



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Geofísico del Perú - IGP

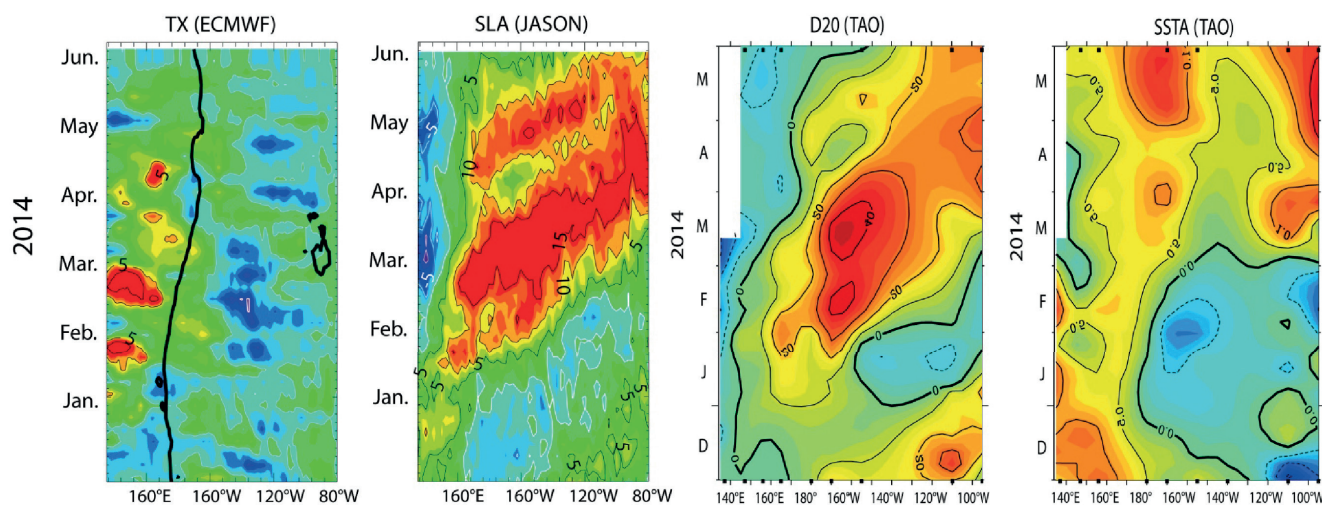


Programa Presupuestal por Resultados N° 68 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”. Producto: “Estudios para la estimación del riesgo de desastres”

“Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño”

Boletín Técnico

Evolución inicial de El Niño 2014 a lo largo del ecuador



Contenido

2 - 3 **Introducción**

4 - 8 **Artículo de Divulgación Científica**

9 - 10 **Avances Científicos**

11 - 13 **Resumen Informe Técnico**

14 - 15 **Comunicado Oficial ENFEN**

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

Producto: “Estudios para la estimación del riesgo de desastres”.

Actividad: “Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño”.

Manuel Pulgar Vidal
Ministro del Ambiente

Ronald Woodman
Presidente Ejecutivo IGP

José Macharé
Director Científico IGP

Ken Takahashi
Responsable Producto El Niño - IGP

Equipo científico: Ken Takahashi, Kobi Mosquera, Jorge Reupo, Berlín Segura

Edición: Cristiana Leucci
Diseño y Diagramación: Dante Guerra

Carátula: Dewitte, 2015.

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

Impreso por Empresa: Imprenta Editora Gráfica Real SAC.
Jr. Independencia 953 – Trujillo – La Libertad
Teléfono (44) 25-3324

Lima, Marzo del 2016

Hecho el Depósito Legal en la
Biblioteca Nacional del Perú N° 2016-04305

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 “Estudios para la estimación del riesgo de desastres”, 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 información y monitoreo 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 estudios científicos que fortalecerá en forma continua la capacidad para este fin.

El presente Boletín tiene como objetivo difundir conocimientos científicos, avances científicos 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.



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.

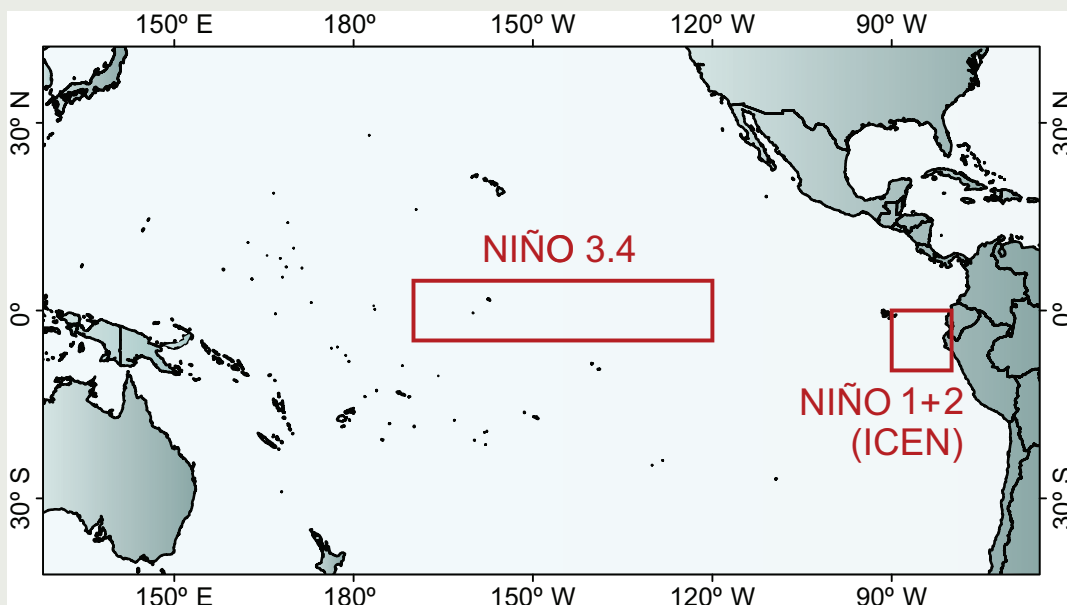
El Comité Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), conformado por representantes de IMARPE, DHN, IGP, SENAMHI, ANA e Indeci, es el ente que genera la información oficial de monitoreo y pronóstico del Fenómeno El Niño y otros asociados.

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 Amazonia peruana.

¿Por qué El Niño 2014 no creció en el Pacífico Central?

A pesar que mucha atención se ha concentrado en el actual evento El Niño (2015-2016), la comunidad científica aún está haciendo esfuerzos para entender por qué el evento El Niño 2014 no se desarrolló como se había previsto. En enero y febrero de 2014, dos fuertes pulsos de viento del oeste ecuatoriales sucesivos en el extremo occidental del Pacífico alarmaron a la comunidad mundial por su semejanza con lo observado al inicio de El Niño extraordinario 1997-1998 (Figura 1), lo cual llevó a varios a pensar que un evento similar se desarrollaría (McPhaden, 2015). Los vientos del oeste ecuatoriales son condiciones importantes para el desarrollo de El Niño, ya que fuerzan ondas Kelvin cálidas que pueden incrementar la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en el Pacífico Oriental, ya sea por advección o transporte zonal de las aguas de la piscina caliente hacia el este o por advección vertical de aguas subsuperficiales más cálidas debido a la profundización de la termoclina (Mosquera, 2014), aunque esto no es siempre suficiente para que se origine El Niño. Si el calentamiento es suficientemente intenso en la fría región oriental, esto podría activar el proceso de amplificación de Bjerknes e impulsar el desarrollo de El Niño fuerte o extraordinario (Takahashi and Dewitte, 2015). Otra condición favorable, pero tampoco suficiente



Boris Dewitte, Dr.

Investigador Científico del
Laboratoire d'Etudes en Géophysique
et Océanographie Spatiales

Doctor en Oceanografía Física de la Université Paul Sabatier, Toulouse, Francia, e Ingeniero en mecánica de fluido de la Escuela Nacional de Aeronáutica y Espacio (Supaero). Desde el año 1999 es investigador científico del Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales (LEGOS), donde se desempeña como especialista en oceanografía física y dinámica tropical. Forma parte de varios comités científicos internacionales, incluyendo el Scientific Steering Group del programa Climate Variability (CLIVAR). Es autor y revisor de diversos artículos científicos de revistas indexadas internacionales y recientemente su investigación está enfocada en la interacción océano-atmósfera en el Pacífico sur-este y cómo el cambio climático afecta la circulación oceánica y el ciclo hidrológico en la costa.

para que se produzca un evento El Niño, es la acumulación del contenido de calor en el océano Pacífico Ecuatorial, como se dio en el año 2014 (Figura 2 de McPhaden, 2015).

Al final, contra las expectativas de varios, el evento El Niño 2014 fue el más débil que se haya observado en los últimos 60 años en el Pacífico Central según el promedio de la TSM (noviembre-enero) en la región Niño 3.4 (Figura 3a de McPhaden, 2015). Este Fenómeno El Niño podría ser considerado como el evento más incómodo para la comunidad científica ya que, a pesar de casi

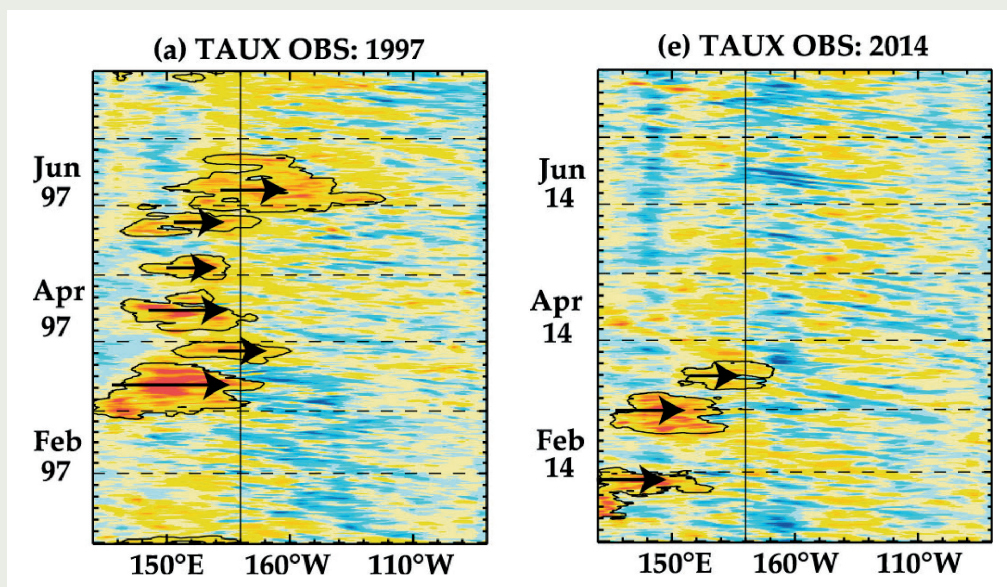


Figura 1: Anomalías del esfuerzo del viento zonal a lo largo del ecuador en los datos NCEP2 (adaptado de Menkes et al., 2014).

¿Por qué El Niño 2014 no creció en el Pacífico Central?

Dewitte B., Mosquera K., Takahashi K.



Kobi Mosquera-Vásquez, Dr.
Investigador Científico del
Instituto Geofísico del Perú

Doctor en Oceanografía Física de la Universidad Paul Sabatier de Francia, Magíster en Física – Mención Geofísica y Físico de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Actualmente es investigador científico superior de la Sudirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrosfera del Instituto Geofísico del Perú (IGP) y es representante alterno del IGP en el Comité Técnico para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN). En la actualidad se dedica al estudio de las ondas Kelvin oceánicas y su impacto en la dinámica y termodinámica del Pacífico Ecuatorial. Para esto utiliza información in situ, satelital y modelos numéricos simples.

30 años de investigación intensa sobre El Niño, esta falló en predecir su magnitud en el Pacífico Central con un alto grado de error¹. Por otro lado, hay que resaltar que este evento mostró su gran complejidad, ya que no pudo ser interpretado en base a las actuales teorías del ENSO (Dewitte et al., 2014). Todo esto conlleva a considerar que aún es necesario realizar investigación básica en este tema.

Diversidad de Procesos

Hasta el momento, existen algunos estudios que tratan de explicar por qué El Niño 2014 no se desarrolló como el de 1997-1998. Menkes et al. (2014) propusieron que los pulsos de viento entre enero y abril no tuvieron tanta intensidad y duración como los de inicios de 1997 y no pudieron desplazar sustancialmente el borde de la “piscina caliente” del Pacífico Occidental hacia el este, lo cual sí se dio en 1997. Además, entre abril y julio de 2014 no hubieron nuevos pulsos de viento, los cuales, en el evento de 1997, fueron cruciales para empujar, aún más hacia el este, el borde de la piscina caliente. Este rol de los pulsos de viento fue evaluado por Menkes et al. (2014) mediante experimentos con un modelo numérico oceánico forzado por vientos superficiales que, si bien fueron cuidadosamente

diseñados, tuvieron la importante limitación de usar un modelo solamente oceánico y no acoplado océano-atmósfera, por lo cual debieron asumir que los vientos son independientes de las condiciones oceánicas. En la realidad, la anomalía de la TSM inducida por los pulsos de viento del 2014 podría haber generado aún más pulsos de viento (retroalimentación de Bjerknes) tal como sucede normalmente en el desarrollo de un evento El Niño, pero esto no ocurrió en el 2014 y no es claro por qué.

Otra propuesta es que el intenso pulso de viento del este, que se dio en junio de 2014 en el Pacífico Oriental, fue responsable de la interrupción del desarrollo de El Niño de ese año, generando una onda Kelvin fría que produjo enfriamiento en el Pacífico Ecuatorial y suprimió la retroalimentación de Bjerknes que hubiera hecho crecer este evento (Hu y Fedorov, 2015; Min et al., 2015). En el estudio de Hu y Fedorov (2015), estos sustentaron su argumento con experimentos con un modelo acoplado océano-atmósfera en el que la imposición del viento intenso del este observado en junio anuló la probabilidad de desarrollo de El Niño fuerte o extraordinario. Si bien este estudio consideró la interacción océano-atmósfera, una limitación importante es que se asume que el pulso de viento es independiente de El Niño. Sin embargo se sabe que los forzantes estocásticos asociados a los pulsos de viento tanto del este como del oeste pueden depender de El Niño y La Niña (Gebbie and Tziperman, 2009; Levine y Jin, 2015). En este caso, no es claro qué factores produjeron el fuerte pulso del este, aunque ambos estudios (Hu y Fedorov, 2015; Min et al., 2015) coinciden en que su ocurrencia podría haber sido favorecida por las condiciones en promedio frías en el Pacífico Sudeste en la década reciente.

Otra hipótesis que es explorada en este artículo está basada en resultados recientes que muestran que la onda Kelvin ecuatorial intraestacional parece disipar su energía en el extremo este (alrededor de 120°W), debido al proceso de dispersión de las ondas al propagarse a través del fuerte gradiente zonal de densidad en dicha zona (Mosquera et

¹Se nota que el Comité Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) en el Perú correctamente predijo la ocurrencia de El Niño costero en el 2014 y, en mayo 2014, descartó la posibilidad de El Niño extraordinario (ENFEN, 2014b; Takahashi, 2014; Takahashi y Mosquera, 2015).

al., 2014). Este proceso puede ser importante ya que podría afectar la eficacia de las ondas para “gatillar” El Niño. La inspección de las condiciones oceánicas a lo largo de la línea ecuatorial en enero–mayo 2014 sugiere que la onda Kelvin cálida generada por los pulsos de viento del oeste de enero-febrero fue disipada en su camino hacia el Pacífico Oriental. Específicamente, la señal de la onda Kelvin, visible en la anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C (aproximadamente en el centro de la termoclina), presentó una importante disminución de su amplitud en 120°W en abril (Figura 2c) la cual también se observa en el nivel del mar (Figura 2b), aunque menos marcada que en las anomalías de la profundidad de la termoclina. Esta disminución coincide con un debilitamiento de las anomalías de la TSM (Figura 2d), por lo que quizás el calentamiento superficial en el Pacífico Oriental no habría sido suficientemente grande para activar la retroalimentación de Bjerknes y llevarnos a un desarrollo de El Niño fuerte. Hay que resaltar que, a pesar de la reducida TSM en 120°W, a lo largo de la costa peruana la TSM se incrementó lo suficiente para que el ENFEN declarara condiciones El Niño costero (Takahashi y Mosquera, 2015).



Ken Takahashi Guevara, Ph. D.
 Investigador Científico del
 Instituto Geofísico del Perú

Ph. D. en Ciencias Atmosféricas de la University of Washington, Seattle, EE.UU. y Físico de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Actualmente es investigador científico en el Instituto Geofísico del Perú, donde está a cargo de la Subdirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrosfera, y representa al IGP en el Comité Técnico del ENFEN. Recientemente su investigación está enfocada en entender las condiciones que favorecen la ocurrencia de eventos El Niño extremos, los procesos de interacción entre el océano y atmósfera, identificar la variabilidad a escala decadal en el Pacífico sureste.

Disipación de las ondas Kelvin

Para verificar si las ondas Kelvin cálidas iniciadas en febrero y marzo de 2014 pudieron ser objeto de disipación en 120°W, se realizaron experimentos de sensibilidad con un modelo oceánico de

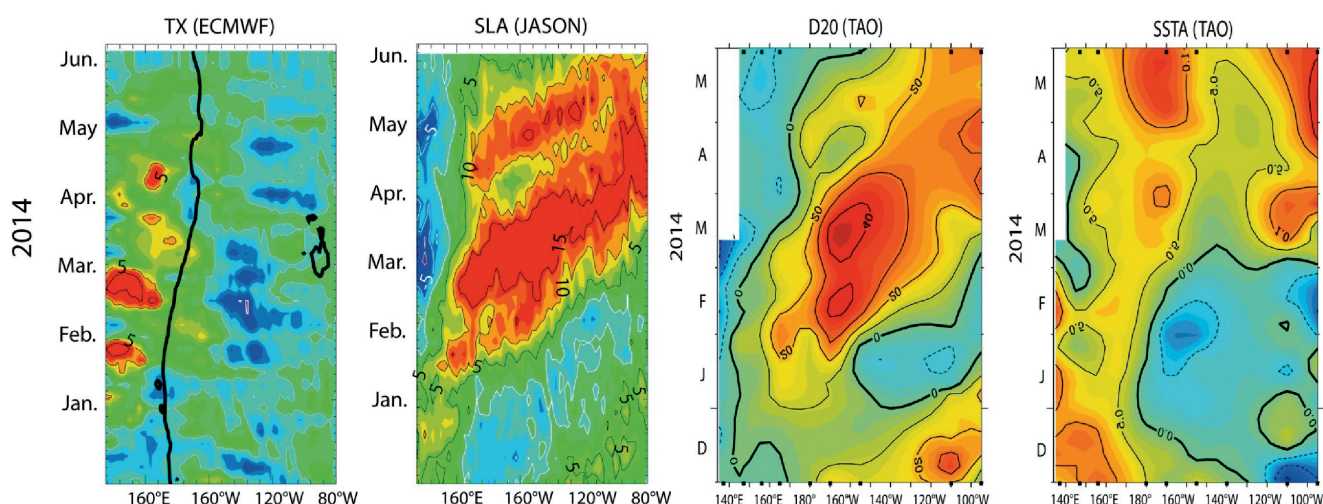


Figura 2: Anomalías a) del esfuerzo del viento zonal (fuente: ECMWF), b) del nivel del mar (fuente: JASON2), c) de la profundidad de la termoclina (isoterma de 20°C, fuente: TAO) y d) de la temperatura superficial del mar (fuente: TAO). Datos promedio entre 2°S y 2°N. La línea negra en grueso en a) es la isoterma de 28°C.

¿Por qué El Niño 2014 no creció en el Pacífico Central?

Dewitte B., Mosquera K., Takahashi K.

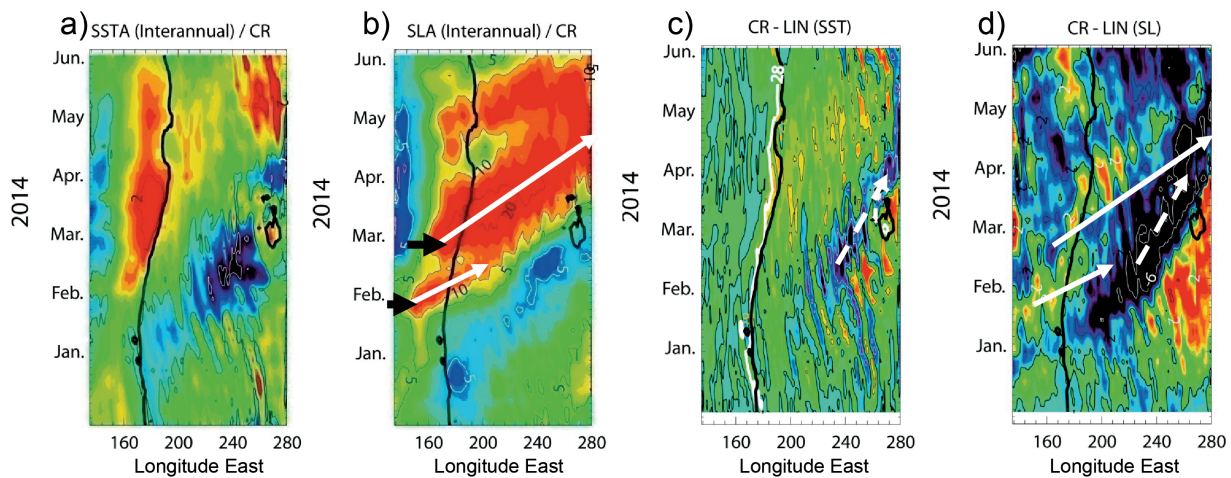


Figura 3: Anomalías a, c) de la temperatura superficial del mar y b, d) del nivel del mar para el experimento CR (a, b) y para la diferencia entre el experimento CR y LIN (c, d). Las flechas negras en b) representan los pulsos de viento. Las flechas blancas en grueso en b) y d) representan las ondas Kelvin, mientras que las flechas blancas en grueso en c) y d) representan el efecto de la advección.

circulación general (ROMS) en una configuración del Pacífico Tropical con una resolución horizontal de 0.25° . El modelo fue forzado con esfuerzo de viento y flujos de calor diarios de ECMWF sobre el periodo 2000-2015. Para asegurar que las variables del modelo se encontraran bien balanceadas, previo a los experimentos se hizo una corrida de “spin-up” de tres años repitiendo las condiciones oceánicas y atmosféricas del año 2000. Como condiciones de frontera oceánicas, el modelo usó las salidas de un modelo oceánico global (MERCATOR; ver Mosquera-Vásquez et al., 2014) capaz de simular la variabilidad interanual e intraestacional del nivel del mar con una correlación de 0.90 (0.65) en promedio en la franja ecuatorial del Pacífico (2°S - 2°N) para anomalías interanuales (intraestacionales) en el periodo 2000-2014. El modelo también logra simular el estado promedio de la profundidad de la termoclina, la cual es un factor importante en los experimentos de sensibilidad ya que la distribución de la densidad está determinada principalmente por la temperatura. Por lo tanto, la inclinación observada en la termoclina es responsable del fuerte gradiente zonal de densidad alrededor de 120°W que puede producir la dispersión de las ondas Kelvin.

Los dos experimentos realizados consistieron en: 1) uno de control (CR) y 2) otro (LIN) en que la advección en la ecuación de *momentum* (términos no-lineales de la forma $u \partial v / \partial x$) es desactivada

en diciembre de 2013, justo antes de que las ondas Kelvin sean generadas. Comparando los dos experimentos, se deduce que, en el primero, la advección no-lineal produjo dispersión de las ondas Kelvin a través de dispersión modal (Mosquera et al., 2014), mientras que en los experimentos sin advección de *momentum*, la onda Kelvin mostró una propagación más eficiente hacia el este (Figura 3d). En CR, siguiendo los pulsos de viento, el modelo simuló calentamiento en mayo tanto en el borde de la “piscina caliente” como en el Pacífico Oriental (Figura 3a), lo cual es consistente con las observaciones (Figura 2d). Una onda Kelvin cálida de pequeña amplitud fue generada por los pulsos de viento de enero, mientras que en febrero los pulsos de viento dieron origen a una onda Kelvin muy energética que se propagó hacia el extremo oriental, aunque su amplitud se redujo en su camino (Figura 3b). La corrida CR presenta condiciones más frías que la corrida LIN a mediados de febrero cerca de 120°W y esta frialdad relativa se fue desplazando hacia el este hasta alcanzar la costa sudamericana a inicios de abril. Esta aparente propagación hacia el este tuvo una velocidad inferior a la de una onda Kelvin del primer modo baroclínico (Figure 3c). Estas diferencias en la TSM están asociadas a diferencias también negativas en el nivel del mar de aproximadamente 6 cm (Figura 3d). Los resultados indican que la advección de *momentum* debilitó la onda Kelvin cálida y redujo el calentamiento de la superficie oceánica.

Discusión y Conclusiones

La falta de crecimiento de El Niño en el Pacífico Central en el año 2014 sorprendió a varios en la comunidad científica. Entender los mecanismos asociados es importante para mejorar nuestra capacidad para predecir futuros eventos, pero esto no es siempre sencillo de hacer. Los estudios publicados hasta el momento se han concentrado en la componente atmosférica, tanto en la falta de pulsos vientos del oeste como en el fuerte pulso de viento del este. Nosotros estamos explorando la posibilidad de que los mecanismos oceánicos hayan jugado también un rol importante. Los experimentos de sensibilidad realizados en este trabajo son consistentes con la idea de que las ondas Kelvin cálidas generadas en enero y febrero de 2014 fueron atenuadas, por lo cual no produjeron un calentamiento superficial significativo en la zona ecuatorial que hubiera dado inicio a la interacción con la atmósfera y ayudado al crecimiento de El Niño. Esta hipótesis podría ser probada usando un modelo acoplado en el cual también se considere el uso, o no, de los términos de advección de la ecuación de *momentum*. La diversidad de procesos involucrados para explicar por qué El Niño 2014 no se desarrolló como un evento de magnitud moderada o fuerte, a pesar de las condiciones favorables aparentes, indica que necesitamos ir más allá del modelo conceptual del “oscilador carga -descarga” (Dewitte et al., 2014) para comprender y predecir El Niño y que el contenido de calor oceánico no puede ser usado confiablemente como un índice predictor. Por eso, se necesitan más estudios teóricos que incluyan procesos no-lineales tanto en el océano como en la atmósfera, así como la estacionalidad de la retroalimentación de Bjerknes. Además, se ha notado que la actividad de las Ondas de Inestabilidad Tropical (TIW, por sus siglas en inglés) fue anormalmente intensa entre febrero y marzo de 2014 y podría haber degradado la termoclina, provocando que las ondas Kelvin cálidas se hayan disipado más rápidamente que lo usual. Esto será examinado usando un modelo con una resolución suficientemente alta para representar correctamente la actividad de las TIW.

Más recientemente, El Niño 2015-2016 también nos dio sorpresas. Si bien el calentamiento fue

bastante intenso en el Pacífico Central, lo cual fue bien pronosticado, este fue solo moderado en la costa sudamericana durante el verano. Posiblemente, mecanismos similares a los propuestos para el 2014 también habrían sido relevantes para el evento reciente, por lo que será interesante realizar comparaciones entre los diferentes eventos. Además, es probable que la recarga de contenido de calor y el calentamiento superficial generados en el 2014, aun cuando no llegaran a calificar como El Niño en el Pacífico Central, hayan servido de preconditionantes para El Niño 2015-2016. Es muy importante entender bien este tipo de eventos y sus mecanismos para mejorar nuestra capacidad de predicción.

Referencias

- Dewitte, B., K. Takahashi, K. Mosquera, 2014: Teorías simples de El Niño-Oscilación Sur: más allá del oscilador carga-descarga. *Boletín Técnico “Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño”*, 1, 8, 4-8, Instituto Geofísico del Perú.
- ENFEN, 2014: No se espera un evento El Niño extraordinario en la costa peruana en los próximos meses. Comunicado Oficial ENFEN 07-2014, 20 de mayo de 2014.
- Gebbie, G., E. Tziperman, 2009: Predictability of SST-Modulated Westerly Wind Bursts. *Journal of Climate*, doi:10.1175/2009JCLI2516.1.
- Hu, S. and A. V. Fedorov, 2016: An exceptional easterly wind burst stalling El Niño of 2014. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, doi:10.1073/pnas.1514182113.
- Levine, A. F. Z., F.-F. Jin, 2015: A simple approach to quantifying the noise-ENSO interaction. Part I: deducing the state-dependency of the windstress forcing using monthly mean data. *Climate Dynamics*, doi:10.1007/s00382-015-2748-1.
- McPhaden, M. J., 2015: Playing hide and seek with El Niño. *Nature Climate Change*, 5, 791-795, doi:10.1038/nclimate2775.
- Menkes, C. E., M. Lengaigne, J. Vialard, M. Puy, P. Marchesio, S. Cravatte, and G. Cambon, 2014: About the role of westerly wind events in the possible development of an El Niño in 2014. *Geophysical Research Letters*, 41, 6476-6483, doi:10.1002/2014GL061186.
- Min, Q., J. Su, R. Zhang, X. Rong, 2015: What hindered the El Niño pattern in 2014?. *Geophysical Research Letters*, doi:10.1002/2015GL064899.
- 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”*, 1, 1, 4-7, Instituto Geofísico del Perú.
- Mosquera-Vásquez, K., B. Dewitte, and S. Illig, 2014: The Central Pacific El Niño Intraseasonal Kelvin wave. *Journal of Geophysical Research*, doi:10.1002/2014JC010044.
- Takahashi, K., 2014: ¿Por qué parece muy improbable El Niño extraordinario este año? *Boletín Técnico “Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño”*, 1, 6, 8-9, Instituto Geofísico del Perú.
- Takahashi, K. y B. Dewitte, 2015: Física de El Niño extraordinario. *Boletín Técnico “Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño”*, 2, 4, 4-8, Instituto Geofísico del Perú.
- Takahashi, K., y K. Mosquera, 2015: El Niño 2014, el Comité ENFEN y los medios. *Boletín Técnico “Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño”*, 2, 2, 9-10, Instituto Geofísico del Perú.

Monitoreo de la onda Kelvin en la costa peruana usando datos de altimetría satelital

David Pareja, M.Sc.¹; Kobi Mosquera, Dr.¹
¹Instituto Geofísico del Perú

Es conocido que cuando se presenta el evento El Niño costero, las regiones norte y centro del Perú son las más afectadas social y económicamente debido a las fuertes precipitaciones que se producen como consecuencia del incremento de la Temperatura Superficial del Mar (TSM). Uno de los mecanismos que provoca el cambio de la TSM a lo largo de la costa peruana es la “advección” horizontal y vertical de la temperatura como consecuencia del paso de la onda Kelvin ecuatorial. Como se sabe, su monitorización en el Perú se realiza principalmente por medio de la información de los mareógrafos que se encuentran ubicados a lo largo de la costa peruana, pero no es la única manera de hacerlo. Por esta razón, el objetivo del presente documento es mostrar una forma alternativa de monitorizar estas ondas por medio del uso de información de altimetría satelital de la serie de satélites JASON. A diferencia de otros productos grillados que pueden existir en la web, en este trabajo se usará la información que existe a lo largo de los *tracks* del satélite que cruzan la costa peruana y, lo más importante, que se encuentran disponibles en tiempo real. Se espera que estos resultados contribuyan al análisis de la dinámica y termodinámica del Pacífico Ecuatorial y nuestra costa.

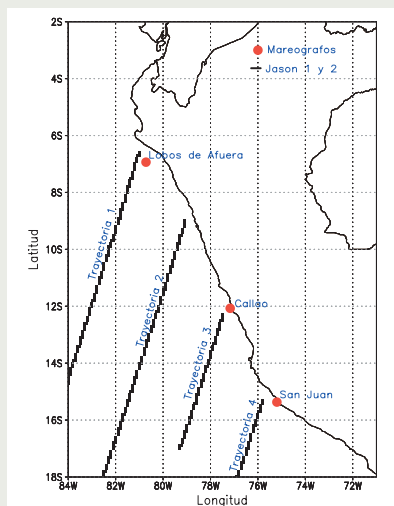


Figura 1. Trayectorias del satélite (líneas rectas de color negro) que cruzan la costa peruana. Los círculos de color rojo indican la posición de los mareógrafos más cercanos al extremo superior de las trayectorias que se encuentran en la base de datos del Centro del Nivel del Mar de la Universidad de Hawaii (<http://uhslc.soest.hawaii.edu/>).

La información del nivel medio del mar (NMM) que se utilizó en el presente trabajo se obtuvo de dos fuentes de datos: 1) los satélites JASON-1 y JASON-2, para el periodo 2002-2015; y 2) tres estaciones mareográficas de la costa peruana obtenidas del *Sea Level Center* de la Universidad de Hawaii (<http://uhslc.soest.hawaii.edu/>). El procesamiento al que fueron sometidos los datos de los satélites JASON es descrito en Mosquera et al. (2014b). Los datos de las estaciones mareográficas fueron: Lobos de Afuera, Callao

y San Juan. Estas estaciones fueron seleccionadas por su cercanía a las trayectorias de los satélites. Para ambas bases de datos, las anomalías se calcularon con una climatología que abarca el periodo 2002-2014.

Las trayectorias de JASON que se consideraron para el monitoreo del NMM fueron cuatro (T1, T2, T3 y T4) y se muestran en la Figura 1. En esta se han graficado las tres posiciones de los mareógrafos cercanos al extremo de tres trayectorias (T1, T3 y T4) con círculos de color rojo. La información de los mareógrafos se utilizó para correlacionarla con cada punto que conforma tres de los cuatro *tracks* (T1, T3 y T4), cuyos resultados mostraron que solo los extremos de cada *track*, ubicados a partir de los 50 km, tienen una variabilidad aproximada a la de los mareógrafos, con correlaciones que van de 0.5 a 0.7, lo cual es coherente, ya que son los puntos más cercanos a la costa. Hay que aclarar que existe información más próxima a la costa, pero esta se encuentra, de alguna manera, “contaminada” por la topografía costera, por lo que estos datos no son confiables (Cipollini et al., 2013).

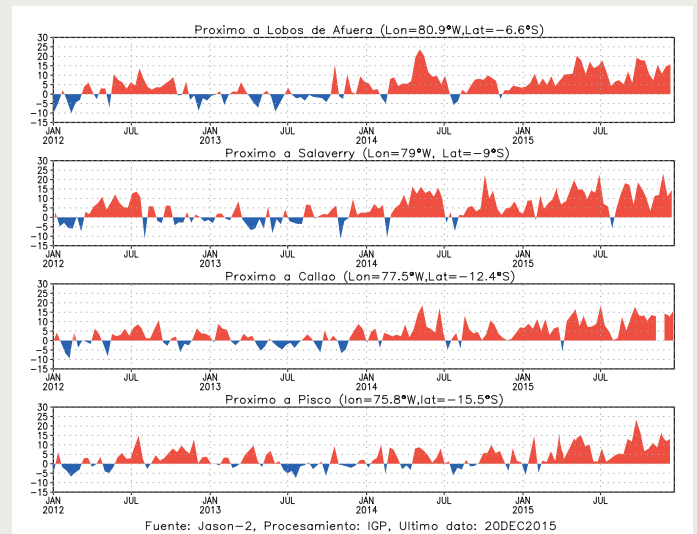


Figura 2. Series de tiempo de la anomalía del nivel medio del mar obtenidas de los cuatro *tracks* del satélite que cruzan la costa peruana: (primer panel) S1, (segundo panel) S2, (tercer panel) S3 y (cuarto panel) S4.

Para generar las series de tiempo de la anomalía del NMM que son mostradas en la Figura 2, se utilizó el promedio de la información que conforma cada *track* y que tiene mayor correlación con los datos de las estaciones mareográficas más cercanas. Para el caso de la T2 (Figura 1) se usó el mismo número de puntos que se obtuvo en T1, ya que no se cuenta con una estación mareográfica próxima a ella. A estas series las llamaremos S1, S2, S3 y S4. En la Figura 2 se puede observar que las anomalías del NMM han presentado valores positivos a partir del año 2014. El

resultado es coherente debido a que en los últimos años en nuestra región se han presentado eventos El Niño costero, tanto en el año 2014 como en 2015/2016, de magnitud moderada y fuerte, respectivamente. Sin embargo, a pesar de este valor promedio por encima de lo normal desde el año 2014, se puede apreciar una variabilidad de mayor frecuencia en esta información que puede ser consecuencia de la onda Kelvin ecuatorial.

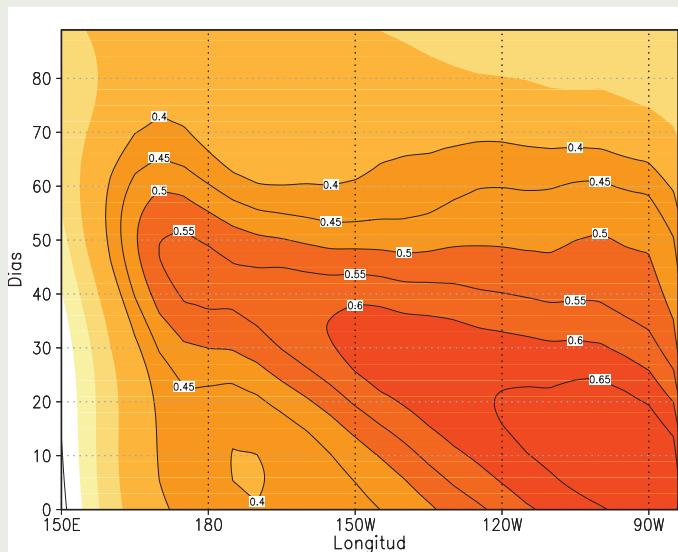


Figura 3. Correlación con retraso de la anomalía del nivel del mar (JASON) de la serie T1 y la señal de la onda Kelvin en el nivel del mar a lo largo del Pacífico Ecuatorial (obtenida de JASON) que va desde 150°E hasta 85°W (en colores).

Para comprobar la conexión entre la variabilidad de alta frecuencia a lo largo de la costa peruana y la onda Kelvin ecuatorial, se procedió a realizar una correlación con retraso entre la serie de tiempo S1 (la que está frente a la estación mareográfica Lobos de Afuera) y la señal de la onda Kelvin en el nivel del mar obtenida también de JASON (ver detalles de este producto en Aparco et al., 2015). Los resultados de las correlaciones se pueden apreciar en la Figura 3, donde se observa que los valores de correlación por encima de 0.5 están en casi todo el Pacífico Ecuatorial. Este dato sugiere que la señal de la onda Kelvin ecuatorial en el nivel del mar estaría siendo “observada” en la serie de tiempo S1, a pesar de no estar muy cerca de la costa.

Esta nueva base de datos no solo contribuirá a monitorizar la variabilidad del NMM, sino que también podrá ser combinada con otras fuentes de datos para hacer un mejor análisis, como se observa en la Figura 4. En esta se puede ver un nuevo producto que combina la información de vientos calculados del satélite ASCAT (primera columna), profundidad de la termoclina obtenida de las boyas TAO (segunda columna) y flotadores ARGO (tercera columna), anomalía del nivel del mar de JASON (cuarta columna) y S1 (quinta columna). El periodo considerado va del 01 de enero de 2015 al 23

de febrero de 2016, cuando se desarrolló el evento El Niño 2015/2016. Los paneles superiores muestran el promedio de las anomalías de todo el periodo arriba indicado, lo cual representa el evento El Niño; en la parte inferior, los gráficos longitud – tiempo serían las anomalías intraestacionales. Estas variaciones en los gráficos Howmøller pertenecen a las ondas Kelvin ecuatoriales intraestacionales, las cuales han estado presentes en todo el evento El Niño 2015/2016. En el caso de la serie de tiempo (Figura 4e), su variabilidad coincide con el paso de la onda Kelvin cálida que proviene del Pacífico Ecuatorial. Con las otras series de tiempo de los tracks ubicados más al sur, no se han obtenido buenos resultados. Frente a esto, se requiere aplicar técnicas que permitan “recuperar” la información que está mas cercana a la costa y, de esta manera, contar con datos más precisos que contribuyan al diagnóstico y pronóstico, básicamente, de la TSM a lo largo de la costa peruana.

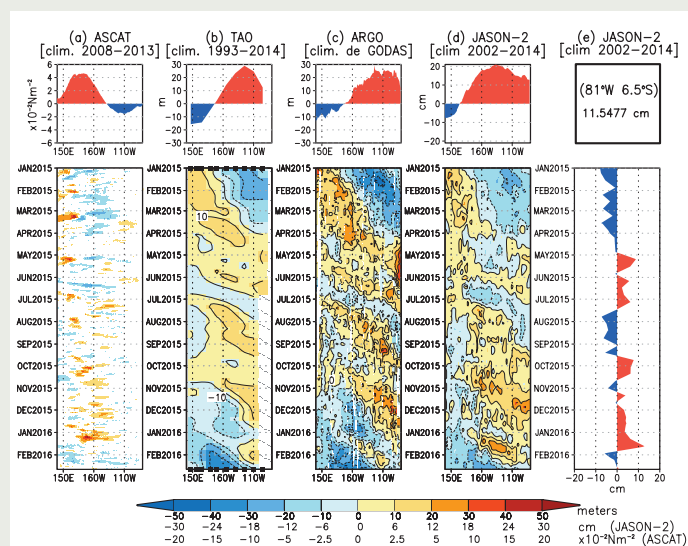


Figura 4. Gráficos de las anomalías: (a) del esfuerzo de vientos de ASCAT; (b) de la profundidad de la termoclina de TAO y de (c) ARGO; y (d) y (e) del nivel del mar de JASON. Los paneles superiores indican el promedio de la anomalía entre el 01 de enero de 2015 y el 20 de febrero de 2016 para cada una de las variables. Los paneles de abajo muestran gráficos longitud – tiempo (a excepción de (e)) que son el residuo de retirar el promedio de la anomalía (paneles superiores) a las anomalías.

Referencias

Aparco, J., D. Pareja, y K. Mosquera, 2015: Proyección de las anomalías del nivel del mar sobre las ondas oceánicas ecuatoriales largas, Boletín Técnico “Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño”, 2, 1, 9-10, Instituto Geofísico del Perú.

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”, 1, 4, 8-9, Instituto Geofísico del Perú.

Cipollini, P., R. Scarrot, and H. Snaith, 2013: Product Data Handbook: Coastal Altimetry., D180A_HB_SL1, 1.

Resumen del Informe Técnico PPR/El Niño - IGP/ 2016-1

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 valor del Índice Costero El Niño (ICEN), las Segun el valor del Índice Costero El Niño (ICEN), las condiciones climáticas de la costa peruana fueron cálidas fuertes (2.07°C) para el mes de diciembre, manteniéndose la presencia de El Niño costero de magnitud fuerte. Los valores temporales del ICEN (ICEN_{tmp}), 1 y 2, indican que para los meses de enero y febrero las condiciones serán, para ambos, cálidas moderadas. El pronóstico de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) de los modelos numéricos internacionales para la región del Pacífico Oriental, con condiciones iniciales del mes de enero, indica en su mayoría condiciones cálidas moderadas para el mes de febrero, mientras que para marzo mostraría condiciones entre moderadas y débiles. Estos mismos resultados numéricos predicen que para el Pacífico Central las condiciones serían cálidas muy fuertes y cálidas fuertes para esos meses.

La onda Kelvin cálida, la cual se formó en la quincena de diciembre y se fortaleció en la quincena de enero, se observa en los datos de TAO, ARGO y JASON. Se espera que esta onda llegue al extremo oriental a partir del mes de febrero e incremente en 2°C, adicionales, la anomalía de la TSM.

Siguiendo a la onda Kelvin cálida se observa una onda Kelvin fría, la cual debe forzar a la normalización de la profundidad de la termoclina y, en consecuencia, de la TSM.

Índice Costero El Niño

Utilizando los datos de TSM promediados sobre la región Niño1+2, actualizados hasta el mes de enero de 2016 del producto ERSST v3b generados por el *Climate Prediction Center* (CPC) de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, EE.UU.), se ha calculado el Índice Costero El Niño (ICEN; ENFEN, 2012) hasta el mes de diciembre de 2015. Los valores se muestran en la Tabla 1.

Año	Mes	ICEN (°C)	Condiciones costeras del mes
2015	Setiembre	2.07	Cálida Fuerte
2015	Octubre	2.23	Cálida Fuerte
2015	Noviembre	2.18	Cálida Fuerte
2015	Diciembre	2.07	Cálida Fuerte

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

Según el valor del ICEN para el mes de diciembre, se establece que continúa la presencia de El Niño costero de magnitud fuerte, el cual se inició en abril del 2015.

Diagnóstico del Pacífico Ecuatorial

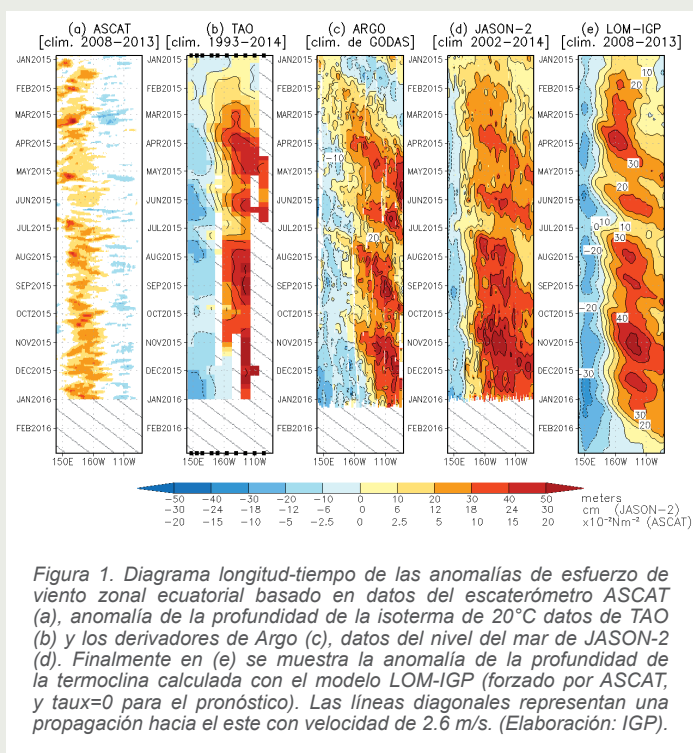
Para el mes de enero el Pacífico Ecuatorial continúa reflejando el desarrollo del Fenómeno El Niño 2015-16. Aún persiste el acoplamiento océano-atmósfera en el Pacífico Central, aunque con menor intensidad que el mes anterior. Las anomalías de la TSM (ATSM) en la región Niño 3.4 son muy cercanas, en promedio, a las de 1998. En la región Niño 1+2 la ATSM está bastante por debajo de lo observado en 1998 y 1983, pero es superior a las condiciones de 1973 y 1992. Las anomalías de viento del oeste en el Pacífico Central (160°E-160°W; 5°S-5°N) se reactivaron y superaron a las de los años 83 y 98. Finalmente, la convección en el Pacífico Central-Oriental sigue activa pero, a pesar que se incrementó durante el mes de enero, no alcanza los valores de 1993 y 1998. La termoclina en el Pacífico Oriental, en el punto 110°W, es más profunda que en el año 1998 y próxima a la de 1983; en el punto 95°W, a pesar de estar más profunda de lo normal como consecuencia de la menor inclinación de la termoclina ecuatorial, no se asemeja a la observada en los años 1983 y 1998. Hay que indicar que durante el mes de enero la profundidad promedio de la termoclina ecuatorial continuó disminuyendo hasta alcanzar valores por debajo de su climatología. Esto podría interpretarse como la fase de descarga que marcaría aparentemente el proceso de finalización de El Niño.

Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones

Los productos de ARGO (Figura 1c), JASON-2 (Figura 1d) y del modelo lineal (Figura 1e) muestran la señal de la onda Kelvin cálida que se formó debido a pulsos de vientos del oeste en la segunda quincena de diciembre. Según los datos de las boyas de TAO, en particular de 125°W, la onda Kelvin estaría profundizando la termoclina alrededor de 40 metros más que lo normal. Aún no es claro el paso de la onda en 110°W y 95°W. Se espera que esta onda llegue al extremo oriental a partir del mes de febrero y contribuya a mantener o aumentar las anomalías positivas de la TSM según qué tan intensa sea la onda, para lo cual se debe monitorear su desarrollo. Dado que esta onda llegaría en la temporada cálida, podría aumentar sustancialmente la probabilidad de lluvias intensas en la costa norte. Hay que recordar que una onda Kelvin similar se presentó en el verano del año 2002 y provocó el incremento de la TSM en 2°C por encima de su normal en la estación Puerto Chicama.

Siguiendo a la onda Kelvin cálida se observa una onda Kelvin fría, la cual debe forzar a la normalización de la profundidad de la termoclina y, en consecuencia, de la TSM.

Resumen del Informe Técnico PPR/El Niño - IGP/ 2016-1



Modelo	Magnitud
CFS2	Débil
CMC1	Moderado
CMC2	Moderado
GFDL	Moderado
NASA	Fuerte
GFDL_FLOR	Moderado
NCAR_CCSM4	Moderado
NMME(prom)	Moderado
ECMWF	Débil

Tabla 2. Pronósticos de magnitud de El Niño costero para el periodo (diciembre 2015 –marzo 2016) según condiciones observadas y los modelos climáticos con condiciones iniciales de enero de 2016.

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para el mes de febrero, los pronósticos de la anomalía de TSM en el Pacífico Oriental (región Niño 1+2) indican condiciones fuertes (6 de 7 modelos) y magnitud débil (1 de 7 modelos), para los de marzo y abril, 2 de 8 modelos indican condiciones fuertes y 6 de 8 modelos condiciones moderadas. (Figura 2). Por otro lado, en el Pacífico Central (Niño 3.4) los modelos indican que las condiciones para los meses de febrero y marzo serían cálidas muy fuertes y fuertes, respectivamente. Las condiciones para los trimestres Febrero –Abril y Mayo - Julio 2016 serían fuertes y moderadas, respectivamente.

Conclusiones

1. El ICEN para diciembre de 2015 fue de +2.07°C (cálida fuerte).
2. La señal de la onda Kelvin cálida formada en la segunda quincena de diciembre se observa en los datos de TAO, ARGO (termoclina) y JASON (altura del nivel del mar) en los últimos días de enero. Según los datos de las boyas TAO, en particular en 125°W, la onda Kelvin estaría profundizando la termoclina en alrededor de 40 metros más que lo normal. Aún no es claro el paso de la onda en 110°W y 95°W. Se espera que esta onda llegue al extremo oriental a partir del mes de febrero y contribuya a mantener o aumentar las anomalías positivas de la TSM según qué tan intensa sea la onda, para lo cual se debe monitorear su

desarrollo. Dado que esta onda llegaría en la temporada cálida, podría aumentar sustancialmente la probabilidad de lluvias intensas en la costa norte. Hay que recordar que una onda Kelvin similar se presentó en el verano del año 2002 y provocó el incremento de la TSM en 2°C por encima de su normal en la estación Puerto Chicama.

3. Siguiendo a la onda Kelvin cálida se observa una onda Kelvin fría, la cual debe forzar a la normalización de la profundidad de la termoclina y, en consecuencia, de la TSM.
4. Para el Pacífico Oriental (Niño 1+2), 6 de 7 modelos inicializados en enero indican que el mes de febrero presentaría condiciones cálidas moderadas (1 de 7 indica condición cálida débil). Según los datos observados, el pico habría sido en octubre del 2015. Para el verano 2015-2016 (diciembre 2015-marzo 2016), 6 de 7 modelos predicen condiciones moderadas (1 de 7 indica condiciones débiles). Los modelos indican fin de El Niño costero entre los meses de mayo y julio.
5. Para el **Pacífico Central** (Niño 3.4), todos los modelos que han sido considerados, y que fueron inicializados en enero, indican que El Niño habría alcanzado una anomalía de magnitud muy fuerte a fines de 2015 y decaería a lo largo de los primeros meses de 2016.
6. En la segunda quincena de enero, la magnitud de la ATSM y su tendencia en Niño 3.4 es similar a la de los años 1997 y 1982. Asimismo, en el mismo periodo, la ATSM en la zona Niño 1+2 también muestra una tendencia negativa, pero con magnitud inferior a la de los años 1997 y 1982,

Resumen del Informe Técnico PPR/El Niño - IGP/ 2016-1

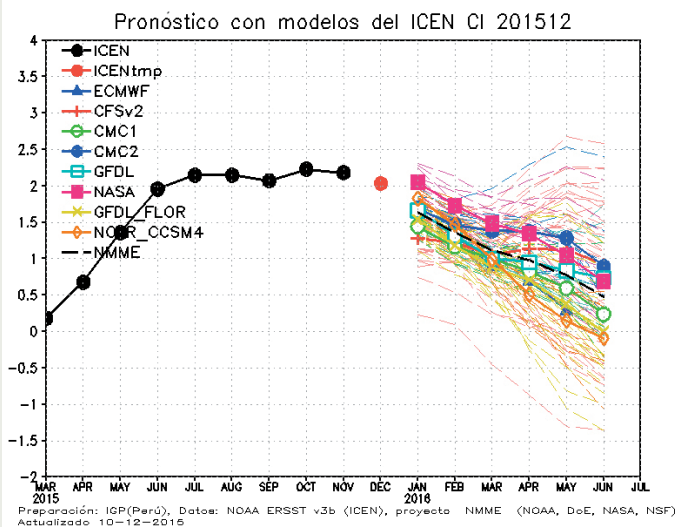


Figura 2. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de tres meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden a los miembros de los "ensembles". Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 tienen como condición inicial el mes de noviembre de 2015. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de diciembre 2015. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF).

incluso se aproxima a los valores del año 1972.

7. La termoclina en el Pacífico Oriental en los puntos 125°W, 110°W y 95°W continúa anómalamente profunda, es decir aún existe una inclinación de la termoclina hacia el este.

8. Por otro lado, en general, la profundidad de la termoclina en el Pacífico Ecuatorial se ha reducido, presentando anomalías negativas, debido al proceso de descarga del contenido de calor en la región del Pacífico Ecuatorial.

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", 1, 5, 8-9, Instituto Geofísico del Perú.

Barnston, A., M. Tippet, M. L'Heureux, S. Li, D. DeWitt, 2012: Skill of Real-Time Seasonal ENSO Model Predictions during 2002-11: Is Our Capability Increasing?, Bulletin American Meteorological Society, 93, 5, 631-351.

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

Lagos, P., Y. Silva, E. Nickl, K. Mosquera, 2008: El Niño - related precipitation variability in Perú, Advances in Geosciences, 14, 231-237.

Lavado, W., y J. C. Espinoza, 2014: Entendiendo los impactos de diferentes tipos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", 1, 3, 4-7, Instituto Geofísico del Perú.

Machuca, R., 2014: Cálculo de daños económicos potenciales en viviendas por inundaciones durante la ocurrencia del fenómeno El Niño: caso norte peruano, Tesis para optar el título profesional de Economía, Universidad Nacional del Callao, Lima.

Machuca, R., K. Takahashi, y A. G. Martínez, 2014: Impactos económicos de El Niño costero en el sector vivienda a causa de inundaciones en la costa norte del Perú, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", 1, 12, 4-8, Instituto Geofísico del Perú.

McPhaden, M. J., 2012: A 21st Century Shift in the Relationship between ENSO SST and Warm Water Volume Anomalies, Geophysical Research Letters, 39, L09706, doi:10.1029/2012GL051826.

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

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", 1, 1, 4-7, Instituto Geofísico del Perú.

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 y 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", 1, 4, 8-9, Instituto Geofísico del Perú.

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", 1, 1, 8-9, Instituto Geofísico del Perú.

Takahashi, K., 2014: Variedades de El Niño, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", 1, 2, 4-7, 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", 1, 3, 8-9, Instituto Geofísico del Perú.

Takahashi, K., y B. Dewitte, 2015: Strong and moderate nonlinear El Niño regimes, Climate Dynamics, doi:10.1007/s00382-015-2665-3.

Comunicado Oficial ENFEN

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



COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 02 - 2016

Estado del sistema de alerta: **Alerta de El Niño Costero¹**

El Comité Multisectorial encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) mantiene el estado de Alerta, debido al evento El Niño costero de magnitud fuerte que se viene presentando con condiciones cálidas en la costa peruana desde otoño del 2015 con una tendencia probable a reducir su intensidad a moderado en los meses siguientes. En lo que queda del mes de enero se esperan lluvias moderadas esporádicas en Tumbes y Piura. Para el resto del verano es más probable la ocurrencia de episodios de lluvias muy fuertes debido a la estacionalidad y a El Niño en curso. En la región andina se espera continúen las lluvias deficitarias asociadas a El Niño en el Pacífico Central, sin descartar episodios de lluvias muy fuertes².

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 hasta la primera quincena de enero de 2016 y sus perspectivas.

Continúa la fase cálida de El Niño-Oscilación del Sur. En la región del Pacífico Ecuatorial Central (Niño 3.4)³, la Temperatura Superficial del Mar (TSM) presentó anomalías cálidas muy fuertes con valores cercanos a los observados en 1998 y 1983, manteniendo la tendencia decreciente (ver Figura 1). En lo que respecta a las precipitaciones en el Pacífico Ecuatorial central-oriental⁴ --un indicador clave del acoplamiento océano-atmósfera--, estas se incrementaron pero no alcanzaron los valores observados en 1998 y 1983.

Hasta la primera quincena de enero, las precipitaciones han sido escasas debido a la persistencia de los flujos de viento del oeste de la alta atmósfera en el Pacífico ecuatorial oriental. Sin embargo, en los últimos días se vienen presentando lluvias ligeras y moderadas en la región norte del Perú (principalmente en Tumbes y Piura) como consecuencia del ingreso de vientos del este.

En los primeros quince días del mes de enero se presentó una anomalía de viento del oeste en la región del Pacífico Central comprendida entre 170°E y 150°W. Esta anomalía de viento es la más intensa observada durante el desarrollo del evento El Niño 2015-2016. Los datos de la profundidad de la

termoclina y nivel del mar muestran la presencia de la onda Kelvin producida por esta anomalía de viento.

Durante la primera quincena del mes de enero, el promedio del NMM en el litoral norte fue de +9 cm por encima de lo normal, mientras que en el litoral centro y sur, las anomalías fueron +7 y +10 cm, respectivamente. Para la TSM el promedio de las anomalías fue de +1,4°C en la costa norte, +3,2°C en la costa central y +1,9°C en la costa sur.

En la Estación Fija Paíta, localizada a siete millas náuticas de la costa, después del descenso de la temperatura registrada los primeros días de enero, mostró un incremento el día 19 enero generando anomalías positivas de alrededor de 3°C sobre los 100 m de profundidad.

Las temperaturas extremas del aire continuaron por encima de lo normal a lo largo de la costa norte y central con valores de +1,1°C para la temperatura máxima, mientras que para la temperatura mínima fue +1,4°C. Por otro lado, los vientos costeros del sur y sureste disminuyeron en intensidad debido al debilitamiento del Anticiclón del Pacífico Sur.

El valor preliminar del Índice Costero El Niño (ICENTmp) para el mes de diciembre es de +2,0°C, manteniendo la categoría Cálida Fuerte.

¹Definición de "Alerta de El Niño costero": Según las condiciones recientes, usando criterio experto en forma colegiada, el Comité ENFEN considera que el evento El Niño costero ha iniciado y/o el valor del ICENTmp indica condiciones cálidas, y se espera que se consolide El Niño costero (Nota Técnica ENFEN 01-2015).

²Lluvias muy fuertes: Aquellas que superan el umbral del percentil 95 (aproximadamente de 20-30 mm/día para diciembre y enero en Tumbes y Piura)

³Región Niño 3.4: 5°S - 5°N, 170°W - 120°W

⁴Región 170°W - 100°W, 5°S - 5°N.

En lo que va del mes de enero se registró deficiencia de lluvias en la región andina, especialmente en el norte y el sur, consistente con los efectos esperados de El Niño en el Pacífico Central. Asimismo los caudales de los ríos en la costa del país se presentaron por debajo de sus valores promedio. Los reservorios en la costa norte y sur muestran en promedio 33% de su capacidad máxima.

La anchoveta mostró una amplia distribución entre Bayovar y San Juan de Marcona manteniéndose dentro de las 30 mn. Los índices reproductivos mostraron que la anchoveta no se encuentra en su periodo de desove.

PERSPECTIVAS

El evento El Niño costero continuará en el transcurso del presente verano. En lo que resta de enero y parte de febrero las anomalías de TSM en la región Niño 1+2 tendrán una tendencia a disminuir. Sin embargo, esta anomalía podría incrementarse a partir de la segunda quincena de febrero como consecuencia del arribo de la onda Kelvin cálida que se formó en el Pacífico Ecuatorial en los primeros días de enero. En lo que queda del mes de enero se esperan lluvias moderadas esporádicas en Tumbes y Piura. Para el resto del verano es más probable la ocurrencia de episodios de lluvias muy fuertes debido a la estacionalidad y a El Niño en curso.

Los modelos globales para el Pacífico oriental (región Niño 1+2) indican en su mayoría condiciones cálidas moderadas para los meses de enero y febrero, mientras que marzo mostraría condiciones entre moderado y débil.

Para el Pacífico ecuatorial central (región Niño 3.4), los modelos globales pronostican la declinación del evento El Niño en los primeros meses de 2016.

El Niño en el Pacífico central seguirá modulando el régimen de las lluvias en la región andina. Se estima que la deficiencia de lluvias continuará en la región andina, lo que no contradice la ocurrencia a nivel diario de eventos esporádicos de precipitaciones de fuerte intensidad.

Comité Multisectorial ENFEN
Callao-Perú, 20 de enero de 2016

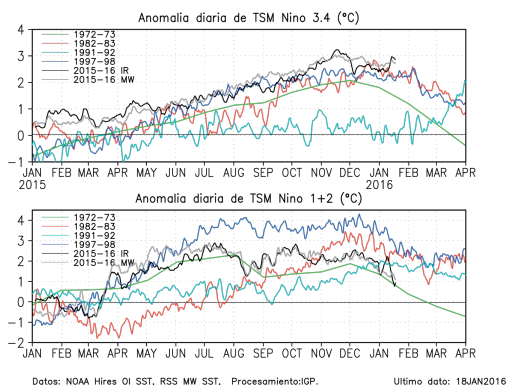


Figura 1. Series de tiempo de la anomalía de la TSM en la región Niño 3.4 (a) y Niño 1+2 (b). Las líneas en color negro y gris indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR) y microondas (MW), respectivamente. Las líneas de color roja, azul y verde, indican la evolución de la anomalía de la TSM para los años 1982-83, 1997-98 y 1972-73.



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



COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 03 - 2016

Estado del sistema de alerta: **Alerta de El Niño Costero¹**

El Comité Multisectorial encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) mantiene el estado de Alerta, debido al evento El Niño costero que se viene presentando con condiciones cálidas en la costa peruana desde otoño del 2015.

Debido a la estacionalidad y a la llegada de la onda Kelvin cálida en las próximas semanas es probable la ocurrencia de episodios de lluvias muy fuertes en el transcurso de febrero y marzo en la zona nor-occidental (del orden de 35-60 mm/día para las partes medias y bajas de Tumbes y Piura, y 20 mm/día en Lambayeque).

En la región andina se espera continúen las lluvias deficitarias asociadas a El Niño en el Pacífico Central, sin descartar episodios de lluvias muy fuertes.

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 correspondiente al mes de enero de 2016 y sus perspectivas.

Continúa la fase cálida de El Niño-Oscilación del Sur. En la región del Pacífico Ecuatorial Central (Niño 3.4)², la Temperatura Superficial del Mar (TSM) continúa presentando anomalías cálidas muy fuertes, incluso superiores a las observadas en 1998 y 1983 (ver Figura 1). Mientras que en el Pacífico ecuatorial oriental (Niño 1+2) la anomalía de la TSM ha decrecido pero aún presenta valores por encima de +1,0°C (ver Figura 1). En lo que respecta a las precipitaciones en el Pacífico Ecuatorial central-oriental³ --un indicador clave del acoplamiento océano-atmósfera--, estas continúan más activas que lo normal pero sin alcanzar los valores observados en 1998 y 1983.

Durante el mes de enero, se observó anomalías de viento del oeste en niveles altos sobre el territorio peruano, lo cual es un efecto típico de El Niño en el Pacífico Central y que habría mantenido los niveles bajos de precipitaciones observados, particularmente en la región andina. Mientras que en la costa, en los últimos días de enero se han presentado episodios de lluvias muy fuertes en Piura como consecuencia de la presencia de aguas cálidas y la contribución de vientos del este en los niveles medios y altos.

Los datos de la profundidad de la termoclina y nivel del mar muestran la aproximación hasta 125°W del núcleo de la onda Kelvin cálida producida por el pulso de viento del oeste observado en la primera quincena de enero. Por otro lado, en la segunda quincena se observaron débiles anomalías de viento del oeste en el Pacífico ecuatorial central, lo cual no ha generado una nueva onda Kelvin cálida. Adicionalmente, alrededor de los 170°W se observa la aproximación de una onda Kelvin fría.

Durante el mes de enero, en promedio las anomalías del nivel medio del mar se redujeron con respecto a diciembre. En el litoral norte, la anomalía fue de +6 cm, mientras que en el litoral centro y sur fueron +4 y +7 cm, respectivamente. Para la TSM, el promedio de las anomalías se redujo con respecto a diciembre a +1,8°C en la costa norte, pero aumentó a +3,0°C y +2,1°C en la costa centro y sur, respectivamente.

En la Estación Fija Paita, localizada a siete millas náuticas de la costa, durante el mes de enero se observaron anomalías positivas de entre +2° y +3°C sobre los 100 m de profundidad. Las secciones oceanográficas hasta 100 mn de la costa indicaron anomalías de alrededor de +2°C por encima de los 100 y 150 m de profundidad frente a Paita y Chicama, respectivamente, a finales de enero.

Las temperaturas extremas del aire durante el mes de enero se presentaron por encima de lo normal a lo largo de la costa norte y central con valores de +1,1°C para la temperatura máxima, mientras que para la temperatura mínima fue +1,4°C. Por otro lado, los vientos costeros del sur y sureste disminuyeron en intensidad debido a la estacionalidad, aunque se mantuvieron en promedio más fuertes que lo normal en las primeras tres semanas del mes.

El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) para diciembre es de +2,07°C (condición Cálida

Fuerte) y los valores estimados (ICENtmp) para enero y febrero serían de +1,67°C y +1,30°C, respectivamente (condiciones Cálida Moderada).

En el mes de enero se registró deficiencia de lluvias en la región andina, especialmente en el norte y el sur, consistente con los efectos esperados de El Niño en el Pacífico Central. Los caudales de los ríos en la costa del país se presentaron por debajo de sus valores promedio, salvo en el norte, donde estos vienen recuperando sus caudales a partir de la segunda quincena del mes. Los reservorios en la costa norte y sur muestran en promedio 33% y 30% de su capacidad máxima, respectivamente.

La anchoveta mostró una amplia distribución entre Bayovar (5° 30'S) y San Juan de Marcona (15°S) manteniéndose dentro de las 20 mn y a una mayor profundidad que lo normal. Los índices reproductivos mostraron que la anchoveta se encuentra en su periodo de maduración.

PERSPECTIVAS

El evento El Niño costero continuará el presente verano. En el transcurso del mes de febrero, se espera que las anomalías de TSM en la región Niño 1+2 y en la costa peruana se incrementen alrededor de +2°C adicionales como consecuencia del arribo de la onda Kelvin cálida que se formó en el Pacífico Ecuatorial en los primeros días de enero. Asimismo, debido a que en estos meses se intensifican los vientos del norte del Golfo de Panamá y se desarrolla la banda secundaria de la Zona de Convergencia Intertropical en el hemisferio sur, es más probable la ocurrencia de eventos de debilitamiento de los alisios del sureste y aumento súbito de la TSM en la costa, como el que se observó en marzo del 2015.

En el transcurso de febrero y marzo es probable la ocurrencia de episodios de lluvias muy fuertes⁴ en la zona nor-occidental del país, lo cual corresponde a precipitaciones en las partes medias y bajas del orden de 35-60 mm/día en Tumbes y Piura, y de 20 mm/día en Lambayeque.

Los modelos globales para el Pacífico oriental (región Niño 1+2) indican en su mayoría condiciones cálidas moderadas para el mes de febrero, mientras que marzo mostraría condiciones entre moderado y débil.

Para el Pacífico ecuatorial central (región Niño 3.4), los modelos globales pronostican la declinación del evento El Niño en los próximos meses.

El Niño en el Pacífico central seguirá modulando el régimen de las lluvias en la región andina, por lo que se estima que la deficiencia de lluvias continuará, lo que no contradice la ocurrencia de eventos esporádicos de precipitaciones de fuerte intensidad.

El Comité Multisectorial ENFEN continuará informando quincenalmente sobre la evolución de las condiciones observadas y sus perspectivas.

Comité Multisectorial ENFEN
Callao-Perú, 04 de febrero de 2016

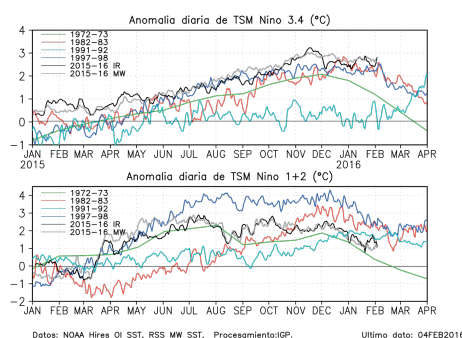


Figura 1. Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (a) y Niño 1+2 (b). Las líneas en color negro y gris indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR) y microondas (MW), respectivamente. Las líneas de color roja, azul y verde, indican la evolución de la anomalía de la TSM para los años 1982-83, 1997-98 y 1972-73.

¹Definición de "Alerta de El Niño costero": Según las condiciones recientes, usando criterio experto en forma colegiada, el Comité ENFEN considera que el evento El Niño costero ha iniciado y/o el valor del ICENtmp indica condiciones cálidas, y se espera que se consolide El Niño costero (Nota Técnica ENFEN 01-2015).

²Región Niño 3.4: 5°S - 5°N, 170°W - 120°W

³Región: 5°S - 5°N, 170°W - 100°W

⁴"Lluvias muy fuertes" se define como el percentil 95% de la precipitación diaria





© 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

En el marco del:

