et al., 1999; Illig et al., 2004; Illig et al., 2007).

Contando con la contribución de las ondas Kelvin y Rossby a las perturbaciones en la profundidad de la termoclina y velocidad zonal, se puede estimar cómo las ondas Kelvin y Rossby podrían estar cambiando la TSM a lo largo del Pacífico Ecuatorial. En la Figura 1 se aprecian cinco diagramas Hovmöller (diagrama longitud vs tiempo) que muestran la anomalía del esfuerzo de viento (Fig. 1a en colores), la contribución de la onda Kelvin en la profundidad de la termoclina (Fig. 1a en tonos grises y 1b-d en contornos negros) y en las corrientes zonales (Fig. 1e en tonos grises), la contribución de la onda Rossby en las corrientes zonales (Fig. 1e en tonos de azules), anomalía de TSM (Fig. 1b-d en colores), e isoterma de 28°C (Fig. 1a-d con línea color azul). Con este gráfico se puede deducir que en el Fenómeno El Niño 2002/2003 las ondas Kelvin ecuatoriales fueron forzadas por anomalías positivas de esfuerzo de viento zonal en el Extremo Oeste, que luego provocaron la advección (transporte) de aguas cálidas del oeste hacia el este. Esto se manifiesta con el desplazamiento de la isoterma de 28°C hacia el este en la Figura 1. Conforme las ondas Kelvin se desplazaron hacia el este, la anomalía de la TSM se incrementó a lo largo del Pacífico Ecuatorial. Asimismo, se presume que la presencia de las ondas Rossby, producidas por el rebote de las ondas Kelvin en la inclinación de la termoclina y en el borde continental, pudo contribuir al proceso de enfriamiento del evento.

<sup>1</sup>Matemáticamente hablando, significa que las perturbaciones con respecto al estado climático base son suficientemente pequeñas que las ondas se pueden superponer sin modificarse mutuamente.

# Actividad de las ondas ecuatoriales y su impacto en la Temperatura Superficial del Mar en el Fenómeno El Niño 2002/2003

Mosquera K., Dewitte B., Illig S., Takahashi K., Garric G.

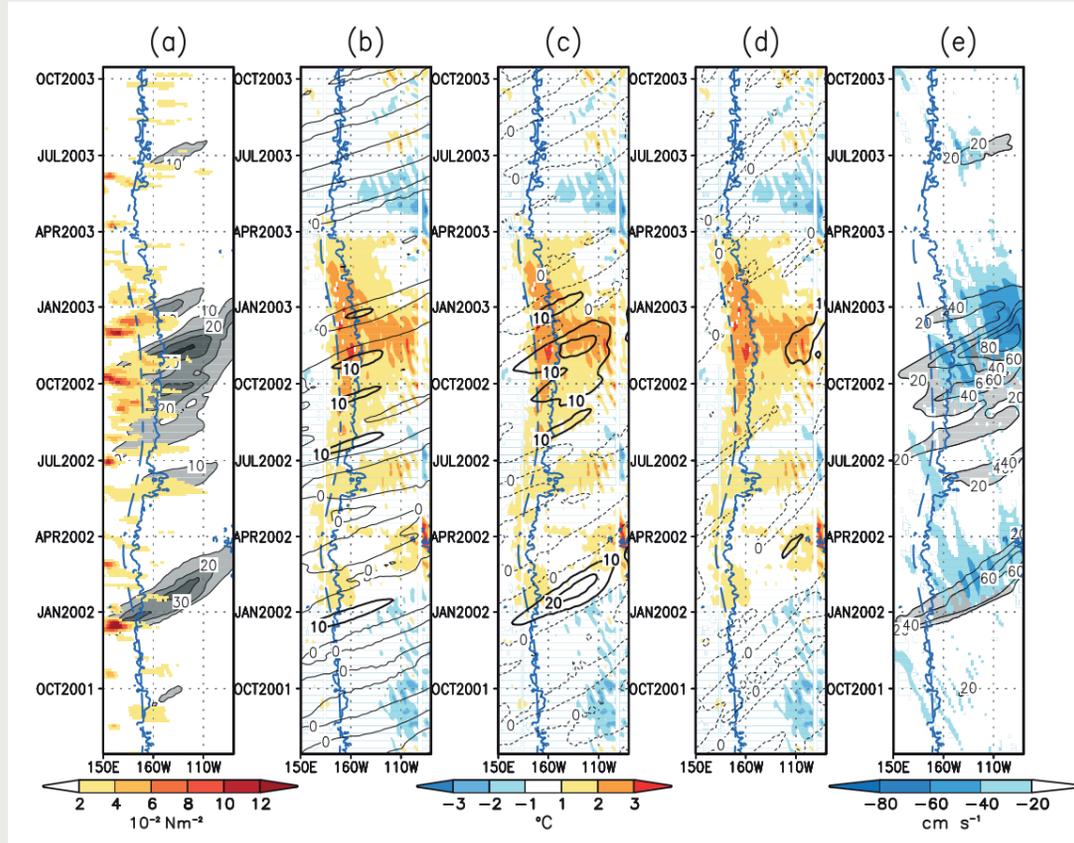


Figura 1. Diagramas Hovmöller que muestra: la anomalía del esfuerzo de viento en colores (a); la contribución de la onda Kelvin en la profundidad de la termoclina en tonos grises (a) y en contornos negros (b, c y d); la contribución de la onda Kelvin en las corrientes zonales en tonos grises (e); la contribución de la onda Rossby en las corrientes zonales en tonos azules (e); anomalía de TSM en colores (b, c y d); e isoterma de 28°C con línea color azul (a, b, c, d y e).

Lo descrito en el párrafo anterior es una manera de interpretar lo que aconteció en el Fenómeno El Niño 2002/2003. Para conocer, de manera objetiva, qué procesos físicos influyen en el incremento o disminución de la anomalía de la TSM en el tiempo, podemos hacer el cálculo del balance de calor en la capa superior del océano Pacífico Ecuatorial. Este cálculo contiene, de manera explícita, los procesos de transporte horizontal y vertical de la temperatura, así como los flujos de calor superficial. De existir un término residual ( $R$ ) en el balance, se asume que este se asocia a procesos de mezcla vertical, aunque también incluiría los errores en el cálculo. En el estudio de Mosquera-Vásquez et al. (2013), se realizó el balance en la capa superficial hasta 50 metros de profundidad y se calcularon los cambios mensuales de la anomalía de la temperatura del mar promediada en esta capa ( $T_A$ ).

El proceso de advección horizontal de temperatura se puede descomponer en: zonal (en la dirección este-oeste, denotada por  $x$ ) y meridional (en la dirección norte-sur, denotada por  $y$ ). Las corrientes zonales anómalas ( $u$ ) están dadas por la suma de las contribuciones de las ondas Kelvin ( $u_K$ ), ondas Rossby ( $u_R$ ) y el efecto del viento local ( $u_l$ ), por lo que los cambios en temperatura por advección zonal asociados a estos procesos se calculan como  $-u_K \frac{\partial T}{\partial x}$ ,  $-u_R \frac{\partial T}{\partial x}$  y  $-u_l \frac{\partial T}{\partial x}$  respectivamente.

En lo que respecta a los flujos verticales de calor anómalos ( $F_A$ ), estos se calculan siguiendo el método de Wang and McPhaden (1999). Esto es:  $F_A = \frac{Q_0 + Q_P}{\rho_0 C_p h}$  donde  $Q_0$  es la suma de los flujos de radiación de onda corta ( $Q_{SW}$ ), radiación de onda larga ( $Q_{LW}$ ), calor latente ( $Q_L$ ) y calor sensible ( $Q_S$ ) (es decir  $Q_0 = Q_{SW} + Q_{LW} + Q_L + Q_S$ ), mientras que  $Q_P$  es el flujo de calor de onda corta que escapa del fondo de la capa de profundidad  $h$ :  $Q_P = -0.45 \cdot Q_{SW} \cdot e^{-\gamma|h|}$ .

$C_p$  es la capacidad de calor ( $=3940 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ ),  $\rho_0$  es la densidad del agua de mar ( $\approx 1022 \text{ kg m}^{-3}$ ) y  $\gamma^{-1}$  es la escala de profundidad de atenuación de la radiación solar ( $\approx 25$  metros). Los flujos del modelo fueron calculados a partir de los resultados del *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts Integrated Forecast System analysis*.

Por lo tanto, basado en lo descrito líneas arriba, el balance de energía de la capa oceánica está dado por:

$$\begin{aligned} \frac{\partial T_A}{\partial t} = & -u_K \frac{\partial T_C}{\partial x} - u_R \frac{\partial T_C}{\partial x} - u_l \frac{\partial T_C}{\partial x} - v_A \frac{\partial T_C}{\partial y} - w_A \frac{\partial T_C}{\partial z} \\ & - u_C \frac{\partial T_A}{\partial x} - v_C \frac{\partial T_A}{\partial y} - w_C \frac{\partial T_A}{\partial z} \\ & - u_K \frac{\partial T_A}{\partial x} - u_R \frac{\partial T_A}{\partial x} - u_l \frac{\partial T_A}{\partial x} - v_A \frac{\partial T_A}{\partial y} - w_A \frac{\partial T_A}{\partial z} \\ & + \frac{Q_{SW}}{\rho_0 C_p h} + \frac{Q_{LW}}{\rho_0 C_p h} + \frac{Q_L}{\rho_0 C_p h} + \frac{Q_S}{\rho_0 C_p h} + \frac{Q_P}{\rho_0 C_p h} \\ & + R \end{aligned} \quad (1)$$

Los subíndices  $C$  y  $A$  indican climatología y anomalía, respectivamente. Los resultados de este modelo han sido promediados: a) temporalmente para la fase de calentamiento (desde abril hasta noviembre del año 2002) y enfriamiento (desde diciembre de 2002 hasta abril de 2003); y b) espacialmente para las regiones Niño 4 (N4), Niño 3.4 (N3.4) y Niño 3 (N3).

## Efecto de las ondas en la temperatura oceánica

Los resultados se muestran en la Figura 2, en donde cada cuadro representa algún término (los más importantes para cada fase) de la ecuación 1 y cada barra, dentro de este cuadro, indica una de las regiones Niño en el Pacífico Ecuatorial.

disminuye en la región N4, debido a una disminución de la radiación solar y a un incremento de la evaporación a lo largo del Ecuador.

El análisis también indica que el término residual ( $R'$ ), el cual contiene la mezcla vertical, tiene una cierta contribución en los cambios, por lo que es necesario poder separar los procesos que están involucrados en este, tal como la difusión vertical y *entrainment*.

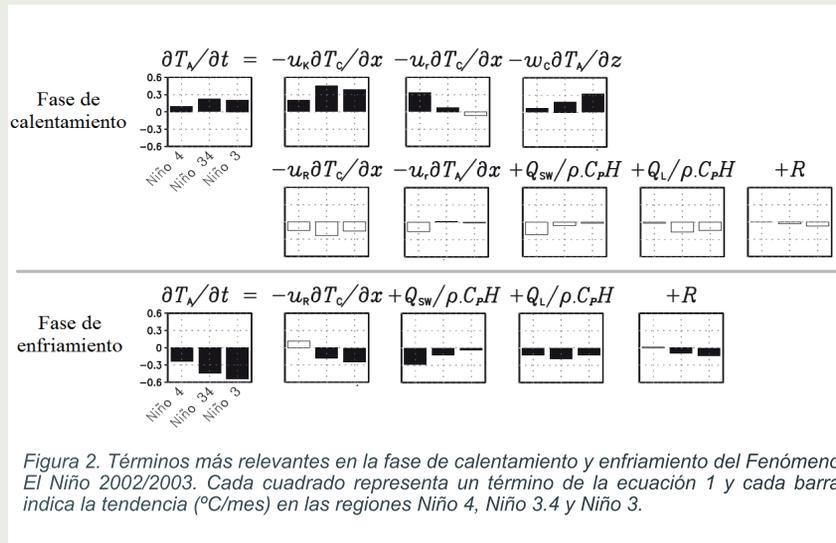


Figura 2. Términos más relevantes en la fase de calentamiento y enfriamiento del Fenómeno El Niño 2002/2003. Cada cuadrado representa un término de la ecuación 1 y cada barra indica la tendencia (°C/mes) en las regiones Niño 4, Niño 3.4 y Niño 3.

Entonces, en la fase de calentamiento (ver Figura 2) se observa que la onda Kelvin, por medio de la advección zonal del gradiente climatológico de la temperatura ( $-u_k \frac{\partial T_c}{\partial x}$ ) domina en las regiones N3.4 y N3. En la región N4, las corrientes zonales producidas localmente por la anomalía del esfuerzo de viento zonal ( $-u_r \frac{\partial T_c}{\partial x}$ ) son las principales fuentes de advección zonal. Finalmente, el efecto de la profundización de la termoclina, que se manifiesta como la advección vertical de la anomalía de la temperatura por medio de la velocidad vertical climatológica ( $-w_c \frac{\partial T_c}{\partial z}$ ), es más importante en la región N3. En esta fase, las ondas Rossby ( $-u_r \frac{\partial T_c}{\partial x}$ ) tienen un rol de enfriamiento, principalmente, en la región N3.4. De la misma manera, las radiaciones de onda corta y calor latente en N4 y N3.4, respectivamente, son importantes en el enfriamiento. Esto es consistente con el incremento de la convección en N4 que provoca un incremento en la convergencia al este durante el calentamiento de la “piscina caliente”. El término residual tiene un ligero rol de enfriamiento en N3 y estaría conectado al incremento de la mezcla vertical al paso de la onda Kelvin o a la inusual extensión de las anomalías de esfuerzos de viento del este durante este evento (comparar con la Figura 5 de McPhaden, 2004).

En la fase de enfriamiento (ver Figura 2), la advección, debido a la onda de Rossby ( $-u_r \frac{\partial T_c}{\partial x}$ ), es fundamental en las regiones N3.4 y N3. Como ya se indicó en la descripción de la secuencia de ondas en El Niño 2002/2003, las ondas Rossby son producto de la reflexión de la onda Kelvin cuando esta incide sobre la termoclina en el Pacífico Oriental (donde su inclinación zonal es mayor), y además cuando alcanza la costa sudamericana. Asimismo, en lo que se refiere a los flujos superficiales de calor, la radiación de onda corta ( $\frac{Q_{sw}}{\rho C_p H}$ )

## Resumen

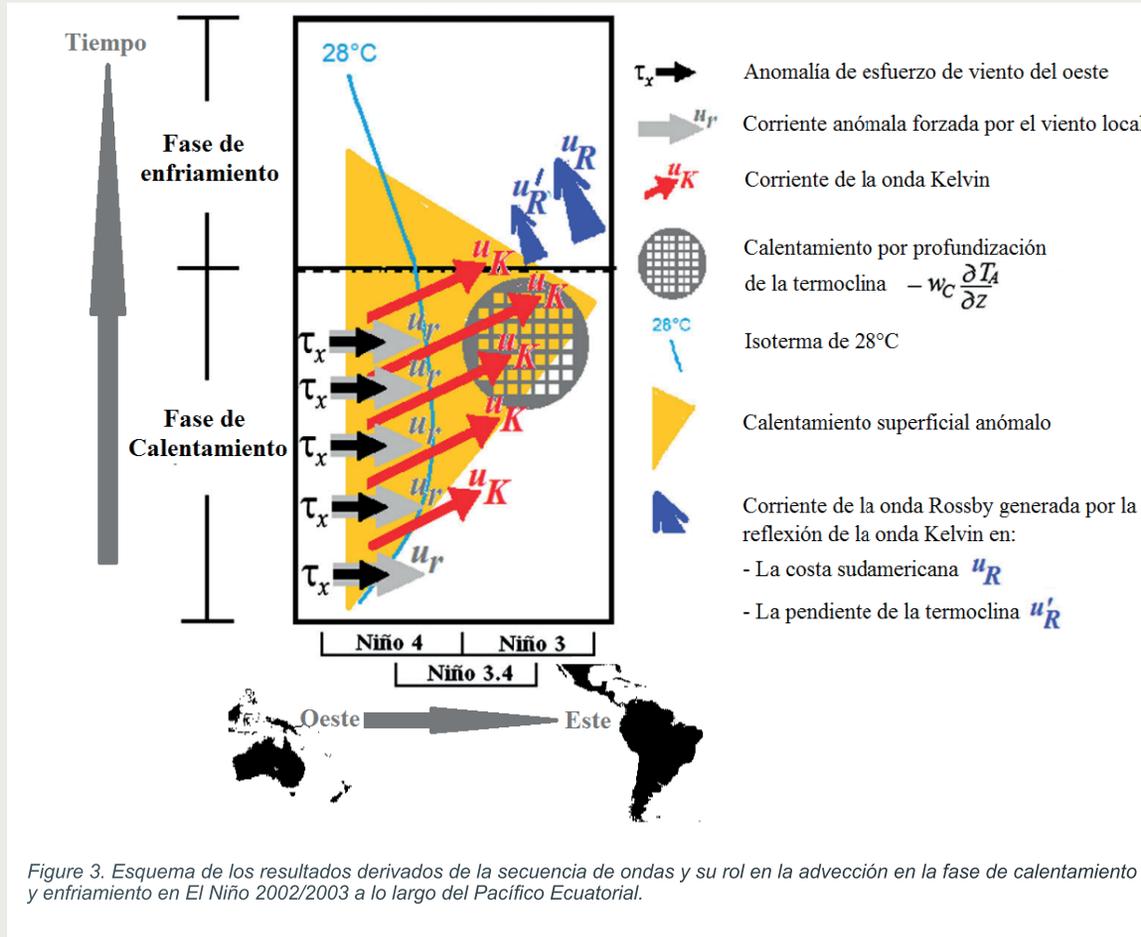
El esquema en la Figura 3 resume el rol de las ondas ecuatoriales en el Fenómeno El Niño 2002/2003. En este evento cinco pulsos de anomalías de esfuerzo de viento del oeste en el Pacífico Occidental transmitieron al océano su momentum, el cual se repartió entre a) las corrientes locales del oeste y b) las ondas Kelvin cálidas. Ambas contribuciones a las corrientes zonales provocaron el desplazamiento del borde de la piscina cálida del Pacífico Occidental (isoterma de 28°C) hacia el este, resultando en una anomalía positiva de la TSM en la región N4. A medida que continuaron su propagación, las ondas Kelvin cálidas extendieron su efecto más hacia el este, provocando más anomalías cálidas de la TSM. En la región oriental (N3), la profundización de la termoclina debida a estas ondas Kelvin también produjo un calentamiento superficial a través del afloramiento de las anomalías de temperatura subsuperficiales asociadas.

En la fase de enfriamiento, las ondas Rossby tuvieron un rol fundamental en la región N3 debido a que las anomalías negativas asociadas a la velocidad zonal ecuatorial regresaron las isothermas superficiales a su posición original más al oeste. Estas ondas Rossby fueron generadas como reflexión de ondas Kelvin, primero en la pendiente de la termoclina en el Pacífico Oriental y posteriormente en la costa sudamericana.

Este análisis nos muestra claramente el rol importante de las ondas ecuatoriales (Kelvin y Rossby) en los procesos de calentamiento y

# Actividad de las ondas ecuatoriales y su impacto en la Temperatura Superficial del Mar en el Fenómeno El Niño 2002/2003

Mosquera K., Dewitte B., Illig S., Takahashi K., Garric G.



enfriamiento del evento El Niño del Pacífico Central de 2002/2003. Sin embargo, es importante investigar más las diferencias en dicho rol asociadas a los distintos tipos de El Niño y sus razones.

## Referencias

Dewitte, B., G. Reverdin and C. Maes, 1999: Vertical structure of an OGCM simulation of the equatorial Pacific Ocean in 1985-1994, *Journal of Physical Oceanography*, 29, 1542-1570.

Illig, S., B. Dewitte, N. Ayoub, Y. du Penhoat, G. Reverdin, P. De Mey, F. Bonjean and G. S. E. Lagerloef, 2004: Interannual Long Equatorial Waves in the Tropical Atlantic from a High Resolution OGCM Experiment in 1981-2000, *Journal of Geophysical Research*, 109, C02022, doi:10.1029/2003jc001771.

Illig, S., B. Dewitte, C. Périgaud and C. Derval, 2007: Equatorial wave intra-seasonal variability in the Indian and Pacific oceans in the Mercator Ocean POG05B simulation, *Mercator Ocean Quarterly Newsletter*, July 2007 issue, 45-56.

McPhaden, M. J.: 2004: Evolution of the 2002/03 El Niño, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 85, 677-695.

Mosquera-Vásquez, K., B. Dewitte, S. Illig, K. Takahashi, and G. Garric, 2013: The 2002/2003 El Niño: Equatorial waves sequence and their impact on sea surface temperature, *Journal of Geophysical Research*:

*Oceans*, 118, 346-357, doi:10.1029/2012JC008551.

Takahashi, K., 2014: *Varietades de El Niño*, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 1, No. 2, Febrero, Instituto Goefísico del Perú.

Wang, W., and M. J. McPhaden, 1999: The surface layer heat balance in the equatorial Pacific ocean, Part I: Mean seasonal cycle, *Journal of Physical Oceanography*, 29, 1812-1831.

## Vientos del oeste en el Pacífico Ecuatorial

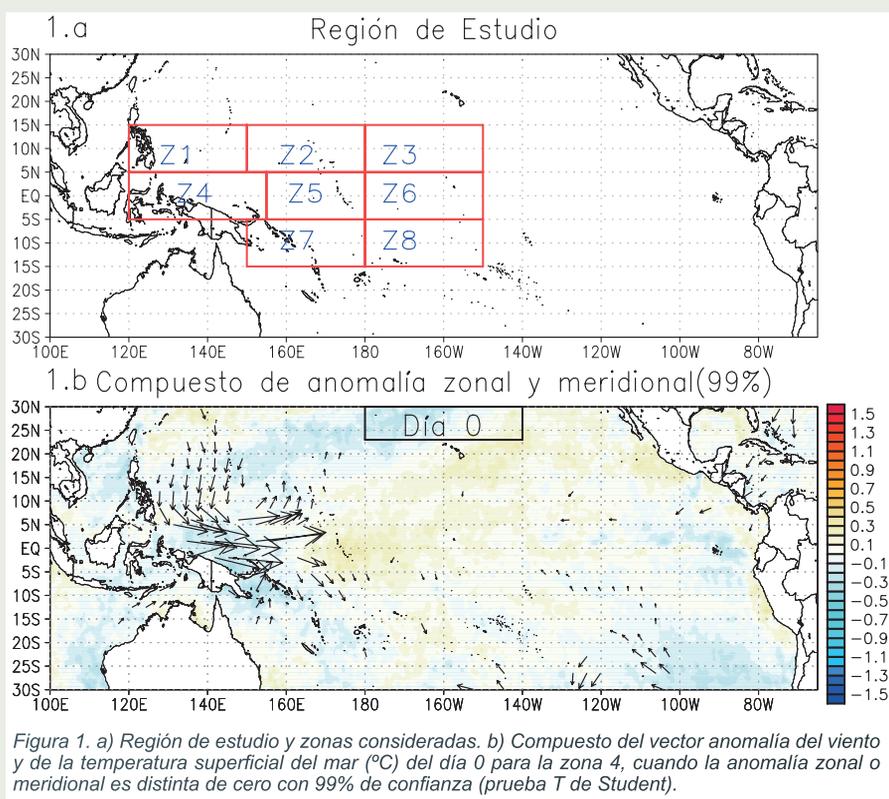
Yakelyn Ramos<sup>1</sup>, Ken Takahashi<sup>1</sup>

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

Los vientos del oeste o pulsos anómalos de vientos zonales del oeste (en inglés *westerly wind bursts*) son el modo dominante de la variabilidad intraestacional de los vientos superficiales en el Pacífico Tropical (Luther et al., 1983; Harrison y Luther, 1990). Se ubican en el Pacífico Occidental y Central Ecuatorial, son de alta magnitud (10–20 m/s), y tienen una escala temporal de 6 a 20 días (Vecchi, 2000). Vecchi y Harrison (1997) clasificaron esta región en ocho subregiones las cuales se ilustran en la Figura 1a. La importancia práctica de estos pulsos de viento radica en que pueden forzar la formación de ondas Kelvin cálidas, lo cual permitía predecir el incremento anómalo de la temperatura superficial del mar (TSM) en el Pacífico Central y Oriental, así como potencialmente predecir el inicio o la mantención de El Niño (McPhaden, 1999; Yu y McPhaden, 1999; Mosquera, 2014).

Actualmente la llegada de ondas Kelvin a la costa peruana puede ser anticipada debido a que se forman en el Pacífico Occidental y se desplazan de oeste a este con una velocidad de aproximadamente 2.6 m/s (Mosquera et al., 2014). Sin embargo, todavía se desconoce cuál es el origen de los pulsos de viento del oeste, aunque están asociados a perturbaciones de actividad convectiva de gran escala atmosférica, presentan gran relación con la actividad de ciclones tropicales (Vecchi, 2000) y se cree que están relacionados con las llamadas Oscilaciones Madden-Julian (Vintzileos et al., 2005; Vecchi et al., 2006; Chiodi et al., 2014). Por lo tanto el objetivo de esta investigación es entender los mecanismos asociados a estos pulsos de vientos con la finalidad de realizar su pronóstico. De esta forma se podrá mejorar la observación de condiciones tanto atmosféricas (vientos) como oceánicas (ondas Kelvin) lo que contribuirá con la mejora del pronóstico de El Niño con meses de anticipación.

Se encontraron los eventos de pulsos de vientos del oeste, definidos como periodos de tres o más días en los que la anomalía del viento zonal, promediada para cada zona particular (Figura 1a) que ha sido nombrada de acuerdo a su ubicación relativa a otras (Vecchi, 2000), excede el percentil 90 de su serie histórica. Luego se halló el día central (Día 0), el cual corresponde a la máxima anomalía zonal en cada evento. Finalmente se realizó un compuesto de la distribución espacial de las anomalías del viento zonal y de la anomalía de TSM (ATSM) durante el pico de los eventos, promediando las anomalías de viento zonal usando los correspondientes días centrales de cada evento y para cada zona. De la misma forma el compuesto del día (n) fue calculado usando



## Datos y Metodología

Para la región de estudio, que abarca de 100°E hasta 100°W y de 30°S hasta 30°N, se utilizaron datos diarios de viento superficial de alta resolución espacial (0.25° x 0.25°) del producto satelital Quikscat y de TSM de la NOAA para el periodo 1999 - 2009. En base a esta información, se calcularon las climatologías mensuales del viento y TSM y luego se interpolaron linealmente en el tiempo para conseguir una climatología de resolución diaria. Se calculó la anomalía como la diferencia entre el dato diario y la climatología interpolada para el mismo día.

el promedio de todos los días (n) de cada evento. Los compuestos fueron evaluados para cada día entre n=-10 y n=+10 y para cada zona. Adicionalmente se calculó la ATSM en la región Niño3.4 para cada día (n) y se usó el resultado para clasificar cada evento en alguna de las siguientes tres categorías: “frío” si este valor es menor de -0.75°C, “neutro” si se encuentra entre -0.75°C y 0.75°C y “cálido” si supera 0.75°C (Vecchi y Harrison, 1999; Chiodi et al., 2014).

## Resultados preliminares

De acuerdo al análisis de los compuestos, las zonas que producen efecto en el incremento de la TSM en el Pacífico Oriental son las zonas 4, 5 y 6 (Z4, Z5 y Z6). Estos resultados están acordes a los encontrados previamente (Harrison y Vecchi, 2000). Sin embargo, los eventos de las zonas 5 y 6 posiblemente estarían influenciados por las condiciones cálidas de la región Niño3.4 (ATSM mayor a 0) y esto causaría una retroalimentación positiva de los vientos del oeste (Takahashi y Dewitte, 2014).

La Z4 es la única zona en la que existen más eventos durante condiciones neutras (Figura 1b), por lo tanto, debido a que nuestro interés es el pronóstico de los pulsos de vientos del oeste en condiciones neutras, nuestro estudio se centrará en esta zona. Es importante mencionar que estos pulsos aparecen días antes y en ocasiones se ven reforzados por flujos anómalos del norte y sur que convergen en la franja ecuatorial.

La relación entre la duración de cada evento y la intensidad de la anomalía zonal en el día 0 en la Z4 se muestra en la Figura 2. Se observa que la duración y la anomalía de viento zonal máxima de los eventos varían sustancialmente. Se conoce que los pulsos de vientos del oeste en la región ecuatorial (5°S – 5°N) están asociados, a veces, con circulaciones ciclónicas y, a veces, solo a gradientes débiles de presión (Vecchi, 2000).

Prestamos atención a los eventos con duración mayor a 6 días y con intensidad mayor a 6 m/s. De estos eventos encontramos que 4 de 10 están relacionados con tormentas, depresión o ciclones tropicales cuya ubicación se encontró entre 10°S – 10°N (weather.unisys.com/hurricane) y que se caracterizan por tener alguna fase

de su periodo de vida que corresponde a días antes del día 0 del evento. Por otra parte, es notable que días antes del día 0 existan anomalías negativas de altura geopotencial en 850 y 500 hPa desde 140°E hasta 160°W. Esta caída de altura geopotencial en ambos niveles está relacionada con una disminución de presión en superficie, lo que favorecería los vientos del oeste. Aún no ha sido posible identificar un patrón consistente que explique el origen de estos pulsos de viento, lo cual se continuará investigando en los siguientes meses.

## Referencias

Chiodi, A. M., D. E. Harrison, and G. A. Vecchi, 2014: Subseasonal atmospheric variability and El Niño waveguide warming; observed effects of the Madden-Julian Oscillation and Westerly Wind Events, *Journal of Climate*, p. 140206134509004.

Harrison, D. E., and D. S. Luther, 1990: Surface winds from tropical Pacific islands – Climatological statistics, *Journal of Climate*, 3, 251-271.

Harrison, D. E., and G. A. Vecchi, 1997: Westerly wind events in the tropical Pacific, *Journal of Climate*, 10, 3131-3156.

Luther, D. S., D. E. Harrison, and R. A. Knox, 1983: Zonal winds in the central equatorial Pacific and El Niño, *Science*, 222, 327-330.

McPhaden, M. J., 1999: Genesis and evolution of the 1997–98 El Niño, *Science*, 283, 950–954.

Mosquera, K. 2014: Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico, *Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño"*, Vol. 1, No1, enero.

Mosquera, K., D. Pareja y K. Takahashi, 2014: 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 B. Dewitte, 2014: Strong and moderate nonlinear El Niño regimes, *Enviado a Climate Dynamics*.

Vecchi, G. A., and D. E. Harrison, Tropical Pacific Sea Surface Temperature Anomalies, El Niño, and Equatorial Westerly Wind Events, *Journal of Climate*, 1814–1830, 1999.

Vecchi, G. A., 2000: Sub-seasonal wind variability and El Niño, Ph.D. thesis, University of Washington, 184.

Vecchi, G. A., and D. E. Harrison, 2000: Tropical Pacific sea surface temperature anomalies, El Niño, and equatorial westerly wind events, *Journal of Climate*, 13, 1814-1830.

Vecchi, G. A., A. T. Wittenberg and A. Rosati, 2006: Reassessing the role of stochastic forcing in the 1997-8 El Niño, *Geophysical Research Letters*, 33, L01706, doi: 10.1029/2005GL024738.

Vintzileos, A., M. M. Rienecker, M. J. Suarez, S. D. Schubert, and S. K. Miller, 2005: Local versus remote wind forcing of the equatorial Pacific surface temperature in July 2003, *Geophysical Research Letters*, 32, 2–6.

Yu, X., and M. J. McPhaden, 1999: Seasonal variability in the equatorial Pacific, *Journal of Physical Oceanography*, 92, 925–947.

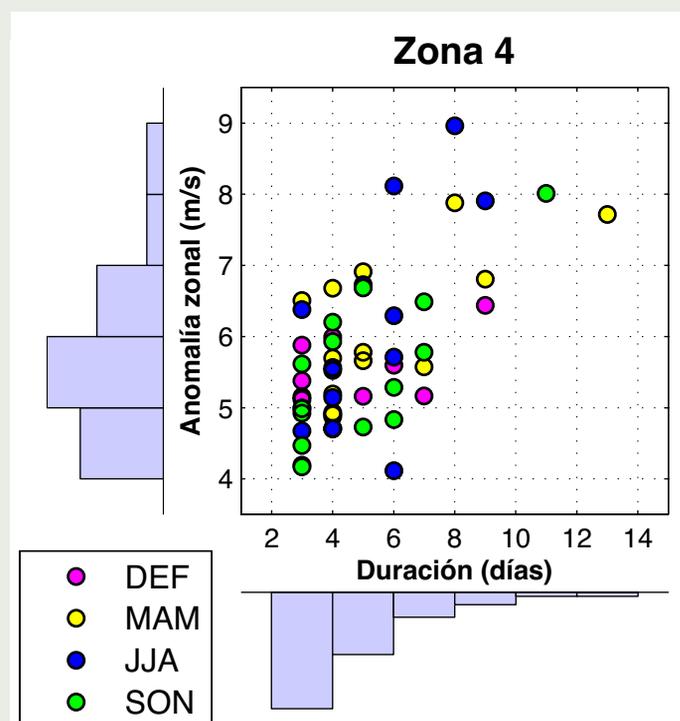


Figura 2. Dispersión entre la duración y la anomalía de viento zonal máxima de cada evento en Z4. Los colores indican diferentes estaciones del año.

## IGP participa en Comité Científico del Sistema Observacional del Pacífico Tropical

Del 6 al 9 de octubre, el Dr. Ken Takahashi, responsable del área de Variabilidad y Cambio Climático del Instituto Geofísico del Perú (IGP), participó en la primera reunión del Comité Científico (*Scientific Steering Committee*) del Sistema Observacional del Pacífico Tropical (*Tropical Pacific Observing System 2020*, TPOS 2020 SC), evento organizado por el *Korea Institute of Oceanic Science Technology* en la ciudad de Ansan, Corea del Sur.

El proyecto TPOS2020 tiene como objetivo el planeamiento de un nuevo sistema internacional de monitoreo climático para el Pacífico Tropical para ser implementado hasta el año 2020 y esta es la primera reunión de su Comité Científico. Una de las principales motivaciones para el TPOS 2020 es proporcionar la información básica para incrementar el conocimiento científico, mejorar los pronósticos de los eventos El Niño y reducir sus impactos a nivel mundial.

El especialista del IGP participó en esta actividad en calidad de miembro del Comité Científico del TPOS 2020, siendo el único investigador científico en representación de América Latina. El día 7, además, estuvo a cargo de la ponencia “*Approaches to Observation of Boundary Regions: Eastern Pacific*”, en la cual resaltó los objetivos científicos y operativos del nuevo sistema observacional en el Pacífico Oriental.



La primera reunión del TPOS 2020 SC se realizó en el Korea Institute of Oceanic Science Technology.



Dr. Takahashi planeando con la Dra. Sophie Cravatte (Francia) la dirección de la sesión sobre “Broad-scale sampling” (muestreo de gran escala).  
Créditos foto: W. Kessler

“El Fenómeno El Niño y el clima en general tienen características muy particulares frente a la costa de Sudamérica y es crítico que las necesidades de nuestra región sean consideradas por el TPOS 2020, por lo cual es importante que los científicos sudamericanos asumamos liderazgo en este tema y que nuestros países participen activamente en su implementación”, afirmó el especialista del IGP.

Asimismo, en el marco de su viaje de investigación a Corea, el 10 de octubre, el Dr. Takahashi visitó la Universidad de Yonsei, Seúl, con la finalidad de reunirse con los Dres. Soon-II An y Jong-Seong Kug, expertos coreanos sobre el fenómeno El Niño y profesores del Departamento de Ciencias de la Atmósfera de la mencionada Universidad. Durante dicho encuentro, los especialistas discutieron sus respectivos resultados de investigación y posibles colaboraciones futuras.

## Publican artículo sobre la onda Kelvin intraestacional de El Niño del Pacífico Central

El 6 de octubre, el artículo “*The Central Pacific El Niño intraseasonal Kelvin wave*” del Ph.D. (c) Kobi Mosquera, especialista del área de Investigación en Variabilidad y Cambio Climático del IGP, fue publicado online por el *Journal of Geophysical Research - Oceans* (JGR-Oceans), revista especializada de la *American Geophysical Union* (AGU), asociación científica internacional que cuenta con más de 62,000 miembros.

En este estudio, Mosquera et al. documentan e interpretan las características de la onda Kelvin intraestacional (ISKw) en el Pacífico durante el período 1989-2011, sobre la base de observaciones, un modelo oceánico lineal, y los resultados de un Modelo Oceánico de Circulación General. Este estudio se centra en la actividad de la ISKw durante los eventos de El Niño del Pacífico Central (CP) y se comparan con El Niño extraordinario de 1997/1998. El análisis sugiere que la ubicación del calentamiento de El Niño CP en el Pacífico Central se debería al incremento del gradiente zonal de la termoclina debido el estado estacionario tipo La Niña que se viene dando desde finales de los años 90 en el Océano Pacífico Tropical. Esto provocaría que la energía de las ISKw se disperse en el Pacífico Oriental.

## Investigadora del IGP realiza estadía de investigación en Chile

Del 22 de setiembre al 07 de octubre, la Dra. Ivonne Montes, especialista del área de Variabilidad y Cambio Climático del Instituto Geofísico del Perú (IGP), realizó una estadía de investigación en la Universidad de Concepción (UdeC, Chile) bajo la invitación del Dr. Wolfgang Schneider, investigador del Departamento de Oceanografía e Instituto Milenio de Oceanografía (IMO) de la UdeC.

Durante este periodo, la Dra. Montes se dedicó a desarrollar, en conjunto con la mencionada institución, trabajos de

investigación relacionados al modelamiento numérico de alta resolución para la región del Océano Pacífico Este con la finalidad de estudiar la influencia de la variabilidad remota ejercida por las regiones tropicales y extratropicales sobre los Sistemas de Afloramiento del Borde Oriental.

Por otro lado, el 01 de octubre, la especialista del IGP, presentó la conferencia titulada “*High-resolution modelling of the Eastern Tropical Pacific Oxygen Minimum Zone: Sensitivity to the tropical oceanic circulation*” a los académicos y estudiantes de pre y post grado de la UdeC.

La charla científica tuvo el objetivo de compartir los resultados del artículo de la Dra. Montes publicado en la revista *Journal of Geophysical Research - Oceans* donde se investiga, mediante el uso de un modelo numérico acoplado de alta resolución, la relación dinámica entre la circulación oceánica y la Zona de Mínima de Oxígeno (ZMO) que se desarrolla en el Pacífico Tropical Este. Cabe señalar que la ZMO es un área del océano deficiente de oxígeno conocida por tener un rol esencial para el ecosistema marino, además de contribuir a la generación de gases de efecto invernadero.

Dicho evento, auspiciado por el IMO y el Proyecto FONDECYT 1120478, se enmarcó en el ciclo de conferencias del Programa de Postgrado en Oceanografía de la Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas - Departamento de Oceanografía de la UdeC.



La Dra. Montes junto a los Dres. Marcus Sobarzo (Decano de la Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas de la UdeC) y Wolfgang Schneider (Investigador Principal del IMO y profesor del Departamento de Oceanografía de la UdeC).

<sup>1</sup>Mosquera-Vásquez, K., B. Dewitte, and S. Illig, 2014: *The Central Pacific El Niño intraseasonal Kelvin wave*, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, doi: 10.1002/2014JC010044.

# Resumen del Informe Técnico PPR/El Niño - IGP/ 2014 - 10

**Advertencia:** El presente informe sirve como insumo para el Comité Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN). El pronunciamiento colegiado del ENFEN es la información oficial definitiva. La presente información podrá ser utilizada bajo su propia responsabilidad.

## Resumen

Según el Índice Costero El Niño (ICEN), las condiciones climáticas frente a la costa peruana son cálidas débiles para el mes de setiembre de 2014, las cuales se proyectarían hasta el verano del 2015, según los modelos numéricos. Estos mismos señalan, en el mismo periodo, que las condiciones en el Pacífico Central serán entre cálidas débiles y moderadas. Actualmente existe la presencia de una onda Kelvin cálida en el Pacífico Ecuatorial Central que debe arribar en el mes de diciembre.

## Índice Costero El Niño

Utilizando los datos de temperatura superficial del mar promediados sobre la región Niño1+2, actualizados hasta octubre de 2014, del producto ERSST v3b y generados por el *Climate Prediction Center* (CPC) de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, EEUU), se ha calculado el Índice Costero El Niño (ICEN; ENFEN 2012) hasta el mes de setiembre de 2014. Los valores hasta esa fecha son:

Año	Mes	ICEN	Condiciones costeras del mes
2014	Junio	1.03	Cálida Moderada
2014	Julio	1.19	Cálida Moderada
2014	Agosto	1.02	Cálida Moderada
2014	Setiembre	0.69	Cálida Débil

Tabla 1. Valores recientes del ICEN.  
(Descarga: <http://www.met.igp.gob.pe/datos/icen.txt>)

**El ICEN del mes de setiembre de 2014 indica que la condición cálida para este mes clasifica como débil.** Se recuerda que para declarar El Niño o La Niña en la costa, las condiciones costeras del mes deben ser cálidas o frías por al menos tres meses consecutivos, respectivamente (ENFEN, 2012)

## Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones

Actualmente el IGP cuenta con datos observacionales alternativos para el monitoreo de las ondas ecuatoriales adicionales a los datos de TAO (Takahashi et al., 2014). En particular, se han producido diagramas longitud-tiempo (Hovmöller) de las anomalías de nivel del mar calculadas de JASON-2 (Fig. 1c; Mosquera et al., 2014), de la profundidad de la isoterma de 20°C calculada de Argo (Fig. 1b; Aparco et al., 2014), y esfuerzo de viento zonal. Tanto los datos *in situ* (TAO y Argo) como remotos (JASON-2) indican la presencia de una onda Kelvin que debe arribar en diciembre. Es necesario recalcar que esta perturbación se ha intensificado debido a una anomalía positiva de viento que se dio en la quincena de octubre. Actualmente la intensidad de esta onda es similar a la anterior (la que llegó recientemente).

Los modelos oceánicos lineales del IGP (Mosquera, 2009, Mosquera et al. 2011, 2014), con la profundidad referencial de la termoclina uniforme (LOM1) y profundidad variable (LOM2), fueron forzados con anomalías de vientos superficiales obtenidas de ASCAT hasta el 01 de noviembre de 2014. Este modelo es luego corrido en modo de pronóstico con las anomalías de viento: i) igualadas a cero (LOM1a y LOM2a), y ii) iguales al promedio de los últimos 30 días (LOM1b y LOM2b).

En general, los modelos lineales, forzados con ASCAT, indican la llegada de una onda Kelvin a la costa sudamericana para el mes de diciembre.

## Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para los próximos meses, que incluyen el verano 2015, los pronósticos de la ATSM en el Pacífico Oriental (Niño 1+2, ICEN) indican principalmente condiciones cálidas débiles, lo que formalmente significa que el evento El Niño costero se extendería por cuatro meses más, sin cambios en su magnitud. Si bien algunos de los modelos indican valores máximos para el trimestre de marzo-abril-mayo (MAM) 2015, los pronósticos para meses posteriores a enero tienen baja confiabilidad (Reupo y Takahashi, 2014).

# Resumen del Informe Técnico PPR/El Niño - IGP/ 2014 - 10

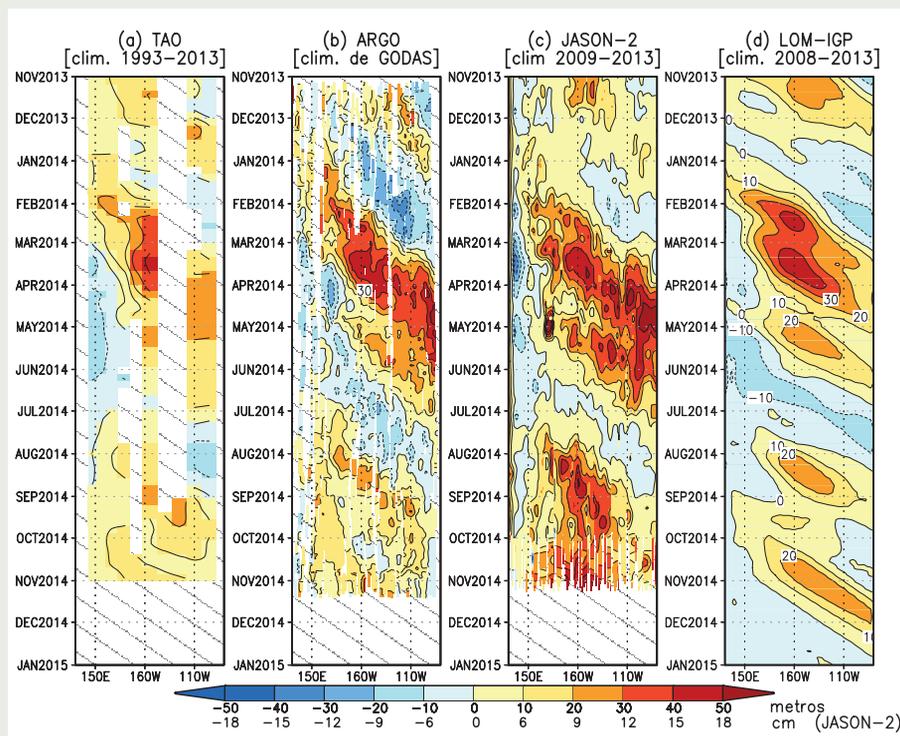


Figura 1. Diagrama longitud-tiempo a lo largo de la línea ecuatorial de la anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C (a, b y d) y del nivel del mar (c). Los datos son de a) las boyas TAO/TRITON, b) los derivadores Argo, c) el altímetro satelital JASON-2, y d) el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT, y  $\tau_{\text{aux}}=0$  para el pronóstico). Las líneas diagonales representan una propagación hacia el este con velocidad de 2.6 m/s. (Elaboración: IGP).

Para los próximos meses, los pronósticos de la ATSM en el Pacífico Central (Niño 3.4), por los modelos numéricos de las agencias internacionales, continúan indicando una tendencia hacia condiciones cálidas débiles y entre cálidas y débiles para el verano de 2015.

## Conclusiones

1. El ICEN para el mes de setiembre es de 0.69°C (cálida débil). Se observa que el evento El Niño, de magnitud moderada, que ha afectado la costa peruana, viene disipándose lentamente.

2. Para los próximos tres meses, los pronósticos de la ATSM en el Pacífico Oriental (Niño 1+2, ICEN) de todos los modelos numéricos de las agencias internacionales analizados con condiciones iniciales de setiembre indican condiciones cálidas débiles.

3. Para los próximos tres meses, los pronósticos de la ATSM en el Pacífico Central (Niño 3.4) por los modelos numéricos de las agencias internacionales continúan indicando una tendencia hacia condiciones cálidas débiles.

Modelo	Inicio	Extremo	Final
CFS2	Mayo 2014	Julio 2014	Abril 2015
CMC1	Mayo 2014	Julio 2014	Abril 2015
CMC2	Mayo 2014	Julio 2014	Abril 2015
GFDL	Mayo 2014	Julio 2014	Abril 2015
NASA	Mayo 2014	Julio 2014	Abril 2015
NCAR	Mayo 2014	Julio 2014	Abril 2015
GFDL_FLOR	Mayo 2014	Julio 2014	Noviembre 2014
NCAR_CCSM4	Mayo 2014	-	Abril 2015
NMME(prom)	Mayo 2014	Julio 2014	Abril 2015
ECMWF	-	Julio 2014	Marzo 2015

Tabla 2. Pronósticos de evento El Niño/La Niña en la costa según modelos climáticos con condiciones iniciales de setiembre 2014.

# Resumen del Informe Técnico PPR/El Niño - IGP/ 2014 - 10

4. Para el verano del año 2015, los escenarios en el **Pacífico Oriental** (Niño 1+2, ICEN) de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones **principalmente débiles**.

5. Para el verano del año 2015, los escenarios en el **Pacífico Central** de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones **cálidas (débiles y moderadas)**.

6. Los productos observacionales a lo largo de la línea ecuatorial y el modelo lineal indican la presencia de una **onda Kelvin cálida, la cual debe arribar durante el mes de diciembre. Esta perturbación se ha intensificado por una anomalía positiva de viento que se dio en la quincena de octubre.** Actualmente la intensidad de la onda es similar a la anterior (la que llegó recientemente).

## Referencias

Aparco J., K. Mosquera y 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.

Barnston, A., Tippett, M., L'Heureux, M., Li, S., DeWitt, D., 2012: Skill of Real-Time Seasonal ENSO Model Predictions during 2002-11: Is Our Capability Increasing? Bull. Amer. Met. Soc., 93, 5, 631-351.

ENFEN 2012: Definición operacional de los eventos "El Niño" y "La Niña" y sus magnitudes en la costa del Peru. Nota Técnica ENFEN.

Mosquera, K., 2009: Variabilidad Intra-estacional de la Onda de Kelvin Ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación Numérica y datos observados. Tesis para optar el grado de Magíster en Física - Mención Geofísica en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Mosquera, K. 2014: Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 1, No1, enero.

Mosquera, K., B. Dewitte y P. Lagos, 2011: Variabilidad Intra-estacional de la onda de Kelvin ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): simulación numérica y datos observados. Magistri et Doctores, Revista de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 5, 9, p. 55.

Mosquera, K., D. Pareja y K. Takahashi, 2014: 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", Instituto Geofísico del Perú, Abril, 1, 4.

Reupo, J., 2011: Evaluación y desarrollo de metodologías para el pronóstico estacional de anomalías de la temperatura en el mar peruano asociadas al Fenómeno El Niño y otros. Compendio de trabajos de investigación realizado por estudiantes. Vol. 12. Instituto Geofísico del Perú.

Reupo, J. y K. Takahashi, 2014: Validación de pronósticos con modelos globales: Correlaciones de TSM (1982-2010), Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 1, No. 1, Enero, Instituto Geofísico del Perú.

Takahashi, K., K. Mosquera, D. Pareja, J. Reupo y J. Aparco, 2014: Monitoreo del Pacífico ecuatorial, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, Marzo, 1, 3, 8-10.

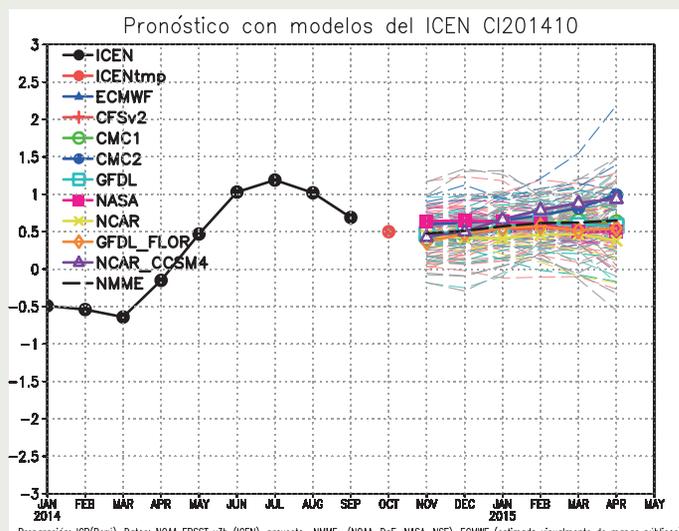


Figura 2. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y sus valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de tres meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden a los miembros de los "ensembles". Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA y GFDL\_FLOR tienen como condición inicial el mes de octubre de 2014. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de octubre de 2014. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF).

# Comunicado Oficial ENFEN

## COMITÉ MULTISECTORIAL ENCARGADO DEL ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO EL NIÑO (ENFEN)



### COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 15- 2014 CONTINÚAN CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS VARIABLES EN LA COSTA PERUANA

El Comité encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) se reunió para analizar y actualizar la información de las condiciones meteorológicas, oceanográficas, biológico-pesqueras e hidrológicas del mes de octubre, observándose en general, que se mantienen las condiciones neutras de la temperatura superficial del mar, de la temperatura del aire y del nivel medio del mar a lo largo de la costa peruana, exceptuando en la costa norte por el arribo de una nueva onda Kelvin cálida a mediados de octubre, profundizando la termoclina. Por otro lado, el Índice Costero El Niño en septiembre correspondió a una condición "cálida débil".

Para el mes de diciembre se espera el arribo de una onda Kelvin cálida, descartándose el desarrollo de un evento El Niño fuerte o extraordinario.

Durante el mes de octubre el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) presentó una configuración zonal y mantuvo un repliegue hacia el sur-oeste del litoral costero. El alejamiento del APS moduló la disminución de la presión y la intensidad de los vientos frente a la costa.

En la costa peruana, la temperatura superficial del mar, la temperatura del aire y el nivel medio del mar presentaron, en promedio, valores alrededor de su normal; sin embargo, a mediados de mes se observó su incremento, principalmente en la costa norte debido al arribo de una onda Kelvin cálida.

Al sur de los 7°S, se observó un repliegue de las aguas sub-tropicales superficiales como efecto de la proyección de las aguas costeras frías, lo que favoreció la mayor presencia del recurso anchoveta en núcleos localizados respecto al mes anterior. La anchoveta continuó con su periodo principal de desove.

El Índice Costero El Niño (ICEN), cuyo monitoreo se realiza en la región Niño 1+2, indicó un valor de 0.69oC para el mes de septiembre, encontrándose dentro del rango "cálido débil".

Los caudales de los ríos de la costa norte y sur se han caracterizado por estar dentro de sus valores normales. Los principales reservorios en la costa norte registraron 50% y en la costa sur 29% de capacidad de almacenamiento. Los reservorios están entregando recurso hídrico a los valles, reduciendo sus volúmenes de almacenamiento.

#### PERSPECTIVAS

En el océano Pacífico ecuatorial, continúa la propagación de la onda Kelvin cálida cuyo núcleo estaría arribando a la costa peruana en diciembre del presente año.

En la costa peruana se espera que durante el mes de noviembre la temperatura superficial del mar, la temperatura del aire y el nivel medio del mar continúen con valores alrededor de su normal.

Hasta el verano del 2015, en la región Niño 1+2 los modelos numéricos indican condiciones cálidas débiles, y en la región Niño 3.4 condiciones cálidas débiles a moderadas.

El Comité Multisectorial ENFEN, de acuerdo con el análisis de las condiciones actuales y los resultados de los modelos numéricos, prevé la continuación de condiciones cálidas entre débiles a moderadas en la región Niño 1+2 hasta el verano.

El Comité ENFEN continuará monitoreando e informando sobre la evolución de las condiciones actuales.

*Callao, 7 de noviembre de 2014*





© Instituto Geofísico del Perú  
Calle Badajoz 169, Urb. Mayorazgo IV Etapa, Ate, Lima, Perú  
Central Telefónica: (511) 317 2300  
<http://www.igp.gob.pe>  
 <http://www.facebook.com/igp.peru>  
 [http://twitter.com/igp\\_peru](http://twitter.com/igp_peru)

En el marco del:

