

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

### Impactos de diferentes tipos de El Niño en las lluvias en el Perú



El Niño en el Pacífico Oriental



El Niño en el Pacífico Central

# Contenido

2 - 3 Introducción

4 - 7 Artículo de Divulgación Científica

8 - 10 Avances de Investigación

11 - 13 Resumen Informe Técnico

14 Comunicado Oficial Extraordinario ENFEN

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

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

Impreso por:  
Lettera Gráfica SAC  
Jr. Emilio Althaus 460 Lince  
Teléfono (511) 4710700

Lima, abril del 2014

Hecho el Depósito Legal en la  
Biblioteca Nacional N° 2014 - 06036

# 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



# ENFEN

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.

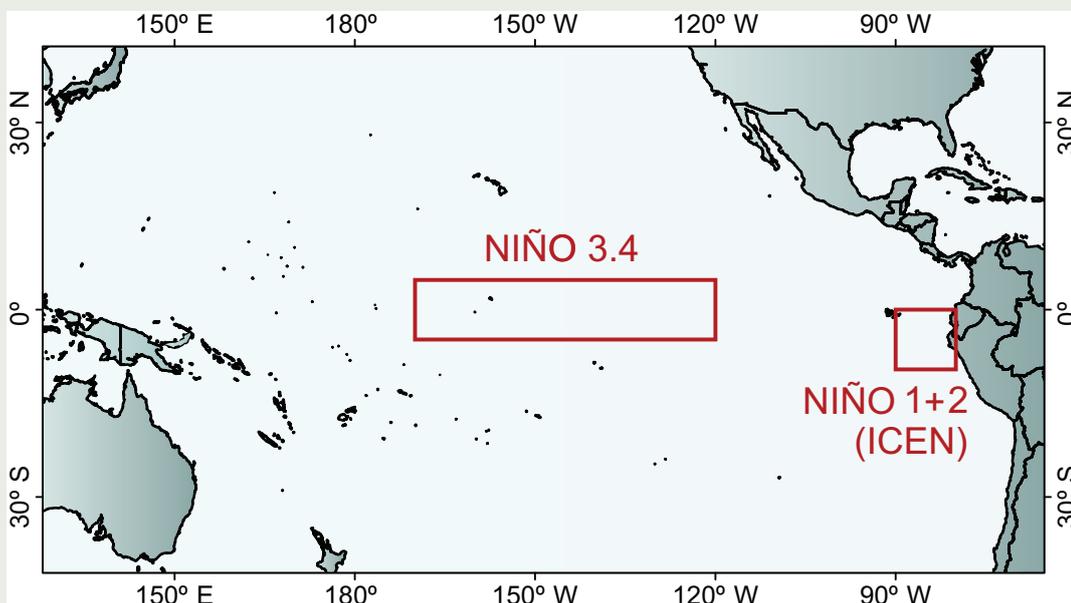
El ENFEN es el ente que genera la información oficial de monitoreo y pronóstico del Fenómeno El Niño y otros asociados.

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 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.

## Entendiendo los impactos de diferentes tipos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú

### Introducción

A nivel internacional, el fenómeno El Niño es considerado como el primer modo de variabilidad climática interanual tanto en los trópicos como a escala global (Ropelewski y Halpert, 1987). Durante las últimas décadas, algunos autores han descrito los impactos de los eventos El Niño sobre las lluvias en el Perú, generalmente enfocándose en regiones específicas y con un número limitado de estaciones pluviométricas. Estos estudios han mostrado que si bien las lluvias en la costa norte están estrechamente relacionadas con la temperatura superficial del mar (TSM) costera (ej. Woodman, 1999; Takahashi, 2004), los comportamientos de las precipitaciones en los Andes presentan correlación inversa, aunque moderada, pero mayormente con la TSM en el Pacífico ecuatorial central (Lagos et al., 2008; Silva et al., 2008; Lavado et al., 2012). Debido a esto, los impactos de El Niño y La Niña en el Perú dependerán del tipo de estos eventos (ver Takahashi et al., 2011 y Takahashi, 2014).

Adicionalmente, recientes trabajos han documentado el rol de La Niña y teleconexiones atmosféricas asociadas en las intensas precipitaciones y elevados caudales en la cuenca amazónica peruana (Espinoza et al., 2012; Espinoza et al., 2013). Los autores muestran que las teleconexiones de las condiciones frías en el Pacífico central asociadas a La Niña generan un incremento del transporte de humedad proveniente del Atlántico tropical norte y del Mar Caribe hacia el oeste de la cuenca amazónica. Estos mecanismos se traducen en un incremento de la convergencia del transporte de humedad en dicha zona, como ocurrió durante noviembre 2011 y abril de 2012, produciendo el caudal más elevado que se tenga registro en el río Amazonas.

En el presente artículo se sintetiza el estado del conocimiento sobre la influencia de los diferentes tipos de El Niño y La Niña en las lluvias en el Perú a la escala anual. En números posteriores de este boletín se profundizará este tema en detalles, como la estacionalidad de los impactos de El Niño/La Niña, sus efectos no-lineales, etc.

### Índices de El Niño/La Niña y las lluvias a nivel nacional

En el estudio de Lagos et al. (2008) se utilizaron datos



Ph. D. Waldo S. Lavado Casimiro  
Encargado de la Dirección de Hidrología Aplicada del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

Ph. D. en Hidrología de la Université Paul Sabatier Toulouse III, Toulouse, Francia e Ingeniero Agrícola y M. Sc. en Ingeniería de recursos hídricos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Actualmente es encargado de la Dirección de Hidrología Aplicada del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), donde se desempeña como especialista en climatología e hidrología. Forma parte del Observatorio de Investigación en medio ambiente ORE-HYBAM, sobre los grandes ríos amazónicos. Es autor y revisor de diversos artículos científicos de revistas indexadas nacionales e internacionales y recientemente su investigación está enfocada en el modelado hidrológico, estudios hidro-climáticos y en aplicación de herramientas de sensoramiento remoto en hidrología.

de estaciones pluviométricas en aeropuertos proporcionados por CORPAC y se calcularon correlaciones con los índices de TSM tradicionales, denominados Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 y Niño 4, donde la primera es adyacente a la costa de Perú y las demás corresponden a regiones del Pacífico ecuatorial cada vez más alejadas de la costa. Considerando

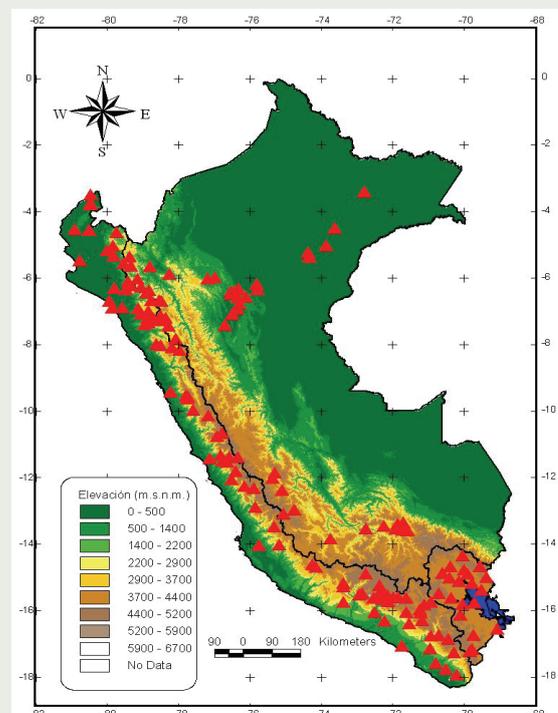


Figura 1. Ubicación de las estaciones pluviométricas utilizadas en el presente estudio (85 estaciones en la vertiente del Pacífico, 49 en la vertiente del río Amazonas y 21 en la vertiente del lago Titicaca). La información es disponible para el periodo 1965-2007.

# Entendiendo los impactos de diferentes tipos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú

Lavado W. & Espinoza J. C.

**Ph. D. Jhan Carlo Espinoza**  
Investigador Científico del  
Instituto Geofísico del Perú



Ph.D. en Ciencias del Medio Ambiente de la Université Pierre et Marie Curie, París, Francia e Ingiero Agrícola y M.Sc. en Ingeniería de recursos hídricos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Actualmente es investigador científico en el Instituto Geofísico del Perú (IGP), donde se desempeña como especialista en clima e hidrología de la cuenca amazónica. Es autor de numerosos artículos científicos y es revisor de revistas internacionales. Desde 2004 forma parte del Observatorio de Investigación en medio ambiente ORE-HYBAM y recientemente su investigación está enfocada en la dinámica del clima y sus impactos en los eventos hidrológicos extremos en la región tropical y en la cuenca del río Amazonas.

Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), para el periodo 1965-2007, distribuidas en las tres vertientes hidrográficas del Perú (Figura 1): 85 sobre la vertiente del Pacífico (VP), 21 sobre la vertiente del Titicaca (VT) y 49 sobre la vertiente Amazónica (VA). Además, con la finalidad de discriminar bien la influencia de diferentes regiones en el Pacífico ecuatorial sobre la variabilidad pluviométrica en el territorio peruano, los autores usaron dos índices oceánicos recientemente definidos que sintetizan la variabilidad del Pacífico ecuatorial central (índice C) y la del Pacífico ecuatorial oriental (índice E) y que son, por construcción, no correlacionados entre sí (Takahashi et al., 2011; datos en <http://www.met.igp.gob.pe/datos/EC.txt>). Los resultados de Lavado y Espinoza (2014) muestran que existe una correlación directa y significativa al 95% entre el calentamiento costero (índice E) y las lluvias a lo largo de toda la costa peruana, pero también en los Andes occidentales en la parte norte, mas no en el resto de la región andina (Figura 2a). Por otro lado, la correlación es inversa y significativa al 95% entre el calentamiento en el Pacífico central (índice C) y las lluvias en todos los Andes occidentales, así como en algunas estaciones en el Altiplano y los Andes orientales (Figura 2b). Estos resultados indican que El Niño costero (valores positivos del índice E) está asociado a más lluvia de lo normal en toda la región costera y los Andes nor-occidentales, mientras que El Niño en el Pacífico central (índice C positivo) se relaciona con menos lluvia de lo normal en la región andina y amazónica. Los impactos de un evento El Niño costero y un evento El Niño central son opuestos en los Andes nor-occidentales, por lo que el resultado neto de un evento El Niño dependerá del patrón

los índices Niño 1+2 y 4, se obtuvieron mapas de correlación similares, correlaciones positivas en la costa norte y negativas en el Altiplano, lo cual refleja que estos índices Niño tienen similitudes en sus comportamientos. Sin embargo, las correlaciones son mayores en la costa norte con Niño 1+2 y en el Altiplano con Niño 4, lo cual sugiere que estos impactos son los más directos.

Lavado y Espinoza (2014) revisitaron el problema utilizando una base de datos pluviométrica bastante más extensa constituida de 155 estaciones del Servicio

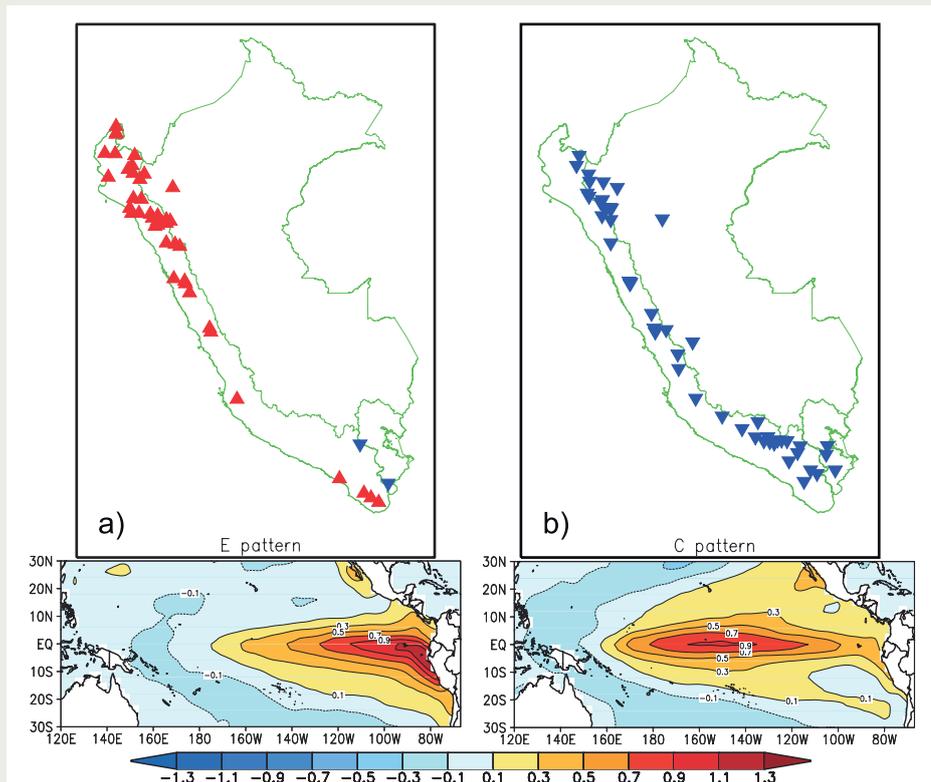


Figura 2. Correlaciones significativas al 95% entre las lluvias anuales y los valores medio anuales de a) índice E y b) índice C. Los triángulos rojos representan correlaciones positivas y los triángulos azules representan correlaciones negativas. Abajo se observan los patrones de anomalía de TSM ( $^{\circ}\text{C}$ ) correspondientes a un valor unitario del índice E (izquierda) y C (derecha). Para mayores detalles sobre los índices E y C, ver Takahashi (2014) y Takahashi et al. (2011).

espacial del calentamiento del mar, que es más diverso de lo que antes se pensaba (ver Takahashi, 2014).

## Principales modos de variabilidad pluviométrica interanual y anomalías de temperatura superficial del mar

Otro enfoque para entender los patrones espaciales de las variaciones de las lluvias es la técnica de componentes principales (CPs) o funciones ortogonales empíricas (EOF, Dillon and Goldstein, 1984). Lavado y Espinoza (2014) usaron los datos pluviométricos de SENAMHI y aplicaron la técnica de CPs con el objetivo de identificar los principales modos de la variabilidad espacio-temporal de las lluvias en el Perú durante el periodo 1965-2007. Adicionalmente, los autores relacionaron las principales CPs con la variabilidad de la TSM del Pacífico ecuatorial utilizando tanto los índices E y C, como la TSM global y el Índice de Oscilación Sur (IOS). El IOS representa variaciones atmosféricas de gran escala en el Pacífico y normalmente se relaciona con El Niño central.

Lavado y Espinoza (2014) muestran que el principal modo de variabilidad de las lluvias (CP-1, Figura 3a) explica el 37% de la variancia de las precipitaciones y está asociado a las variaciones de la TSM en el Pacífico este (Figura 3c), en particular a las fuertes anomalías positivas ocurridas en los dos eventos El Niño extraordinarios (1983 y 1998), durante los cuales se produjeron:

i) Abundantes lluvias en la costa peruana, especialmente en la costa Norte (Figura 3b). Este fenómeno ha sido tradicionalmente asociado con una alta anomalía positiva de la TSM de la región cercana a la costa norte y un incremento de vientos del oeste de bajo nivel sobre la costa norte del Perú, lo cual favorece la convección en el flanco oeste de los Andes (Takahashi et al., 2004).

ii) Menos precipitación en la cuenca amazónica (Figura 3b) asociada a un debilitamiento de los vientos alisios del noreste y un incremento del Low-Level Jet al este de los Andes (Marengo et al., 2004), lo cual produce una divergencia del flujo de humedad en el oeste de la cuenca amazónica, como mostrado en Espinoza et al. (2011) para el caso de 1998.

Por otro lado, el segundo modo de variabilidad de las precipitaciones (CP-2) explica el 25% de la variancia total de las lluvias en el Perú (Figura 3d). Los valores altos de CP-2 están asociados a condiciones más frías de lo normal en el Pacífico ecuatorial central (eventos La Niña, Figura 3f).

Estos eventos producen más lluvias de lo normal en los Andes y en la cuenca amazónica (Figura 3e). Además, valores altos del CP-2 corresponden a años de crecidas excepcionales del río Amazonas (1971, 1986, 1989, 1999) como fue documentado en Espinoza et al. (2013). Condiciones frías en el Pacífico ecuatorial central, asociadas a La Niña, influyen las precipitaciones de la cuenca amazónica mediante procesos de teleconexión y generan un tren de ondas en la altura de geopotencial a 850 hPa, con anomalías positivas sobre el sur y norte del Atlántico. Estas anomalías favorecen una mayor entrada de humedad hacia el oeste de la cuenca amazónica y una retención de los vientos húmedos en la Amazonía peruana, generando una mayor convergencia de humedad sobre esta región (Espinoza et al., 2013).

Lavado y Espinoza (2014) muestran también que la correlación entre el IOS y el CP1 resulta relativamente modesta ( $r=-0.42$ ), mientras que la variación en la TSM del Pacífico este, sintetizada por el índice E, explica considerablemente mejor la variabilidad del CP-1 ( $r=0.86$ ). Para el caso del CP2, ambos índices IOS y la variación de la TSM del Pacífico central, sintetizada por el índice C, muestran una moderada correlación con las variaciones del CP-2 ( $r=0.59$  y  $r=-0.53$ , respectivamente).

En conclusión, las investigaciones previas orientadas a entender los impactos de El Niño/La Niña en las lluvias en el Perú muestran la importancia de considerar al menos estas dos variedades de El Niño (tipo E y tipo C) para comprender los impactos que puede tener este fenómeno en las lluvias a nivel nacional. Asimismo, los índices E y C resultan atractivos para sintetizar la variabilidad de la TSM en el Pacífico y el índice E está bien correlacionado con el principal modo de variabilidad de las precipitaciones en el Perú. Las correlaciones entre la variabilidad de las lluvias en la región andina, la VT y la VA, con el IOS y el índice C no alcanzan valores muy altos, lo cual sugiere que existen otros factores climáticos (no necesariamente en el Pacífico) que podrían explicar la variabilidad pluviométrica en estas regiones.

Recientemente, diversos estudios muestran que existen otros componentes regionales que presentan teleconexiones significativas con las lluvias en el Perú, como por ejemplo la TSM en el Atlántico tropical (Silva et al., 2008; Espinoza et al., 2009, Espinoza et al., 2011 y Lavado et al., 2012), y, en conjunto con la circulación atmosférica, permiten explicar los extremos hidrológicos en la región andina y en la cuenca amazónica peruana. Estos temas serán tratados en detalle en números posteriores del presente boletín.

# Entendiendo los impactos de diferentes tipos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú

Lavado W. & Espinoza J. C.

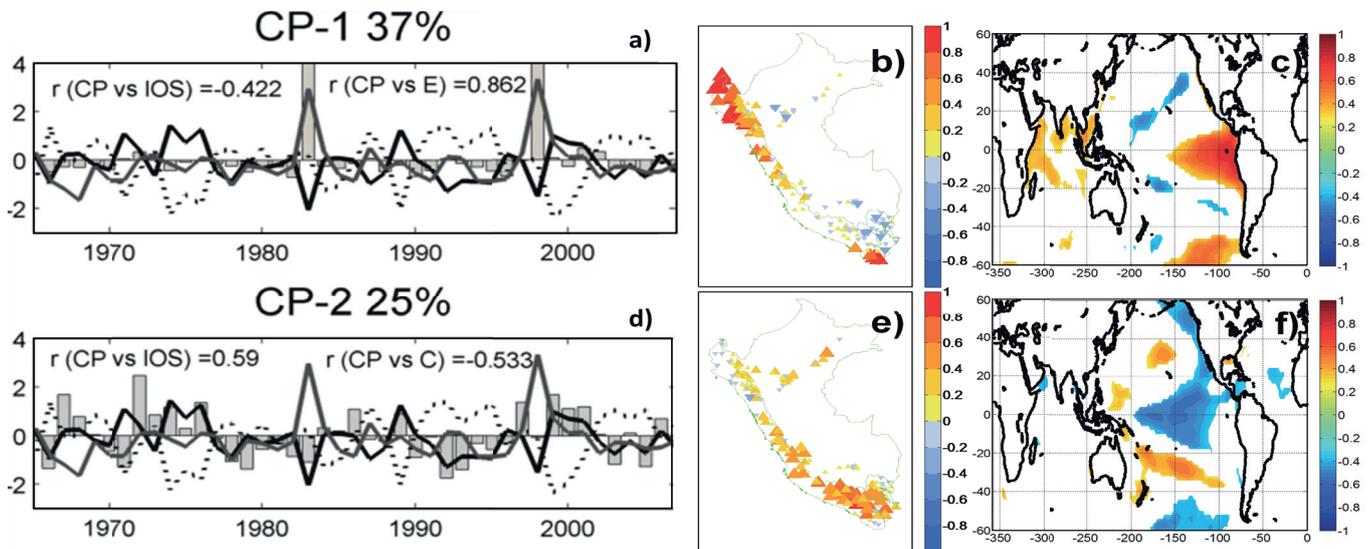


Figura 3. Valores anuales (septiembre a agosto) para el período 1965-2006 de a y d) Componentes principales 1 y 2 (barras grises) versus IOS (línea negra), E (línea gris) y C (línea punteada), solo los  $r$  (coeficiente correlación) significativos son mostrados; b y e) muestran "loadings" de los componentes principales en cada estación de precipitación utilizada; c y f) muestran correlaciones significativas entre los componentes principales y la temperatura superficial del mar (TSM).

## Referencias

- Dillon, W., and M. Goldstein, 1984: *Multivariate Analysis. Methods and applications*, John Wiley and Sons editors, 157-186.
- Espinoza, J. C., J. Ronchail, J. L. Guyot, N. Filizola, L. Noriega, C. W. S. Lavado, R. Pombosa, 2009: Spatio – Temporal rainfall variability in the Amazon Basin Countries (Brazil, Peru, Bolivia, Colombia and Ecuador), *International Journal of Climatology*, 29: 1574-1594.
- Espinoza, J. C., J. Ronchail, J. L. Guyot, C. Junquas, P. Vauchel, C. W. S. Lavado, G. Drapeau, R. Pombosa, 2011: Climate variability and extremes drought in the upper Solimões River (Western Amazon Basin): Understanding the exceptional 2010 drought, *Geophysical Research Letters*, 38 L13406, doi:10.1029/2011GL047862.
- Espinoza, J. C., J. Ronchail, J. L. Guyot, C. Junquas, P. Vauchel, C. W. S. Lavado, G. Drapeau, R. Pombosa, 2012: From drought to flooding: understanding the abrupt 2010-2011 hydrological annual cycle in the upper Solimões River (Western Amazon basin), *Environmental Research Letters*, 7 (2): 024008, doi:10.1088/1748-9326/7/2/024008.
- Espinoza, J. C., J. Ronchail, F. Frappart, C. W. S. Lavado, W. Santini, J. L. Guyot, 2013: The major floods in the Amazonas River and tributaries (Western Amazon basin) during the 1970 – 2012 period: A focus on the 2012 flood, *Journal of Hydrometeorology*, doi: 10.1175/JHM-D-12-0100.1.
- Lagos, P., Y. Silva, E. Nickl, and K. Mosquera, 2008: El Niño-related precipitation variability in Perú, *Adv. Geosci.*, 14: 231-237.
- Lavado, C. W. S., J. Ronchail, D. Labat, J. C. Espinoza, J. L. Guyot, 2012: A basin-scale analysis of rainfall and runoff in Peru (1969-2004) Pacific, Titicaca and Amazonas drainages, *Hydrological Sciences Journal*, 57(4):1-18, doi:10.1080/02626667.2012.672985.
- Lavado, C. W. S., y J.C. Espinoza, 2014: Impactos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú (1965-2007), *Revista Brasileira de Meteorologia*, aceptado.
- Marengo, J. A., W. Soares, C. Saulo, and M. Nicolini, 2004: Climatology of the low-level jet east of the Andes as derived from the NCEP– NCAR reanalyses: Characteristics and temporal variability, *J. Climate*, 17, 2261–2280.
- Ropelewski, C. F., and M. S. Halpert, 1987: Global and Regional Scale Precipitation Patterns Associated with the El Niño Southern Oscillation, *Monthly Weather Review*, 115(8): 1606-1626.
- Silva, Y., K. Takahashi, R. Chávez, 2008: Dry and wet rainy seasons in the Mantaro river basin (Central Peruvian Andes), *Advances In Geosciences*, 14: 261–264.
- Takahashi, K., 2004: The atmospheric circulation associated with extreme rainfall events in Piura, Peru, during the 1997 – 1998 and 2002 El Niño, *Annales Geophysicae*, 22: 3917–3926.
- Takahashi, K., 2014: Variedades de El Niño, *Boletín mensual "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño"*, Vol. 1, No. 2, Febrero, Instituto Geofísico del Perú, 4-7.
- Takahashi, K., A. Montecinos, K. Goubanova, and B. Dewitte, 2011: ENSO regimes: Reinterpreting the canonical and Modoki El Niño, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L10704, doi: 10.1029/2011GL047364.
- Woodman, R. F., 1999: Modelo estadístico de pronóstico de las precipitaciones en la costa norte del Perú. *El Fenómeno El Niño. Investigación para una prognosis*, 1er encuentro de Universidades del Pacífico Sur: Memoria, 93–108, Piura-Perú.

## Monitoreo del Pacífico ecuatorial

Ken Takahashi, Kobi Mosquera, David Pareja, Jorge Reupo, Jonathan Aparco

Instituto Geofísico del Perú

Un pronóstico de El Niño o La Niña y fenómenos asociados solo será bueno si se puede observar adecuadamente las condiciones océano-atmósfera que son esenciales para este fenómeno. En el presente artículo se describen algunas fuentes clave de datos in situ y de sensoramiento remoto usados en el IGP para monitorizar estas condiciones.

### El arreglo de boyas TAO/TRITON

Uno de los grandes avances de los años 80 y 90 en el monitoreo de El Niño fue el establecimiento de la red o arreglo de boyas TAO/TRITON en el Pacífico ecuatorial (McPhaden et al., 1998) que permite la medición en tiempo real de los parámetros oceanográficos bajo la superficie, particularmente la temperatura del agua, que son necesarios para la identificación de las ondas Kelvin y Rossby ecuatoriales (ver Mosquera, 2014) y los vientos superficiales que excitan dichas ondas. La red TAO/TRITON consiste en casi 70 boyas ATLAS ubicadas en puntos fijos cada 15 grados de longitud y cada dos o tres grados de latitud entre 8°S y 8°N, típicamente registrando datos meteorológicos superficiales y temperatura del agua a varias profundidades hasta aproximadamente los 500 m. La red se divide en dos partes complementarias: el arreglo TAO (*Tropical Atmosphere Ocean*) en el Pacífico central-oriental, mantenido por la NOAA de los EEUU e implementado entre los años 1985 y 1994; el arreglo TRITON en el Pacífico occidental (al oeste de 165°E), mantenido por la agencia JAMSTEC de Japón e implementado aproximadamente en el año 1999<sup>1</sup>. Un aspecto importante de este sistema es la transmisión de los datos y la disponibilidad libre por la web en tiempo real a través del laboratorio PMEL de la NOAA, el cual estuvo a cargo de la implementación y operación inicial de TAO.

En el año 2005, la responsabilidad del arreglo TAO pasó de PMEL, en la rama de investigación, al Servicio Meteorológico Nacional (NWS), en la rama operativa de la NOAA (Toffelson, 2014a). En los 20 años entre 1992 y 2011, los datos diarios de la profundidad de la isoterma de 20°C, un indicador clave para monitorizar las ondas ecuatoriales, en promedio estuvieron completos al 80% (Fig. 1). Sin embargo, en el año 2012, ante recortes presupuestales en los EEUU, la NWS decidió retirar de servicio al barco que daba el mantenimiento periódico a TAO (Toffelson, 2014). El resultado fue una abrupta degradación en la provisión de datos, bajando a 68%,

49% y 42% en los años 2012, 2013 y lo que va del 2014, respectivamente (Fig. 1). El impacto, sin embargo, fue más dramático en el Pacífico oriental ecuatorial (140°W-95°W, 5°S-5°N), donde solo tres de las veinte boyas se encuentran operativas actualmente. Esto se debe en gran parte al vandalismo al que están expuestas estas boyas, particularmente cerca a las costas. Debido a que la identificación de ondas de Kelvin y Rossby requiere datos a distintas latitudes, entonces TAO actualmente no puede monitorizar adecuadamente la llegada de las ondas Kelvin en el Pacífico oriental, además de que el pobre muestreo limita la investigación científica de procesos claves para mejorar la capacidad de pronóstico de El Niño en esta región (Takahashi et al., 2014).

Completitud (%) de datos de profundidad de isoterma de 20°C

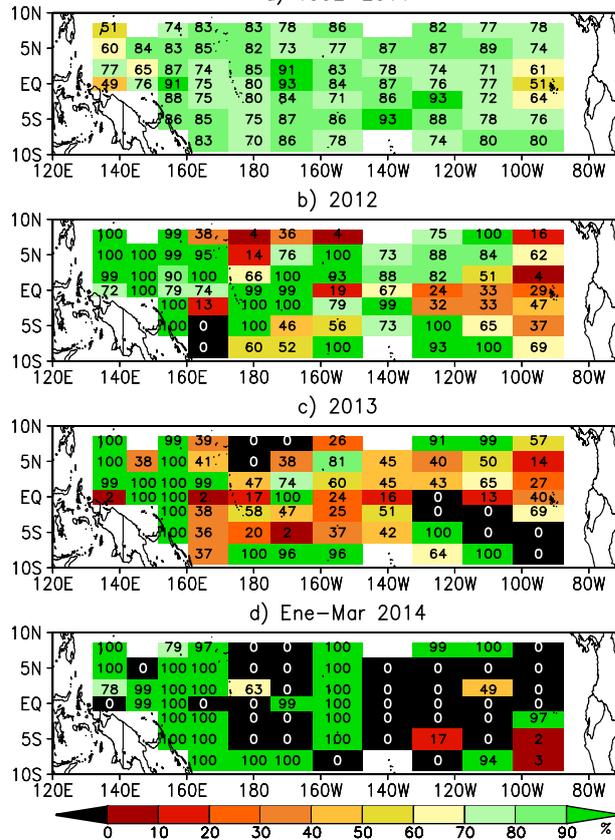


Figura 1. Porcentaje de completitud de los datos diarios de la profundidad de la isoterma de 20°C en las boyas del arreglo TAO/TRITON para diferentes periodos.

<sup>1</sup>Fuente: Laboratorio PMEL de la NOAA (<http://www.pmel.noaa.gov/tao>).

Afortunadamente, a pesar de la degradación reciente de TAO, la boya que se mantiene operativa en 95°W, 2°S registró desde marzo del 2014 una profundización de la termoclina, probablemente asociada al arribo de una onda Kelvin, similar a la observada en los años El Niño 1997 y 2002 y sustancialmente mayor a la que se dio durante El Niño de 2012 (Fig. 2). Sin embargo, el evento de 1997-98 fue de magnitud extraordinaria mientras que el del 2002 fue débil (ENFEN, 2012), lo cual se refleja en la profundización bastante mayor de la termoclina después de abril en 1997. El monitoreo en esta región es evidentemente importante para estimar cómo se desarrollarían las condiciones en el resto del presente año. Si bien la NOAA se ha comprometido a restablecer la operatividad de TAO este año, es probable que esto no sea suficientemente pronto para apoyar con los pronósticos del posible evento El Niño de este año (Tollefson, 2014b), por lo que es importante contar con fuentes complementarias de información.

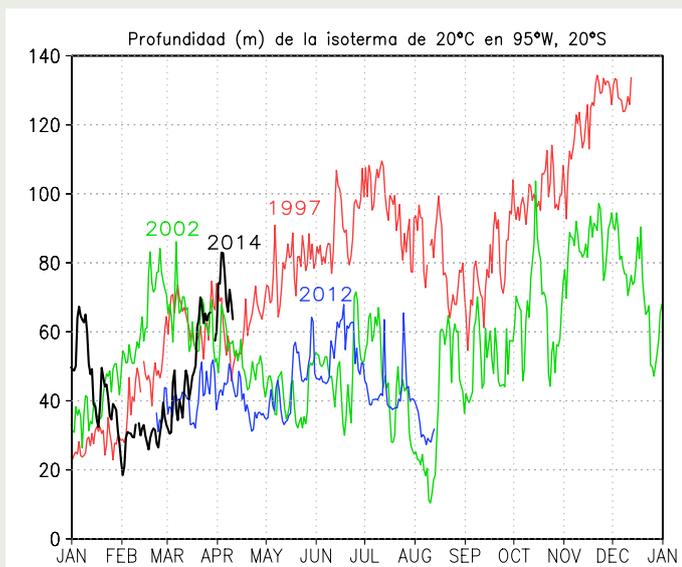


Figura 2. Datos diarios de la profundidad (m) de la isoterma de 20°C en la boya TAO en 95°W, 20°S durante los años 1997 (rojo), 2002 (verde), 2012 (azul) y 2014 (negro).

## Sistemas observacionales complementarios

Además del arreglo TAO/TRITON, existen otras fuentes de datos que complementan el sistema observacional y que permiten monitorizar algunas variables claves. En el IGP se ha iniciado el procesamiento de datos de nivel del mar producidos mediante altimetría satelital del proyecto JASON-2, así como vientos superficiales estimados mediante escaterometría satelital por el proyecto ASCAT. El nivel del mar es un proxy para la profundidad de la termoclina y permite ver la propagación de las ondas Kelvin mientras que los vientos las generan. Sin embargo, se cree que en el Pacífico oriental el nivel del mar puede no ser un indicador perfecto de las ondas Kelvin, así que

se ha iniciado el procesamiento de datos de temperatura subsuperficiales del programa de boyas derivadoras Argo.

El instrumento ASCAT (*Advanced SCATterometer*) es un dispositivo que ha estado montado en una serie de satélites del tipo polar Metop (*Meteorological Operational*) operado por EUMESAT (*European organisation for the exploitation of METeorological SATellites*), y permite obtener información global de la dirección e intensidad de los vientos superficiales sobre el océano. El producto que usa actualmente el IGP es el que entrega el IFREMER (*Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer*: [www.ifremer.fr](http://www.ifremer.fr)) y consiste en un campo grillado diario de viento zonal y meridional, el cual fue previamente validado con datos de boyas de proyectos como TAO. La grilla tiene una resolución horizontal de 0.25° (latitud y longitud), la cual, según explica Bentamy y Fillon (2012), se obtuvo usando interpolación objetiva de la data original de ASCAT (dirección e intensidad), así como el análisis del *European Centre for Medium Weather Forecasts* (ECMWF). Los datos están disponibles desde mayo de 2007 hasta la fecha y son utilizados para forzar el modelo oceánico lineal del IGP (LOM-IGP).

El altímetro JASON-2 es la continuación científica y operativa de los altímetros TOPEX/POSEIDON y JASON-1. Estos dispositivos han permitido, en su

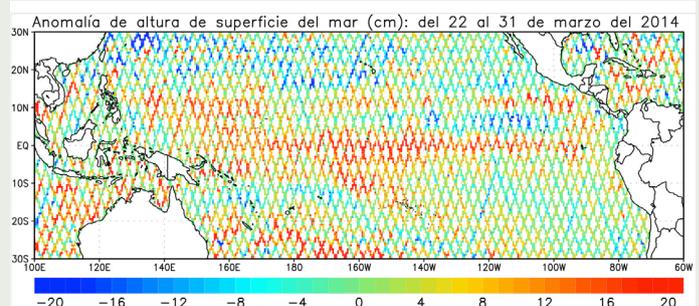


Figura 3. Compuesto de la anomalía de la altura del nivel del mar (cm) en el Pacífico tropical en el periodo que va del 22 al 31 de marzo de 2014. (Fuente de datos: JPL /NASA, Procesamiento: IGP).

conjunto, tener información de alta resolución del nivel del mar desde aproximadamente el año 1993 hasta la fecha. El altímetro en cuestión sigue la misma trayectoria de sus antecesores y vuelve a pasar por el mismo punto luego de diez días<sup>2</sup>. Si bien el IGP ya inició el procesamiento de la información binaria de tipo L2 a lo largo de la trayectoria del altímetro JASON-2 (ver Figura 3), ante la urgencia de contar con información ahora, el IGP ha implementado temporalmente un sistema operativo basado en el procesamiento de las figuras de anomalía del nivel del mar (compuesto de diez días) que distribuye la NASA diariamente en la web<sup>3</sup>. Este procedimiento permite tener

<sup>2</sup>Para mayor detalle ver el manual de usuario que se encuentra en el siguiente enlace: <ftp://podaac-ftp.jpl.nasa.gov/allData/ostm/preview/L2/GPS-OGDR/docs/userhandbook.pdf>.

una base de datos de altura de nivel del mar utilizada para el monitoreo de la onda Kelvin que se puede apreciar en el diagrama Howmüller de la Figura 4.

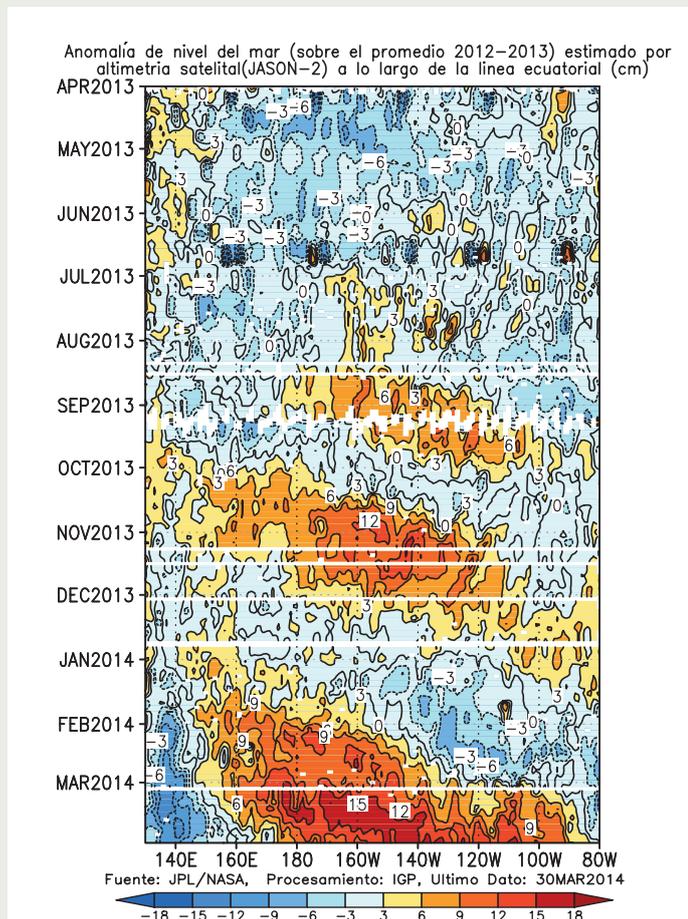


Figura 4. Diagrama Howmüller de la anomalía del nivel del mar, desde abril de 2013 a marzo de 2014, obtenida de las imágenes de JASON-2 a lo largo del Pacífico ecuatorial. Las unidades están en centímetros. (Fuente de datos: JPL/NASA, Procesamiento: IGP).

El programa Argo ha revolucionado la oceanografía ya que ha permitido tener mediciones hidrográficas frecuentes en regiones previamente muy difíciles de observar. Se basa en boyas derivadoras (no ancladas) que se desplazan libremente en las profundidades y emergen a la superficie cada diez días, durante lo cual realizan un perfil de temperatura, presión y otras variables. Al llegar a la superficie transmiten la información y luego se sumergen nuevamente. Estas boyas se lanzan al mar aproximadamente una por cada región de  $3^{\circ} \times 3^{\circ}$  y en la actualidad hay un buen número en el Pacífico ecuatorial

(Fig. 5). En el IGP se está empezando a procesar la información en tiempo real para el monitoreo de El Niño y las ondas Kelvin.

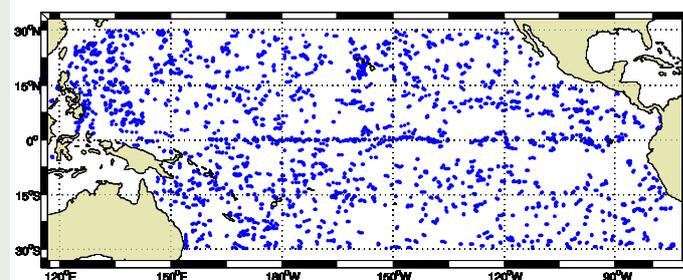


Figura 5. Ubicación de los perfiles hidrográficos obtenidos por las boyas derivadoras Argo en el Pacífico tropical durante el mes de marzo de 2014. (Fuente de datos: IFREMER, Procesamiento: IGP).

Ante la coyuntura de un posible evento El Niño el presente año y los problemas con el arreglo TAO/TRITON, los sistemas descritos anteriormente jugarán un rol clave para el monitoreo y pronóstico. En los próximos boletines se presentarán y explicarán con mayor detalle los nuevos productos desarrollados en el IGP.

## Referencias

- Bentamy, A., y D. C. Fillon, 2012: Gridded surface wind fields from Metop/ASCAT measurements, *International Journal of Remote Sensing*, Vol 33, Issue 6, <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2011.600348>.
- ENFEN, 2012: Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú, Nota Técnica ENFEN.
- 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.
- Mosquera, K., 2014: Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico, *Boletín mensual "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., R. Martinez, A. Montecinos, B. Dewitte, D. Gutiérrez, and E. Rodríguez-Rubio, 2014: Regional applications of observations in the eastern Pacific: Western South America, TPOS 2020 Whitepaper 8a.<sup>4</sup>
- Tollefson, J., 2014a: El Niño monitoring system in failure mode, *Nature*, doi:10.1038/nature.2014.14582.
- Tollefson, J., 2014b: El Niño tests forecasters, *Nature*, doi:10.1038/508020a.

<sup>3</sup><http://sealevel.jpl.nasa.gov/science/datasources/ssha/archive/>.

<sup>4</sup>[http://ioc-unesco.org/index.php?option=com\\_oe&task=viewDocumentRecord&docID=13044](http://ioc-unesco.org/index.php?option=com_oe&task=viewDocumentRecord&docID=13044).

# Resumen del Informe Técnico

## PPR/EI Niño - IGP/ 2014 - 03

**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 en la costa fueron neutras hasta febrero de 2014. Actualmente, no hay presencia de evento El Niño o La Niña en la costa peruana.

Los modelos oceánicos lineales predicen el arribo del núcleo de una onda Kelvin cálida a inicios de abril del año en curso. Asimismo, otra onda Kelvin cálida, forzada por el viento a fines de febrero, tendría un arribo potencial entre fines de abril e inicios de mayo.

El pronóstico de la temperatura superficial indica condiciones dentro de lo neutral hasta mayo de 2014 pero con el rango de cálida débil para junio tanto cerca a nuestra costa (Niño 1+2, ICEN) así como en el Pacífico central (Niño 3.4). Para los meses posteriores la incertidumbre es alta, sin embargo existe una tendencia en los modelos a pronosticar condiciones entre neutras y cálidas hacia mediados de 2014. En los siguientes meses se espera que estos pronósticos sean más confiables.

Es importante resaltar que el monitoreo de las condiciones oceánicas en el Pacífico ecuatorial se ha dificultado en los últimos meses debido a la ausencia de información en las boyas del proyecto TAO (<http://www.pmel.noaa.gov/tao>) en el extremo oriental del Pacífico.

### Índice Costero El Niño

Utilizando los datos de temperatura superficial del mar promediados sobre la región Niño 1+2, actualizados hasta marzo de 2014, inclusive, del producto ERSST v3b 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 febrero de 2014. Los valores recientes hasta esa fecha son:

Año	Mes	ICEN	Condiciones costeras del mes
2013	Octubre	-0.68	Neutro
2013	Noviembre	-0.51	Neutro
2013	Diciembre	-0.30	Neutro
2014	Enero	-0.49	Neutro
2014	Febrero	-0.54	Neutro

(Descarga: <http://www.met.igp.gob.pe/datos/icen.txt>)

Según los valores del ICEN, se confirma que las condiciones climáticas hasta febrero de 2014 en la costa peruana se clasifican como NEUTRAS. 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 3 meses consecutivos, respectivamente (ENFEN, 2012), por lo que se puede afirmar que no estamos actualmente ante un evento El Niño o La Niña en la costa.

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

Los modelos oceánicos lineales del IGP (Mosquera, 2009, 2011) con la profundidad referencial de la termoclina uniforme (LOM1) y profundidad variable (LOM2) fueron forzados con anomalías de vientos superficiales obtenidos del NCEP-CDAS hasta el 28 de marzo del 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 28 días (LOM1b y LOM2b).

En las simulaciones se continúa observando actividad de las ondas Kelvin cálidas<sup>1</sup> en el Pacífico central y oriental. Se observa una onda Kelvin que arribaría a la costa sudamericana entre fines de marzo e inicios de abril (Figs.1ab, 2ab, 3a y 4a), tal como se indicó en el informe anterior.

### Pronóstico estacional con modelos climáticos

Los pronósticos del ICEN para los próximos meses (hasta junio) indican condiciones entre neutral y cálida débil. Para los meses siguientes hay bastante mayor dispersión, pero los pronósticos favorecen condiciones entre neutras y cálidas moderadas, con un mayor número de corridas indicando cálidas débiles, para mediados de 2014 (Fig. 5.). Sin embargo, la validación del modelo CFS2 para el pronóstico en la región Niño 1+2 (para el periodo 1982-2010 así como para 2000-2010) indica que las predicciones son menos confiables cuando son inicializadas antes del mes de febrero ("barrera de predictabilidad"; Reupo, 2012), por lo cual se recomienda tomar con mucho cuidado los pronósticos actuales. Se espera que los pronósticos serán más confiables cuando sean inicializados en mayo 2014.

<sup>1</sup> Onda de Kelvin cálida es aquella con anomalías cálidas de temperatura subsuperficial, así como un mayor nivel del mar y una mayor profundidad de la termoclina.

# Resumen del Informe Técnico PPR/EI Niño - IGP/ 2014 - 03

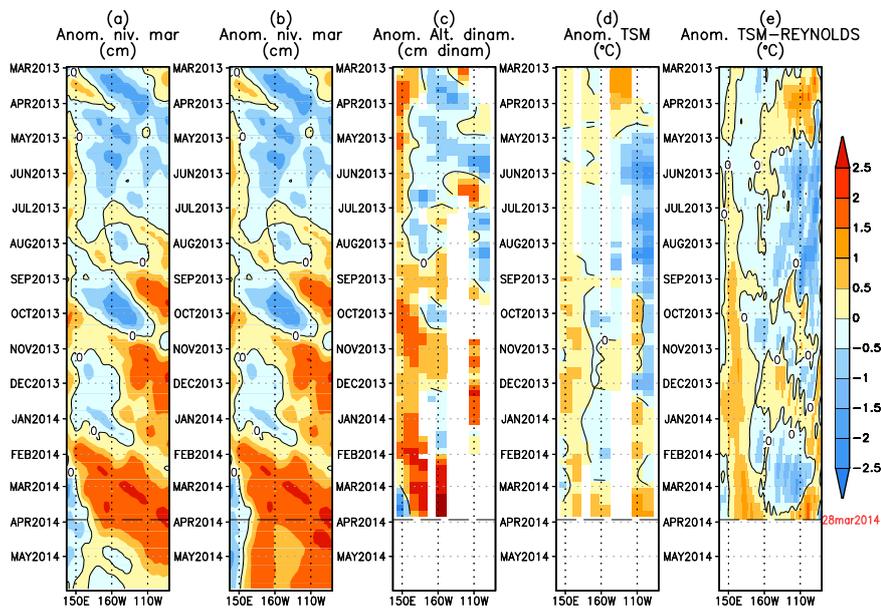


Figura 1. Anomalías (a y b) del nivel medio del mar simulado con LOM1 (termoclina uniforme), (c) de la altura dinámica (TAO), (d) y (e) de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente, en la región ecuatorial (2°S y 2°N). En (a) y (b) la línea cortada en color negro indica el momento en que el modelo empieza a utilizar el esfuerzo de viento igual a cero (LOM1a) y persistida (LOM1b), respectivamente, para la predicción (ver fecha en color rojo a la derecha). La escala de (a), (b) y (c) se ubica abajo en forma horizontal, mientras que la escala de (d) y (e) está a la derecha (Fuente: IGP, NOAA PMEL, climatología: 2000-2013).

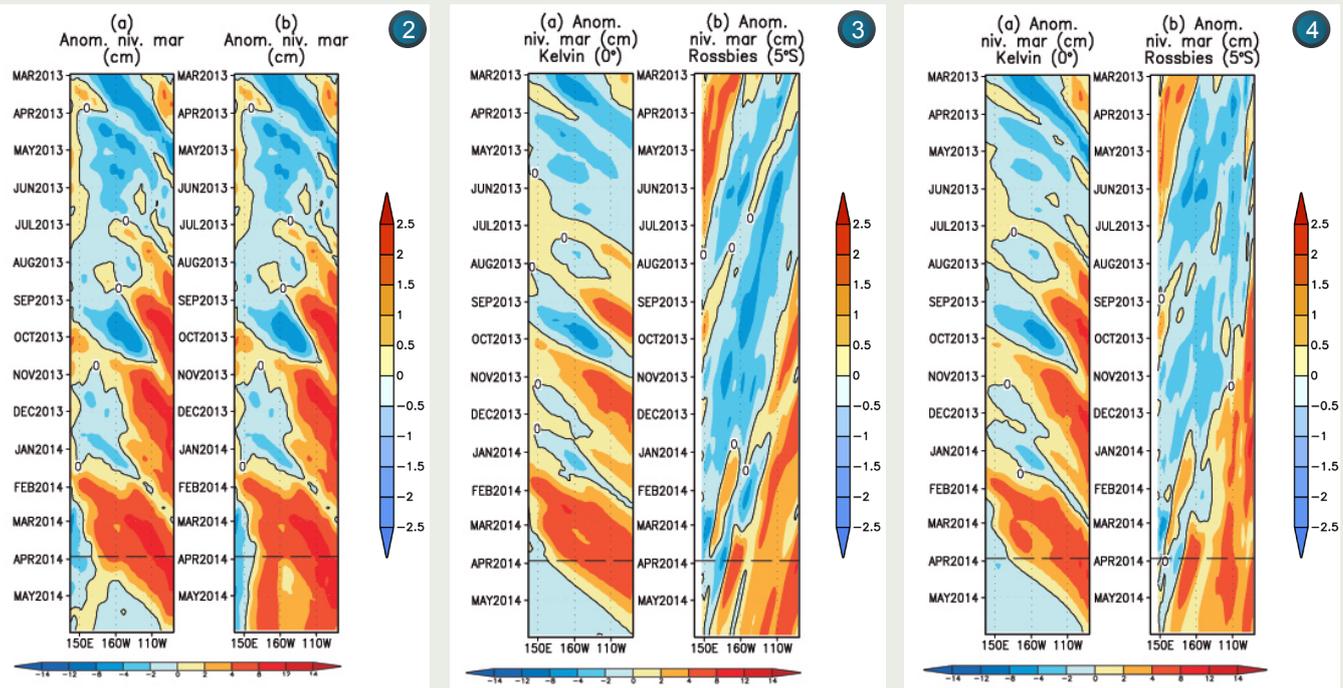


Figura 2. Similar a la Figura 1, pero para LOM2 (termoclina variable).

Figura 3. (a) Contribución de la onda Kelvin al nivel del mar; (b) contribución de la onda Rossby al nivel del mar en 5°N obtenida de LOM1a. (Fuente: IGP, NOAA PMEL, climatología: 2000-2013).

Figura 4. (a) Similar a la Figura 3, pero para LOM2a.

Similarmente, los pronósticos para la región del Pacífico ecuatorial central (Niño 3.4) también indican condiciones entre neutras y cálidas moderadas, pero la conocida “barrera primaveral de predictabilidad” implica que también estos pronósticos serán más confiables cuando sean inicializados después de la primavera boreal (marzo-mayo; ej. Barnston et al., 2012). Por lo pronto entonces, se considera que en la región Niño 3.4 continuarán las condiciones cercanas a neutro en los próximos tres meses.

# Resumen del Informe Técnico

## PPR/EI Niño - IGP/ 2014 - 03

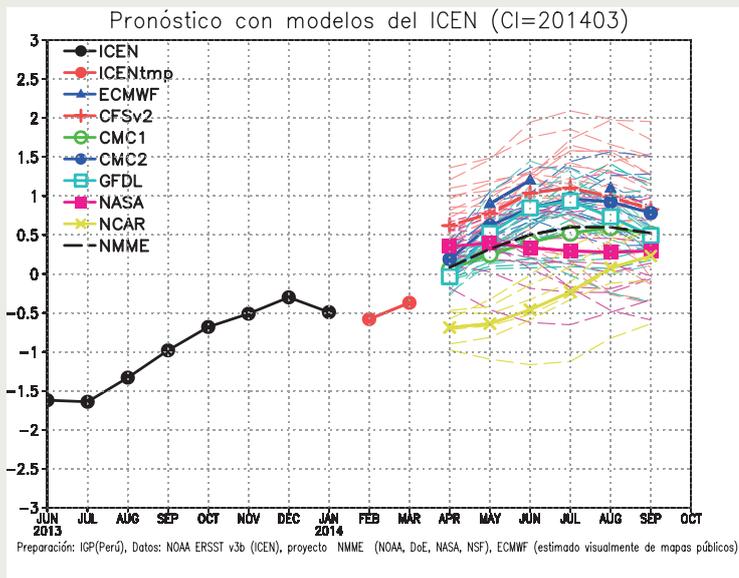


Figura 5. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y sus valores temporales (ICENtmp, rojo con círculos llenos). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden a los miembros de los "ensembles". Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA y NCAR tienen como condición inicial el mes de febrero de 2014. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de marzo de 2014. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF).

## Conclusiones

1. El ICEN para el mes de febrero de 2014 disminuyó a -0.54, el cual es un valor que se encuentra dentro del rango neutral. Por lo pronto, no hay presencia de evento El Niño o La Niña en nuestra costa.
2. El pronóstico de la ATSM en la región Niño 1+2 (ICEN) por los modelos numéricos de las agencias internacionales continúa indicando una tendencia positiva para los siguientes tres meses, con condiciones entre neutras a cálidas moderadas.
3. De la misma forma, en la región Niño 3.4, los modelos numéricos indican una tendencia hacia condiciones entre neutras a cálidas moderadas para los siguientes tres meses.
4. Hacia mediados del año 2014, los modelos pronostican condiciones entre neutras y cálidas moderadas tanto para el ICEN como para el Pacífico central (Niño 3.4).
5. Para el Pacífico central, según las últimas corridas con los modelos climáticos, la probabilidad para que desarrolle un Niño hacia octubre-noviembre se ha incrementado a 60% (lo normal es aprox. 35%), pero la mayoría de escenarios de El Niño corresponden a una magnitud débil. Por la estacionalidad, los pronósticos serán más confiables después de mayo.
6. Los modelos lineales indican que dos ondas cálidas llegarían a la costa sudamericana: una alrededor del inicio de abril y la otra a la quincena o fines del mismo mes. Como es conocido, este tipo de onda produciría un aumento del nivel del mar y podría provocar una anomalía positiva en la TSM (Mosquera, 2014).

7. Es importante resaltar que el monitoreo de las condiciones oceánicas en el Pacífico ecuatorial se ha dificultado en los últimos meses debido a la ausencia de información en las boyas del proyecto TAO (<http://www.pmel.noaa.gov/tao>) en el extremo oriental del Pacífico.

## Referencias

- Barnston, A., M. Tippett, M. L'Heureux, S. Li, D. DeWitt, 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 mensual "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.
- 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.

# Comunicado Oficial Extraordinario ENFEN

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



### COMUNICADO OFICIAL EXTRAORDINARIO ENFEN N° 01 - 2014 SE INICIA CALENTAMIENTO ANÓMALO EN LA COSTA NORTE DEL PERÚ, SE PREVÉ POSIBLE EVENTO EL NIÑO DÉBIL A MODERADO

El Comité Multisectorial encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) se reunió de forma extraordinaria para analizar el estado actual de las condiciones atmosféricas, oceanográficas, biológico-pesqueras e hidrológicas en el Perú y sus perspectivas, informando lo siguiente:

A inicios del año<sup>1</sup>, se presentaron condiciones neutrales en el litoral peruano, seguido de un enfriamiento atípico en el mes de febrero<sup>2</sup> debido a la intensificación del Anticiclón del Pacífico Sur (APS). Durante estos meses, tanto los índices costero (ICEN<sup>3</sup>), como de macroescala (temperatura del agua de mar para las regiones Niño 1+2 y Niño 3.4), indicaron valores dentro del rango neutral para el verano del año 2014. No obstante, a nivel subsuperficial, se venían produciendo cambios hacia el calentamiento debido al traslado desde la región occidental del océano Pacífico hacia Sudamérica de una onda Kelvin cálida, que se estima arribe a la costa peruana entre fines de marzo e inicios de abril. Asimismo, la presencia de vientos del oeste en el Pacífico ecuatorial oriental, asociado al ligero calentamiento del mar en esta región, puede reforzar esta onda Kelvin, resultando en el incremento de la temperatura del agua de mar entre 2° y 3°C por encima de sus valores normales frente a la zona norte del litoral, incrementos en el nivel medio del mar y en la temperatura del aire en la costa norte y central, principalmente. De igual forma, la onda Kelvin podría favorecer la ocurrencia de eventos puntuales de lluvias intensas en la costa norte durante el mes de abril.

A fines de febrero y en marzo, en el océano Pacífico occidental, se han formado pulsos de vientos del oeste que han generado ondas Kelvin cálidas, asimismo se estima unas nuevas ondas pudiendo generar un evento El Niño débil a moderado en la costa peruana a mediados del presente año. Como efecto de estas ondas, continuaría el calentamiento anómalo en el litoral norte y centro de la costa peruana, principalmente, alterando, además, la distribución de los recursos pesqueros en el mar. Sin embargo, por la estacionalidad, este evento no produciría impactos asociados a lluvias.

Los pronósticos para mayor plazo de tiempo serán más confiables a partir de mayo tras superarse la barrera estacional de la predictibilidad.

El Comité ENFEN intensifica la vigilancia de las condiciones atmosféricas, oceanográficas, biológico-pesqueras e hidrológicas en el Perú ante la posible ocurrencia de un evento El Niño y estará actualizando quincenalmente la evolución de las condiciones aquí reportadas así como sus proyecciones para mantener informada a la comunidad científica y público en general.

Callao, 18 de marzo de 2014

<sup>1</sup> Comunicado Oficial ENFEN N°01-2014, 06/02/2014.

<sup>2</sup> Comunicado Oficial ENFEN N°02-2014, 06/03/2014.

<sup>3</sup> ENFEN, 2012. ENFEN, 2012. Definición operacional de los eventos "El Niño" y "La Niña" y sus magnitudes en la costa del Perú (<http://www.imarpe.gob.pe>, [www.igp.gob.pe](http://www.igp.gob.pe), [www.indeci.gob.pe](http://www.indeci.gob.pe), [www.dhn.mil.pe](http://www.dhn.mil.pe), [www.ana.gob.pe](http://www.ana.gob.pe), [www.senamhi.gob.pe](http://www.senamhi.gob.pe)).



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



### COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 03 - 2014 SE EVIDENCIA EL INICIO DEL ARRIBO DE LAS ONDAS KELVIN CÁLIDAS

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, que evidenció a fines del mes de marzo de 2014, el inicio del arribo de las ondas Kelvin cálidas. Así mismo, se mantiene la previsión de un posible evento El Niño en la costa peruana a mediados del año 2014 con una magnitud que se estima sería entre débil y moderada.

En el océano Pacífico ecuatorial oriental, los vientos en superficie presentaron ligeras anomalías del Oeste, al igual que en el Pacífico ecuatorial occidental-central, donde persistieron anomalías similares.

El Anticiclón del Pacífico Sur<sup>1</sup> (APS) presentó en promedio, un núcleo con intensidad de +4 hPa ubicado al suroeste de su posición normal. A pesar de su ubicación más al sur, se produjo el incremento de los vientos costeros favoreciendo el afloramiento de aguas frías en la costa peruana.

El Índice Costero el Niño<sup>2</sup> (ICEN) continúa en el rango neutral.

En el litoral peruano, las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) y las anomalías de la temperatura del aire, continuaron con valores negativos a lo largo de la costa peruana debido a la persistencia de los fuertes afloramientos.

Por otro lado, la profundización de las isotermas de 13°C a 15°C, así como el incremento del nivel medio del mar (NMM) a lo largo de la costa del Perú, evidenciaron el inicio del arribo de ondas Kelvin cálidas<sup>3</sup>. Sin embargo, aún no se registran anomalías positivas de la TSM en el litoral.

Los indicadores reproductivos de la anchoveta, en la región norte – centro, indicaron el inicio de la declinación del desove de verano de este recurso, de acuerdo a su patrón normal.

Los ríos de la costa, en la zona norte, incrementaron sus caudales en función de la presencia de lluvias en las partes altas de las cuencas.

Los principales reservorios en la costa norte y sur registraron 61% y 54% de la capacidad de almacenamiento, respectivamente. En la costa norte, Poechos y Gallito Ciego, superaron sus niveles históricos, mientras que San Lorenzo y Tinajones, aún continúan con déficit para la época. En la zona sur, no se incrementaron los niveles de almacenamiento,

debido a la deficiencia de lluvias en las partes altas.

### Perspectivas

Debido al arribo de las ondas Kelvin cálidas, se espera que a lo largo del mes de abril se incremente la TSM y el NMM, así como la temperatura del aire, principalmente en la costa norte del Perú.

Las condiciones atmosféricas actuales vienen favoreciendo la ocurrencia de lluvias episódicas (de ligeras a moderadas) en la costa norte, que podrían presentarse con mayor frecuencia debido al calentamiento por el arribo de la onda Kelvin cálida. Sin embargo, esta situación no implicaría la normalización del régimen de lluvias actualmente deficiente.

Por otro lado, de persistir la intensificación de los vientos a lo largo de la costa del Perú, el impacto de las ondas Kelvin sería menor a lo esperado.

Para los próximos tres meses, los modelos numéricos de las agencias internacionales pronostican condiciones de neutrales a cálidas moderadas para las regiones Niño<sup>4</sup> 1+2 y Niño 3.4. Sin embargo, para periodos más largos, existe mucha incertidumbre en los pronósticos. Según la estacionalidad, esta incertidumbre será menor para los pronósticos inicializados en el mes de mayo.

El Comité ENFEN continúa en estado de vigilancia, monitoreando e informando la evolución de las condiciones actuales.

Callao, 04 de abril de 2014

<sup>1</sup>APS: Anticiclón del Pacífico Sur. Sistema de alta presión, ubicado sobre el Pacífico Sur, que gira en sentido contrario a las agujas del reloj.

<sup>2</sup>ICEN: Las categorías para la definición de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes (ENFEN, 2012), se asignan de acuerdo con el valor correspondiente del ICEN.

<sup>3</sup>Onda Kelvin: Movimiento ondulatorio en el mar, que se propaga del Oeste al Este a lo largo de la línea ecuatorial y luego en dirección hacia los polos a lo largo de la costa. Existen dos tipos: a) onda Kelvin de hundimiento, y b) Onda Kelvin de hundimiento. La onda Kelvin cálida o de hundimiento está asociada con la profundización de la termoclina; la segunda es lo opuesto.

<sup>4</sup>Regiones Niño: El Pacífico tropical ha sido dividido en áreas denominadas "Regiones Niño". La región Niño 1 (80°O - 90°O y 5°S - 10°S), la Región Niño 2 (80°O - 90°O y 0° - 5°S), la Región Niño 3 (90°O - 150°O y 5°N - 5°S), la Región Niño 4 (150°O - 160°E y 5°N - 5°S), la Región Niño 3.4 (120°O - 170°O y 5°N - 5°S) y la región Niño 1+2 (90°O - 80°O, 0° - 10°S).





© Instituto Geofísico del Perú  
Calle Badajoz 216, 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:

