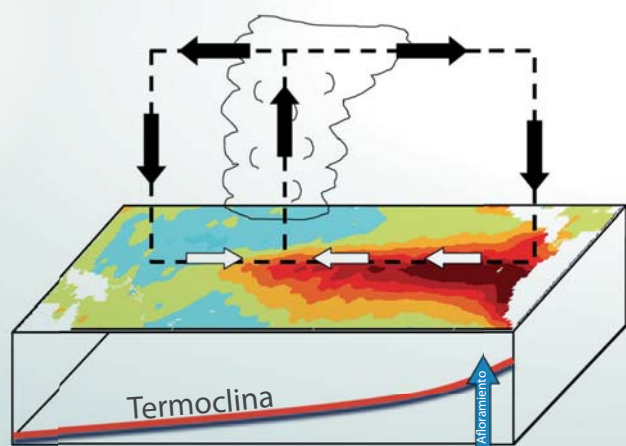


Programa Presupuestal por Resultados N° 068: "Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres" Producto: "Entidades informadas en forma permanente y con pronósticos frente al Fenómeno El Niño"

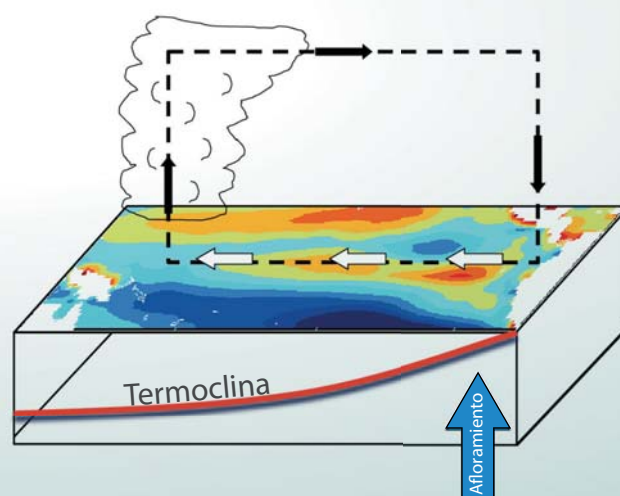
“Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño”

Boletín Técnico

El Niño



Cambio Climático (Promedio)



Condiciones océano - atmósfera en el Pacífico tropical según el informe del IPCC (2013)

Contenido

2 - 3 **Introducción**

4 - 7 **Artículo de Divulgación Científica**

8 - 9 **Avances de Investigación**

10 **Novedades**

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

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

Manuel Pulgar Vidal

Ministro del Ambiente

Ronald Woodman

Presidente Ejecutivo IGP

José Macharé

Director Técnico IGP

Ken Takahashi

Responsable Producto El Niño - IGP

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

Edición: Cristiana Leucci

Diseño y Diagramación: Dante Guerra

Carátula: Adaptado de IPCC (2013). Ver Figura y leyenda completas en la página 5.

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, junio del 2014

Hecho el Depósito Legal en la
Biblioteca Nacional del Perú N° 2014-08684

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.



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.

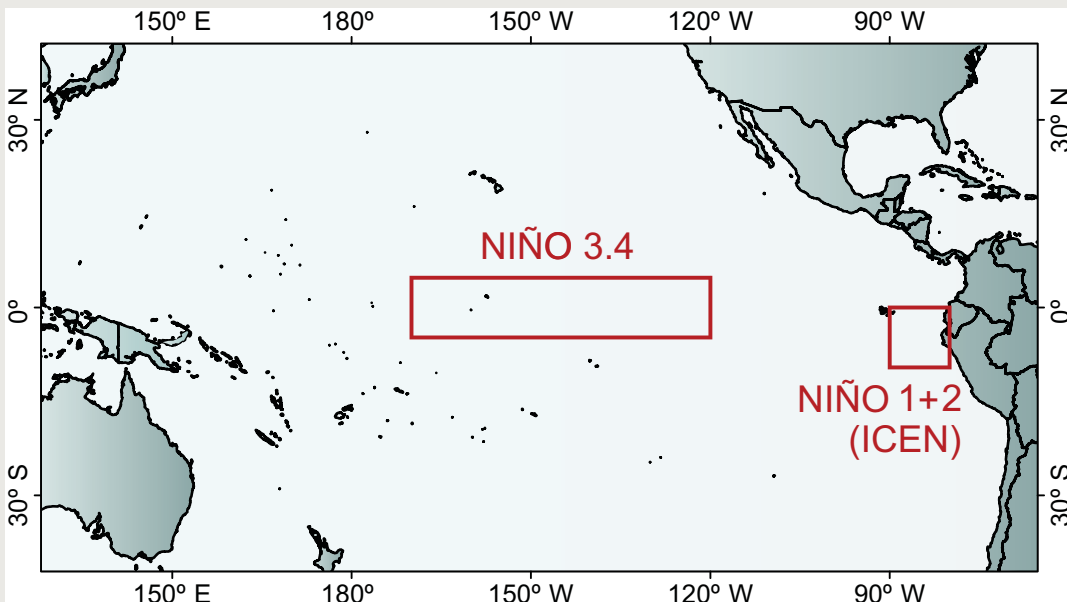
El Comité Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), conformado por representantes de IMARPE, DHN, IGP, SENAMHI, ANA e Indeci, es el ente que genera la información oficial de monitoreo y pronóstico del Fenómeno El Niño y otros asociados.

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 Amazonía peruana.

El Niño y el Cambio Climático

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) fue establecido en 1988 por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) con la finalidad de proporcionar una visión clara del estado actual del conocimiento científico sobre el cambio climático y sus impactos potenciales. Está integrado voluntariamente por miles de científicos de países miembros de las Naciones Unidas y la OMM y sus reportes son reconocidos y utilizados como base para la toma de decisiones relacionadas al cambio climático

El Grupo de Trabajo 1 (WG1) del IPCC proporciona la evaluación de la base de la ciencia física del cambio climático. De su V Reporte de Evaluación (AR5)*, publicado en 2013, se extraen las siguientes conclusiones sobre la relación entre El Niño-Oscilación Sur (ENOS) y el cambio climático.

Pasado:

- ENOS presenta modulaciones considerables en amplitud y patrón espacial dentro del registro instrumental.
- Modelos climáticos sin cambios en forzantes externos (humanos o naturales) presentan modulaciones similares a las observadas.
- Hay baja confianza y poco consenso en si los cambios observados en ENOS puedan ser atribuidos a la influencia inducida por el hombre, a otros forzantes externos o a variabilidad natural.

Futuro:

- Los modelos climáticos son más realistas en la representación de ENOS y en el estado climático base en el Pacífico tropical, pero continúan mostrando errores sistemáticos persistentes en propiedades importantes del estado medio.
- La evaluación cuantitativa detallada de la performance de ENOS en los modelos está limitada por el corto registro observacional de procesos clave y la complejidad y diversidad de los procesos involucrados.
- Hay alta confianza en que ENOS muy probablemente continuará siendo el modo dominante de variabilidad interanual en el futuro.
- Las modulaciones naturales interdecadales de la amplitud y patrón espacial de ENOS son tan grandes en los modelos que continúa una baja confianza en cualquier cambio específico proyectado en su variabilidad en el siglo XXI.
- Debido a una mayor disponibilidad de humedad atmosférica, la variabilidad en precipitación a escala regional probablemente se intensificará.
- Se proyecta para el futuro, con confianza media, un



Ph. D. Ken Takahashi Guevara

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 del área de Investigación en Variabilidad y Cambio Climático, y representa al IGP en el Comité Técnico del ENFEN. Además, es investigador principal del proyecto "Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes". 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.

desplazamiento hacia el este en los patrones de variación en temperatura y precipitación en el Pacífico norte y América del Norte relacionados con El Niño y La Niña (teleconexiones).

- Otras implicancias regionales, incluyendo aquellas en Centro y Sudamérica, el Caribe, África, y la mayoría de las islas del Pacífico, son más inciertas.

En resumen, es incierto si la variabilidad en temperatura asociada a ENOS será mayor o no en el futuro. Por otro lado, aún si esto no ocurre, el calentamiento medio haría a El Niño más cálido aún y también es probable que a grandes rasgos las lluvias asociadas a El Niño serían más intensas debido a la mayor humedad del aire. Si esto es cierto para la costa norte, los impactos de El Niño podrían ser más intensos en el futuro.

Sin embargo, las proyecciones para la costa del Perú son dudosas dado que casi todos los modelos sufren de errores persistentes en esta región en la simulación del clima presente. Particularmente relevantes para el Perú son: a) un sesgo cálido promedio en la temperatura del mar en la costa de Sudamérica, y b) una excesiva precipitación en el Pacífico sureste en promedio, problema conocido como la "doble ZCIT" (zona de convergencia intertropical).

A pesar de que estos errores sistemáticos fueron documentados hace casi 20 años¹, la comunidad científica internacional ha progresado poco en su solución, en parte por la complejidad del problema, pero también por ser temas de relativamente baja prioridad para los demás países. Es esencial que en el Perú se desarrolle la investigación científica básica de alto nivel requerida para atacar estos problemas que impiden contar con información confiable sobre el cambio climático y El Niño en nuestro país.

*<http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>.

Traducción selectiva del reporte AR5 IPCC WG1

A continuación, una traducción literal de pasajes seleccionados del capítulo 14 del V reporte del WG1 del IPCC². La numeración de las secciones es la usada en dicho reporte.

14. Fenómenos climáticos y su relevancia para el cambio climático regional futuro

Resumen ejecutivo

El realismo de la representación de El Niño-Oscilación Sur (ENOS) en los modelos climáticos está aumentando y los modelos continúan simulando variabilidad de ENOS en el futuro. Por lo tanto, hay *alta confianza* en que ENOS muy

probablemente continuará siendo el modo dominante de variabilidad interanual en el futuro y, debido a una mayor disponibilidad de humedad atmosférica, la variabilidad en precipitación a escala regional *probablemente se intensificará*. Un desplazamiento hacia el este en los patrones de variación en temperatura y precipitación en el Pacífico norte y América del Norte relacionados con El Niño y La Niña (teleconexiones) se proyecta para el futuro, pero con *confianza media*, mientras que otras implicancias regionales, incluyendo aquellas en Centro y Sudamérica, el Caribe, África, y la mayoría de las islas del Pacífico, son más inciertas. Sin embargo, las modulaciones naturales de la varianza y patrón espacial de ENOS son tan grandes en los modelos que la *confianza* en cualquier cambio específico proyectado en su variabilidad en el siglo XXI se mantiene *baja*.

14.4.2 Cambios en El Niño en décadas recientes y en el futuro

La modulación de la amplitud de ENOS en escalas más largas de tiempo ha sido analizada en registros observacionales reconstruidos^{3,4,5,6,7,8,9,10} (Sección 5.4.1), en registros (*proxy*) paleoclimáticos^{11,12,13,14}, y también simulados por modelos acoplados de circulación general (modelos climáticos que incorporan en la forma más completa prácticamente posible la física del océano y la atmósfera)^{15,16}. Algunos estudios han sugerido que la modulación se debió a cambios en las condiciones climáticas medias en el Pacífico tropical^{8,17,18,13} observadas desde los años 80^{19,8,17,20}. Con tres eventos durante 2000-2010 cuya intensidad en la región Niño 4 (5°N-5°S, 160°E-150°W) fue mayor que en la Niño 3 (5°N-5°S, 150°W-90°W), dos eventos durante 1990-2000 y solo dos eventos hallados entre 1950-1990, el máximo calentamiento de la TSM durante El Niño ahora parece ocurrir más frecuentemente en el Pacífico central (Figura 14.13^{21,22,23}; Sección 9.5.3.4.1 y Sección de Material Suplementario 14.SM.2²⁴), con impactos globales distintos a los de eventos El Niño "estándar" donde el máximo calentamiento es sobre el Pacífico oriental^{25,21,22,26}. Durante el siglo pasado, también fue observada una tendencia de aumento en la amplitud de ENOS^{13,27}, posiblemente causada por un clima en calentamiento^{28,20}, aunque otras reconstrucciones en esta región de escasos datos disputan esta tendencia²⁹.

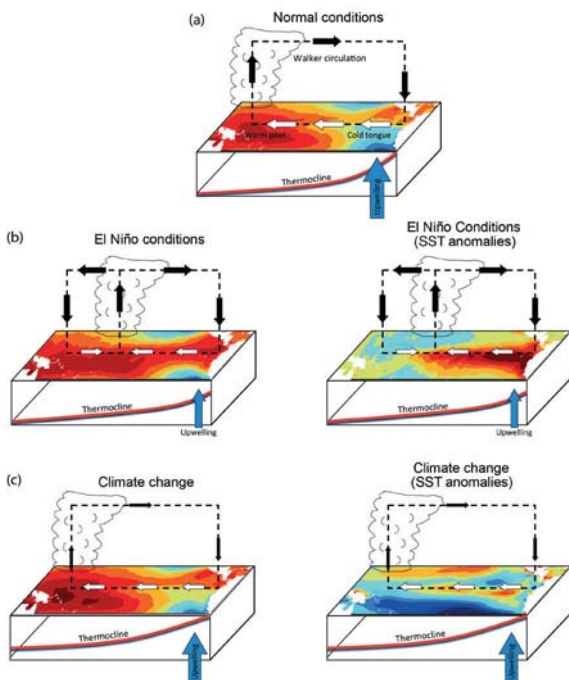


Figura 14.12 | Esquema idealizado mostrando condiciones atmosféricas y oceánicas del Pacífico tropical y sus interacciones durante condiciones normales, El Niño, y en un mundo más cálido. (a) Condiciones promedio en el Pacífico tropical, indicando temperatura superficial del mar (TSM), esfuerzo de viento superficial y circulación de Walker asociada, la posición media de la convección y el afloramiento promedio y posición de la termoclina. (b) Condiciones típicas durante un evento El Niño. La TSM es anormalmente cálida en el este; la convección se desplaza al Pacífico central; los vientos alisios se debilitan en el este y la circulación de Walker es perturbada. (c) Condiciones probables bajo cambio climático derivadas de observaciones, teoría y modelos acoplados de circulación general. Los vientos alisios se debilitan; la termoclina se aplana y su profundidad disminuye; el afloramiento se reduce aunque el gradiente de temperatura promedio aumenta; y la TSM (mostrada en anomalías con respecto al calentamiento medio tropical) aumenta más en el Ecuador que fuera de este. Los diagramas campos de TSM absoluta se muestran en la izquierda, con anomalías de TSM en la derecha. Para los campos de cambio climático, las anomalías se expresan con respecto al promedio del calentamiento de la cuenca, de manera que los colores azules indican un menor calentamiento relativo al promedio de la cuenca, no un enfriamiento (Collins et al., 2010).

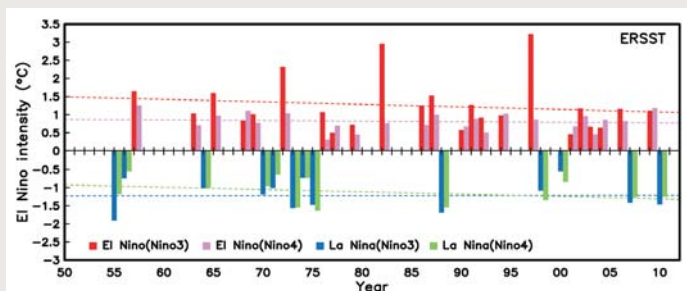


Figura 14.13 | Intensidades de eventos El Niño y La Niña en los últimos 60 años en el Pacífico ecuatorial oriental (región Niño 3) y central (región Niño 4), y tendencias lineales estimadas usando el producto Extended Reconstructed Sea Surface Temperature v3 (ERSSTv3).

Simulaciones largas con modelos acoplados de circulación general muestran que se puede generar modulaciones de ENOS a escalas decadales y centenales sin necesidad de cambio en los forzantes externos**16,38, con épocas multi-decadales de comportamiento anómalo de ENOS. Las modulaciones resultan de procesos no-lineales en el sistema climático tropical³¹, la interacción con el estado climático medio^{32,33,34,35}, o de cambios aleatorios en la actividad de ENOS generados por variabilidad atmosférica caótica^{36,37}. Hay poco consenso en si las modulaciones decadales de las propiedades de ENOS (amplitud y patrón espacial) durante las décadas recientes se deben a efectos antrópicos o variabilidad natural. Los registros instrumentales de TSM son disponibles a partir del 1850, pero buenas observaciones de las retroalimentaciones aire-mar que controlan el comportamiento de ENOS (incluyendo las fluctuaciones en temperatura y corrientes subsuperficiales e intercambios aire-mar de calor, *momentum* y agua) solo son disponibles después de finales de los años 70, haciendo las variaciones históricas en las retroalimentaciones de ENOS observadas^{38,39}.

Los modelos CMIP5*** muestran alguna mejora comparado con CMIP3, especialmente en la amplitud de ENOS (Sección 9.5.3.4.1). Modelos CMIP5 selectos que simulan bien los eventos El Niño fuertes muestran un gradual aumento en la intensidad de El Niño, especialmente en el Pacífico central⁴⁰. Los modelos CMIP3 sugieren un desplazamiento al oeste de la variabilidad de TSM en proyecciones futuras^{41,24}. Generalmente, sin embargo, los cambios futuros en la intensidad de El Niño en los modelos CMIP5 son dependientes de los modelos^{42,40,43} y no se distinguen significativamente de modulaciones naturales⁴⁴ (Figura 14.14). Debido a que el cambio en las condiciones tropicales promedio (especialmente el gradiente zonal) en un clima en calentamiento es dependiente de los modelos (Sección 14.4.1), los cambios en la intensidad de ENOS para el siglo XXI^{45,46} son inciertos (Figura 14.14). Cambios futuros en ENOS dependen de cambios en las retroalimentaciones océano-atmósfera que compiten entre sí^{47,48,49}, y del régimen dinámico en el que cada modelo se encuentre. Sin embargo, hay alta confianza en que ENOS continuará siendo el modo dominante de variabilidad climática natural en el siglo^{48,42,40,44}.

14.4.3 Teleconexiones

En un clima en calentamiento, el aumento en la humedad atmosférica intensifica la variabilidad temporal de la precipitación aún si la variabilidad en la circulación atmosférica se mantiene

igual⁵⁰ (Sección 12.4.5). Esto se aplica a la variabilidad de la precipitación asociada a ENOS pero la posibilidad de cambios en las teleconexiones de ENOS complica esta conclusión general, haciéndola algo dependiente de la región⁵¹.

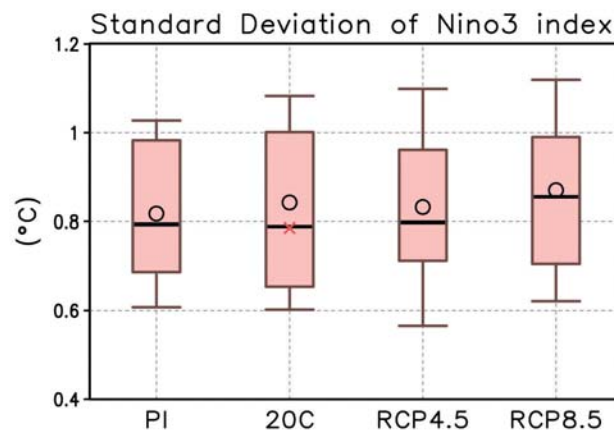


Figura 14.14 | Desviación estándar en conjuntos multi-modelos CMIP5 de la temperatura superficial del mar en el Pacífico ecuatorial oriental, una medida de la amplitud de El Niño, para las simulaciones control pre-industrial (PI) y del siglo XX (20C), y las proyecciones para el siglo XXI según los escenarios RCP4.5 y RCP8.5. 31 modelos son usados para el promedio. Los círculos abiertos indican promedios de los conjuntos multi-modelos, y la cruz roja es la desviación estándar para el periodo enero 1870-diciembre 2011 obtenido de HadISSTv1. La tendencia lineal y el ciclo estacional climatológico promedio fueron removidos. Los diagramas de cajas muestran los percentiles de 16, 25, 50, 75, y 84%.●

14.4 Resumen de la evaluación

ENOS presenta modulaciones interdecadales considerables en amplitud y patrón espacial dentro del registro instrumental. Modelos sin cambios en forzantes externos presentan modulaciones similares y hay poco consenso en si los cambios observados en ENOS se deben a forzantes externos o variabilidad natural (ver también Sección 10.3.3 para una discusión de la atribución).

Hay alta confianza en que ENOS continuará siendo el modo dominante de variabilidad interanual con influencias globales en el siglo XXI y, debido a cambios en la disponibilidad de humedad, la variabilidad de la lluvia en escalas regionales inducida por ENOS se intensificará. Hay confianza media en que los patrones de teleconexión inducidos por ENOS se desplazarán hacia el este sobre el Pacífico norte y América del Norte. Hay baja confianza en los cambios en la intensidad y patrón espacial de El Niño en un clima en calentamiento.

***Forzantes externos" incluyen tanto los producidos por el hombre (gases invernadero, aerosoles, cambio de uso de suelo) como los naturales (fluctuaciones solares, aerosoles volcánicos).

***CMIP (Coupled Model Intercomparison Project) es el proyecto que coordina los experimentos realizados con los modelos climáticos de centros internacionales de modelado como aporte a los reportes del IPCC. CMIP5 corresponde al 5to reporte (2013), CMIP3 al 4to reporte (2007).

●Christensen, J.H., K. Krishna Kumar, E. Aldrian, S.-I. An, I.F.A. Cavalcanti, M. de Castro, W. Dong, P. Goswami, A. Hall, J.K. Kanyanga, A. Kitoh, J. Kossin, N.-C. Lau, J. Renwick, D.B. Stephenson, S.-P. Xie and T. Zhou, 2013: Climate Phenomena and their Relevance for Future Regional Climate Change. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Referencias

1. Mechoso CR, Robertson AW, Barth N, Davey MK, Delecluse P, Gent PR, Ineson S, Kirtman BP, Latif M, Le Treut H, Nagai T, Neelin JD, Philander SGH, Polcher J, Schopf PS, Stockdale T, Suarez MJ, Terray L, Thual O, Tribbia JJ, 1995: The seasonal cycle over the tropical Pacific in coupled ocean-atmosphere general circulation models, *Monthly Weather Review* 123, 2825-2838.
2. Christensen et al., 2013: *Climate Phenomena and their Relevance for Future Regional Climate Change*, Capítulo 14 de *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
3. Gu, D. F., and S. G. H. Philander, 1995: Secular changes of annual and interannual variability in the tropics during the past century. *J. Clim.*, 8, 864-876.
4. Wang, B., 1995: Interdecadal changes in El-Niño onset in the last four decades. *J. Clim.*, 8, 267-285.
5. Mitchell, T. P., and J. M. Wallace, 1996: ENSO seasonality: 1950-78 versus 1979-92. *J. Clim.*, 9, 3149-3161.
6. Wang, B., and Y. Wang, 1996: Temporal structure of the Southern Oscillation as revealed by waveform and wavelet analysis. *J. Clim.*, 9, 1586-1598.
7. Power, S., T. Casey, C. Folland, A. Colman, and V. Mehta, 1999: Interdecadal modulation of the impact of ENSO on Australia. *Clim. Dyn.*, 15, 319-324.
8. An, S. I., and B. Wang, 2000: Interdecadal change of the structure of the ENSO mode and its impact on the ENSO frequency. *J. Clim.*, 13, 2044-2055.
9. Yeh, S. W., and B. P. Kirtman, 2005: Pacific decadal variability and decadal ENSO amplitude modulation. *Geophys. Res. Lett.*, 32, L05703.
10. Power, S. B., and I. N. Smith, 2007: Weakening of the Walker Circulation and apparent dominance of El Niño both reach record levels, but has ENSO really changed? *Geophys. Res. Lett.*, 34, L18702.
11. Cobb, K. M., C. D. Charles, H. Cheng, and R. L. Edwards, 2003: El Niño/Southern Oscillation and tropical Pacific climate during the last millennium. *Nature*, 424, 271-276.
12. Braganza, K., J. Gergis, S. Power, J. Risbey, and A. Fowler, 2009: A multiproxy index of the El Niño-Southern Oscillation, AD 1525-1982. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 114, D05106.
13. Li, J. B., et al., 2011c: Interdecadal modulation of El Niño amplitude during the past millennium. *Nature Clim. Change*, 1, 114-118.
14. Yan, H., L. G. Sun, Y. H. Wang, W. Huang, S. C. Qiu, and C. Y. Yang, 2011: A record of the Southern Oscillation Index for the past 2,000 years from precipitation proxies. *Nature Geosci.*, 4, 611-614.
15. Lau, K., et al., 2008: The Joint Aerosol-Monsoon Experiment—A new challenge for monsoon climate research. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, doi:10.1175/BAMS-89-3-369, 369-383.
16. Wittenberg, A. T., 2009: Are historical records sufficient to constrain ENSO simulations? *Geophys. Res. Lett.*, 36, L12702.
17. Fedorov, A. V., and S. G. Philander, 2000: Is El Niño changing? *Science*, 288, 1997-2002.
18. Wang, B., and S. I. An, 2001: Why the properties of El Niño changed during the late 1970s. *Geophys. Res. Lett.*, 28, 3709-3712.
19. An, S. I., and F. F. Jin, 2000: An Eigen analysis of the interdecadal changes in the structure and frequency of ENSO mode. *Geophys. Res. Lett.*, 27, 2573-2576.
20. Kim, B. M., and S. I. An, 2011: Understanding ENSO regime behavior upon an increase in the warm-pool temperature using a simple ENSO model. *J. Clim.*, 24, 1438-1450.
21. Ashok, K., S. K. Behera, S. A. Rao, H. Y. Weng, and T. Yamagata, 2007: El Niño Modoki and its possible teleconnection. *J. Geophys. Res. Oceans*, 112, C11007.
22. Kao, H. Y., and J. Y. Yu, 2009: Contrasting Eastern-Pacific and Central-Pacific types of ENSO. *J. Clim.*, 22, 615-632.
23. Kug, J.-S., F.-F. Jin, and S.-I. An, 2009: Two types of El Niño events: Cold tongue El Niño and warm pool El Niño. *J. Clim.*, 22, 1499-1515.
24. Yeh, S. W., J. S. Kug, B. Dewitte, M. H. Kwon, B. P. Kirtman, and F. F. Jin, 2009: El Niño in a changing climate. *Nature*, 461, 511-515.
25. Kumar, V., R. Deo, and V. Ramachandran, 2006a: Total rain accumulation and rain-rate analysis for small tropical Pacific islands: A case study of Suva, Fiji. *Atmos. Sci. Lett.*, 7, 53-58.
26. Hu, Z., A. Kumar, B. Jha, W. Wang, B. Huang, and B. Huang, 2012b: An analysis of warm pool and cold tongue El Niños: Air-sea coupling processes, global influences, and recent trends. *Clim. Dyn.*, 38, 2017-2035.
27. Vance, T. R., T. D. van Ommen, M. A. J. Curran, C. T. Plummer, and A. D. Moy, 2012: A millennial proxy record of ENSO and eastern Australian rainfall from the Law Dome ice core, East Antarctica. *J. Clim.*, 26, 710-725.
28. Zhang, Q., Y. Guan, and H. Yang, 2008: ENSO amplitude change in observation and coupled models. *Adv. Atmos. Sci.*, 25, 361-366.
29. Giese, B., and S. Ray, 2011: El Niño variability in simple ocean data assimilation (SODA), 1871-2008. *J. Geophys. Res. Oceans*, 116, 10.1029/2010JC006695.
30. Yeh, S.-W., B. P. Kirtman, J.-S. Kug, W. Park, and M. Latif, 2011: Natural variability of the central Pacific El Niño event on multi-centennial timescales. *Geophys. Res. Lett.*, 38, L02704.
31. Timmermann, A., F. F. Jin, and J. Abshagen, 2003: A nonlinear theory for El Niño bursting. *J. Atmos. Sci.*, 60, 152-165.
32. Ye, Z. Q., and W. W. Hsieh, 2008: Changes in ENSO and associated overturning circulations from enhanced greenhouse gases by the end of the twentieth century. *J. Clim.*, 21, 5745-5763.
33. Choi, J., S. I. An, B. Dewitte, and W. W. Hsieh, 2009: Interactive feedback between the Tropical Pacific Decadal Oscillation and ENSO in a Coupled General Circulation Model. *J. Clim.*, 22, 6597-6611.
34. Choi, J., S.-I. An, J.-S. Kug, and S.-W. Yeh, 2011: The role of mean state on changes in El Niño's flavor. *Clim. Dyn.*, 37, 1205-1215.
35. Choi, J., S. An, and S. Yeh, 2012: Decadal amplitude modulation of two types of ENSO and its relationship with the mean state. *Clim. Dyn.*, 38, 2631-2644.
36. Power, S., and R. Colman, 2006: Multi-year predictability in a coupled general circulation model. *Clim. Dyn.*, 26, 247-272.
37. Power, S., M. Haylock, R. Colman, and X. Wang, 2006: The predictability of interdecadal changes in ENSO activity and ENSO teleconnections. *J. Clim.*, 19, 4755-4771.
38. Chen, D., 2003: A comparison of wind products in the context of ENSO prediction. *Geophys. Res. Lett.*, 30, doi: 10.1029/2002GL016121.
39. Wittenberg, A., 2004: Extended wind stress analyses for ENSO. *J. Clim.*, 17, 2526-2540.
40. Kim, S. T., and J.-Y. Yu, 2012: The two types of ENSO in CMIP5 models. *Geophys. Res. Lett.*, doi:10.1029/2012GL052006.
41. Boer, G., 2009: Changes in interannual variability and decadal potential predictability under global warming. *J. Clim.*, 22, 3098-3109.
42. Guilyardi, E., H. Bellenger, M. Collins, S. Ferrett, W. Cai, and A. Wittenberg, 2012: A first look at ENSO in CMIP5. *CLIVAR Exchanges*, 58, 29-32.
43. Stevenson, S., B. Fox-Kemper, M. Jochum, R. Neale, C. Deser, and G. Meehl, 2012: Will there be a significant change to El Niño in the twenty-first century? *J. Clim.*, 25, 2129-2145.
44. Stevenson, S. L., 2012: Significant changes to ENSO strength and impacts in the twenty-first century: Results from CMIP5. *Geophys. Res. Lett.*, doi:10.1029/2012GL052759.
45. Solomon, A., and M. Newman, 2011: Decadal predictability of tropical Indo-Pacific Ocean temperature trends due to anthropogenic forcing in a coupled climate model. *Geophys. Res. Lett.*, 38, doi: 10.1029/2010GL045978.
46. Hu, Z., A. Kumar, B. Jha, and B. Huang, 2012a: An Analysis of Forced and internal variability in a warmer climate in CCSM3. *J. Clim.*, 25, 2356-2373.
47. Philip, S., and G. Van Oldenborgh, 2006: Shifts in ENSO coupling processes under global warming. *Geophys. Res. Lett.*, 33, doi: 10.1029/2006GL026196.
48. Collins, M., et al., 2010: The impact of global warming on the tropical Pacific ocean and El Niño. *Nature Geosci.*, 3, 391-397.
49. Vecchi, G., and A. Wittenberg, 2010: El Niño and our future climate: Where do we stand? *WIREs Clim Change*, 1, 260-270.
50. Trenberth, K.E., 2011: Changes in precipitation with climate change. *Climate Res.*, 47, 123-138.
51. Seager, R., N. Naik, and L. Vogel, 2012: Does Global Warming Cause Intensified Interannual Hydroclimate Variability? *J. Clim.*, 25, 3355-3372.

Flotadores Argo para el cálculo de la anomalía de la profundidad de la termoclina ecuatorial (aplicación operacional)

Jonathan Aparco, Kobi Mosquera y Ken Takahashi
Instituto Geofísico del Perú

Las ondas Kelvin ecuatoriales son las posibles precursoras de un evento El Niño, ya sea en el Pacífico ecuatorial o en la costa del Perú. Estas se desplazan lentamente de oeste a este con una velocidad aproximada de 9.4 km h⁻¹ (Mosquera et al., 2014), lo cual nos permite anticipar su llegada. Para su detección se necesitan dos tipos de observaciones oceanográficas: 1) el nivel del mar, y 2) la temperatura subsuperficial para determinar la profundidad de la termoclina¹ (típicamente identificada con la isoterma de 20°C).

La actual crisis de las boyas del proyecto TAO/TRITON en el Pacífico ecuatorial dificulta el monitoreo de la termoclina (Takahashi et al., 2014a, Takahashi et al., 2014b). Una alternativa para compensar esta falta de información son las boyas derivadoras del proyecto multinacional Argo² (Roemmich et al., 2009), iniciado en el año 1999 con proyectos regionales en el Océano Índico para luego extenderse al océano global en el año 2004 en donde alcanzó, en el año 2007, los 3000 instrumentos funcionando simultáneamente. Las boyas Argo son flotadores autónomos, no están fijos en un punto sino que flotan libremente a una profundidad de 1000m, y cada diez días realizan perfiles de temperatura, salinidad y circulación entre la superficie y más de 1500m de profundidad, los cuales son transmitidos en tiempo real y puestos a disposición libre por internet. Esta información es utilizada no solo para la investigación sino también para aplicaciones operativas como el monitoreo, la asimilación de datos y la inicialización de modelos numéricos para el pronóstico.

En el presente artículo se describe la metodología empleada en el Instituto Geofísico del Perú (IGP) para la generación de productos en tiempo real que muestran las variaciones en el tiempo y el espacio de la anomalía de la profundidad de la termoclina ecuatorial en base a los perfiles de temperatura de los flotadores Argo. Esto complementa los datos de nivel del

mar satelital (Mosquera et al., 2014) para el monitoreo de las ondas Kelvin ecuatoriales.

Los datos Argo en tiempo real se pueden acceder libremente a través del proyecto CORIOLIS (<ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/argo>) y del *Global Ocean Data Assimilation Experiment* (GODAE: <ftp://usgodae.org/pub/outgoing/argo>). Es importante indicar que estas bases de datos son redundantes y sirven de respaldo mutuo. El IGP recoge esta información diariamente.

Para crear un diagrama longitud *versus* tiempo (Hovmöller) de anomalías de la isoterma de 20°C, se utiliza la siguiente metodología:

1. Se seleccionan los perfiles de temperatura entre la latitud 2°S y 2°N del Océano Pacífico y se calcula la profundidad de la isoterma de 20°C de cada uno.
2. A la profundidad de la isoterma de 20°C de cada perfil se le resta la climatología (1980-2009) obtenida de los datos del *reanalysis* de GODAS (*Global Ocean Data Assimilation System*, Behringer y Xue, 2004), la cual es interpolada bilinealmente en el espacio y mediante series de armónicos en el tiempo para cada perfil (ver Figura 1).



Figura 1. Serie de tiempo del número de perfiles por mes, desde 1999 (inicio del proyecto ARGO) hasta el 2014. Durante el mes de febrero de 2014 el proyecto Argo colocó más boyas sobre el Pacífico ecuatorial (Figura 2a), esto explica la gran cantidad de perfiles para el 2014 (de enero a mayo).

¹Capa oceánica que separa, en forma relativamente abrupta, el agua fría profunda y el agua más cálida cercana a la superficie.

²<http://www.argo.ucsd.edu/>.

Flotadores Argo para el cálculo de la anomalía de la profundidad de la termoclina ecuatorial (aplicación operacional)

Aparco J., Mosquera K. y Takahashi K.

3. La anomalía calculada en el paso anterior se coloca en una malla (longitud *versus* tiempo) con una resolución de un grado en la longitud y un día en el eje temporal mediante la técnica del “vecino cercano”. Para mejorar la visualización de los resultados, se copia el valor de cada grilla a sus ocho vecinos en tiempo y longitud. Los resultados se ven en la Figura 2a.

4. Luego se aplica una media corrida de 11 días, lo que permite completar la información faltante entre el periodo de diez días (ver Figura 2b).

5. Finalmente, se aplica un filtro espacio-temporal con una matriz de convolución a_{ij} ($i=j=1, 2$ y 3) donde: $a_{1,1}=a_{3,1}=a_{1,3}=a_{3,3}=0.3$; $a_{1,2}=a_{2,1}=a_{2,3}=a_{3,2}=0.5$; y $a_{2,2}=1$. Este filtro se aplica dos veces para eliminar el ruido de pequeña escala en el tiempo y el espacio (ver Figura 2c).

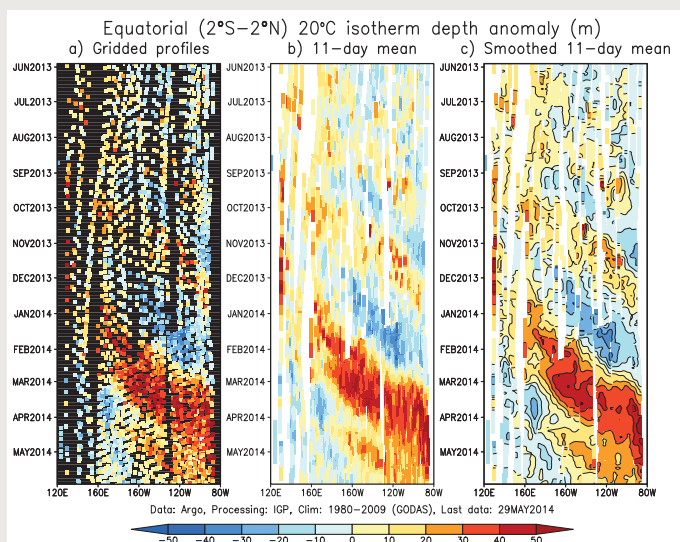


Figura 2. Diagramas longitud– tiempo de la anomalía de la profundidad de la termoclina obtenida de la diferencia entre la información de los flotadores ARGO y la climatología de reanalysis de GODAS. Cada panel representa información: (a) grillada, (b) con un promedio cada once días y (c) con un filtro espacio-tiempo. Las franjas de colores cálidos con inclinación hacia abajo y derecha corresponden a ondas Kelvin cálidas.

Otra manera de visualizar la información de Argo es por medio de series de tiempo, las cuales fueron calculadas promediando la información de la Figura 2a en diferentes rangos de longitud y con una media móvil de cinco días (Figura 3). Esto nos da otra manera de ver las variaciones de la profundidad de la termoclina en seis secciones del Pacífico ecuatorial.

Las Figuras 2 y 3 son dos productos derivados de los flotadores Argo que son actualizados regularmente en la página web del IGP y, en el otoño del año 2014, han sido de mucha utilidad para el monitoreo de tres ondas Kelvin cálidas. Estas figuras permiten el diagnóstico de las ondas Kelvin y, conociendo su velocidad, hacer un pronóstico de

su arribo a la costa (Mosquera et al., 2014). Asimismo, este procedimiento nos permite tener una base de datos que será de utilidad para investigaciones futuras. Queda pendiente la generación de un producto longitud *versus* profundidad que permitirá ver el impacto de la onda Kelvin en toda la columna de agua.

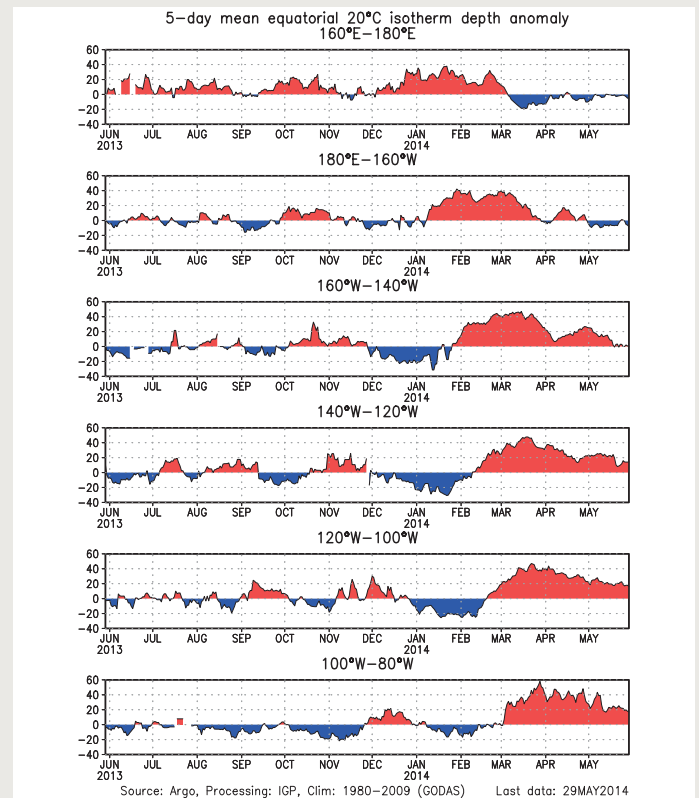


Figura 3. Series de tiempo de la anomalía de la profundidad (m) de la termoclina ecuatorial ($2^{\circ}\text{S}-2^{\circ}\text{N}$) promediada sobre seis sectores del Pacífico ecuatorial de 20 grados de longitud y con una media móvil de cinco días. La serie superior (inferior) pertenece al extremo oeste (este).

Referencias

Behringer, D. W., and Y. Xue, 2004: Evaluation of the global ocean data assimilation system at NCEP: The Pacific Ocean, Eighth Symposium on Integrated Observing and Assimilation Systems for Atmosphere, Oceans, and Land Surface, AMS 84th Annual Meeting, Washington State Convention and Trade Center, Seattle, Washington, 11-15.

Mosquera, K., D. Pareja y K. Takahashi, 2014: Altimetría Satelital para el monitoreo de la onda Kelvin ecuatorial en el Océano Pacífico, Boletín Técnico “Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño”, Vol. 1, Nº 4, Abril, Instituto Geofísico del Perú.

Roemmich, D., G.C. Johnson, S. Riser, R. Davis, J. Gilson, W.B. Owens, S.L. Garzoli, C. Schmidt, and M. Ignaszewski, 2009: The Argo Program: Observing the global ocean with profiling floats, *Oceanography* 22(2):34–43, doi:10.5670/oceanog.2009.36.

Takahashi, K., R. Martínez, A. Montecinos, B. Dewitte, D. Gutiérrez, and E. Rodríguez-Rubio, 2014a: Regional applications of observations in the eastern Pacific: Western South America, TPOS 2020 Whitepaper 8a.

Takahashi, K., K. Mosquera, D. Pareja, J. Reupo y J. Aparco, 2014b: Monitoreo del Pacífico Ecuatorial, Boletín Técnico “Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño”, Vol. 1, Nº 3, Marzo, Instituto Geofísico del Perú.

Especialista del IGP realiza estadía de investigación en Francia

Del 15 de mayo al 20 de junio el Dr. Ken Takahashi, responsable del área de Investigación en Variabilidad y Cambio Climático del Instituto Geofísico del Perú (IGP), estará realizando una estadía de investigación en el *Laboratoire d'études en géophysique et océanographie spatiales* (LEGOS), Toulouse, Francia, por invitación de dicho laboratorio. Dicha estadía se está desarrollando con la finalidad de coordinar e implementar actividades de estudio con el Dr. Boris Dewitte, especialista del *Institut de Recherche pour la Développement* (IRD), y otros investigadores del laboratorio, sobre el modelado acoplado océano-atmósfera y la física de El Niño, así como discutir colaboraciones futuras en proyectos de investigación entre el IGP y LEGOS.



El *Laboratoire d'études en géophysique et océanographie spatiales* (LEGOS) es una organización de investigación multidisciplinaria que se dedica a las ciencias del medio ambiente.

El instituto LEGOS¹ es un importante Laboratorio Mixto que involucra a profesionales provenientes de cuatro organizaciones: *Centre National d'Etudes Spatiales* (CNES), *National Research Organisations* (CNRS, *Département des Sciences de l'Univers*), *Institut de Recherche pour la Développement* (IRD) y *University*

Paul Sabatier (UPS). Dicha organización de investigación multidisciplinaria se dedica a las ciencias del medio ambiente enfocándose, especialmente, en oceanografía física, geoquímica y biogeoquímica marina, hidrología espacial y las dinámicas de los glaciares polares.

Es importante resaltar que las investigaciones de los Dres. Takahashi y Dewitte se enmarcan en el programa IGP-IRD "Acoplamiento océano-atmósfera a escala regional en el Pacífico sureste y su relación con la variabilidad ecuatorial", el cual tiene como objetivo documentar y estudiar los procesos de interacción entre el océano y la atmósfera en el litoral peruano y su relación con la variabilidad ecuatorial a partir de la implementación y experimentación con modelos océano-atmósfera y observaciones (satélites e *in situ*). Esta temática fue propuesta a partir de abril del 2007 con la finalidad de proporcionar las bases necesarias en la física para el desarrollo posterior de proyectos de investigación sobre el estudio de la dinámica océano-atmósfera en el Pacífico suroriental². Además se cuenta con el apoyo del Laboratorio Mixto Internacional "Dinámica del sistema de la Corriente de Humboldt" (LMI DISCOH) que involucra a varias instituciones peruanas y francesas.



Los Dres. Takahashi y Dewitte se reunieron para coordinar actividades de estudio y futuras colaboraciones.

¹http://www.legos.obs-mip.fr/Presentation/presentation-generale?set_language=en&cl=en.

²<http://www.peru.ird.fr/la-investigacion/programas-de-investigacion/acoplamiento-océano-atmosfera>.

Resumen del Informe Técnico

PPR/El Niño - IGP/ 2014 - 05

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 abril de 2014. Según el valor preliminar del ICEN para mayo y los pronósticos de los modelos climáticos, podríamos estar en la presencia de un evento El Niño en la costa peruana iniciado en mayo y cuya magnitud podría ser entre débil y moderada.

Los modelos oceánicos lineales y la proyección en el tiempo de la anomalía del nivel del mar de JASON-2 indican el arribo de una onda Kelvin cálida de menor magnitud que la anterior para la primera quincena del mes de junio.

Índice Costero El Niño

Utilizando los datos de temperatura superficial del mar promediados sobre la región Niño 1+2, actualizados hasta mayo 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 abril de 2014. Los valores recientes hasta esa fecha son:

Año	Mes	ICEN	Condiciones costeras del mes
2013	Diciembre	-0.30	Neutro
2014	Enero	-0.49	Neutro
2014	Febrero	-0.54	Neutro
2014	Marzo	-0.64	Neutro
2014	Abril	-0.15	Neutro

Tabla1. Valores recientes del ICEN.
(Descarga: <http://www.met.igp.gob.pe/datos/icen.txt>)

Según los valores del ICEN, **se confirma que las condiciones climáticas hasta abril 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 tres 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

Se cuenta ya con datos observacionales alternativos para el monitoreo de las ondas ecuatoriales adicionales a los datos de TAO. En particular, se han producido diagramas longitud-tiempo (Hovmöller) de las anomalías de la profundidad de la isoterma de 20°C (Argo, Fig. 1b), del nivel del mar (JASON-2, Fig. 1c), y esfuerzo de viento zonal. Tanto los datos de Argo como de JASON-2 muestran la propagación de la nueva onda Kelvin cálida hacia nuestra costa, la cual se puede apreciar en TAO (Fig. 1a). Los datos GODAS, basados en un modelo numérico con asimilación de datos, no distinguen esta onda (Fig. 1d). Si bien no es clara la fuente del error, se recomienda en lo posible limitar el uso de datos del modelo GODAS para el monitoreo de lo pasado. El análisis de correlaciones en nivel del mar de JASON-2 indica una velocidad de propagación de las ondas Kelvin de 2.6 m/s (Mosquera et al., 2014), lo cual permite inferir que esta nueva onda llegaría a inicios de junio. Los datos de esfuerzo de viento zonal no indican actividad sustancial durante el mes de mayo, aunque las anomalías (débiles) son del oeste en el Pacífico occidental y del este en el oriental.

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 obtenidas del NCEP-CDAS hasta el 27 de mayo de 2014. Este modelo es luego corrido en modo de pronóstico con las anomalías de viento i) igualadas a cero (LOM1a y LOM2a), y ii) iguales al promedio de los últimos 30 días (LOM1b y LOM2b).

Los modelos lineales indican que la **segunda onda Kelvin cálida ya alcanzó el continente americano**. Además, se observa que **una nueva onda Kelvin cálida de menor magnitud se habría formado en el Pacífico central y estaría arribando a la costa americana a inicios de junio** del año en curso, tal como se indicó en el informe anterior.

Resumen del Informe Técnico

PPR/El Niño - IGP/ 2014 - 05

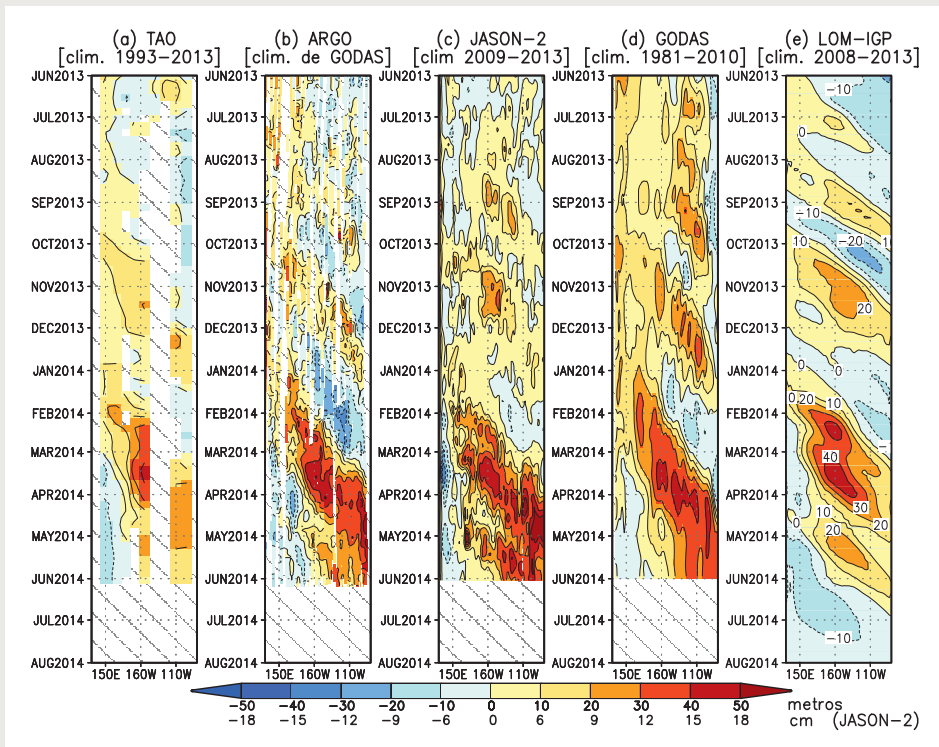


Figura 1. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de la profundidad de a,b,d,e) la isoterma de 20°C (en metros) y c) el nivel del mar (en centímetros) a lo largo de la línea ecuatorial. Los datos pertenecen a: a) las boyas TAO/TRITON, b) los derivadores Argo, c) el altímetro satelital JASON-2, d) el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

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para los **próximos tres meses**, los pronósticos de la ATSM en el **Pacífico oriental** (Niño 1+2, ICEN), por los ocho modelos numéricos de las agencias internacionales analizados con condiciones iniciales de mayo de 2014, continúan indicando condiciones entre **cálidas débiles y moderadas**. Los modelos pronostican condiciones **El Niño entre débiles (cinco de ocho modelos) y moderadas (tres de ocho) en la costa este invierno**. Según el ICEN preliminar, **este evento ya habría iniciado en mayo**. Los modelos proyectan un máximo calentamiento entre junio y julio y con una duración de al menos hasta agosto, pero cinco de siete modelos extienden el evento hasta, al menos, noviembre (los datos no se extienden más).

Para los **próximos tres meses**, los pronósticos de la ATSM en el **Pacífico central** (Niño 3.4) por los modelos numéricos de las agencias internacionales, indican una tendencia hacia condiciones alrededor de **cálida débil**, desde **neutra a cálida moderada**.

Para **finales de año** (noviembre 2014, ya que no se cuenta con datos posteriores), los escenarios en el **Pacífico oriental** (Niño 1+2, ICEN) de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones entre **neutras y cálidas débiles**. Tres de ocho modelos (CFS2, GFDL a06 y b01) indican un repunte hacia noviembre pero sin exceder condiciones débiles. Los otros cinco modelos

muestran un tendencia negativa hacia condiciones neutras (ECMWF solo tiene datos hasta octubre). Por la estacionalidad, estos pronósticos serán más confiables conforme dejemos la estación de primavera.

Para **finales de año**, los escenarios en el **Pacífico central** de los modelos de las agencias internacionales indican **condiciones cálidas entre débil y fuerte**. Por la estacionalidad, estos pronósticos serán más confiables conforme dejemos la estación de primavera.

Modelo	Pronóstico	Inicio	Máxima anomalía	Final
CFS2	EN débil	Mayo 2014	Junio 2014	Al menos noviembre 2014
CMC1	EN débil	Mayo 2014	Junio-julio 2014	Al menos noviembre 2014
CMC2	EN débil	Mayo 2014	Julio 2014	Al menos noviembre 2014
GFDL	EN débil	Mayo 2014	Julio 2014	Agosto 2014
NASA	EN débil	Mayo 2014	Julio 20 14	Al menos noviembre 2014
GFDL_a	EN débil	Mayo 2014	Junio-julio 2014	Agosto 2014
GFDL_b	EN débil	Mayo 2014	Junio-julio 2014	Al menos noviembre 2014
NMME (prom)	EN débil	Mayo 2014	Junio-julio 2014	Al menos noviembre 2014
ECMWF	EN débil	-	Julio 2014	-

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

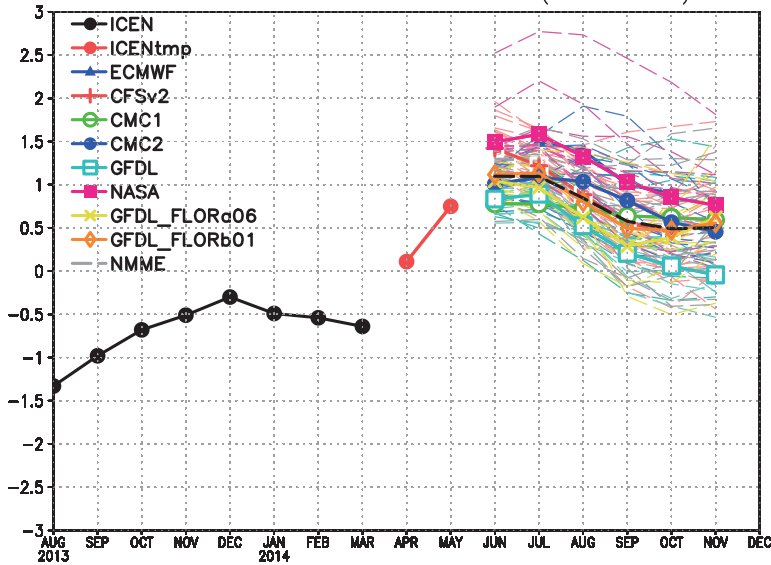
Conclusiones

1. El ICEN para el mes de marzo (-0.64) corresponde al rango **neutral**, pero el ICEN preliminar para mayo (0.75) corresponde a una condición cálida débil.

Resumen del Informe Técnico

PPR/El Niño - IGP/ 2014 - 05

Pronóstico con modelos del ICEN (CI=201405)



Preparation: IGP(Peru); Data sources: NOAA ERSST v3b for ICEN, NMME project (NOAA, DoE, NASA ans NSF), ECMWF (visually estimated from public maps)

Figura 2. 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 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_FLORa06 y GFDL_FLORb01 tienen como condición inicial el mes de abril de 2014. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de mayo de 2014 (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF).

2. Para los **próximos tres meses**, los pronósticos de la ATSM en el Pacífico oriental (Niño 1+2, ICEN) analizados con condiciones iniciales de mayo continúan indicando condiciones entre **cálidas débiles y moderadas**. Los modelos pronostican condiciones **El Niño entre débil (cinco de ocho modelos) y moderado (tres de ocho) en la costa este invierno**. Según el ICEN preliminar, **este evento ya habría iniciado en mayo**. Los modelos proyectan un máximo calentamiento entre junio y julio y con una duración de al menos hasta agosto, pero la mayoría de modelos (cinco de siete) extienden el evento hacia el final del año.

3. Para los **próximos tres meses**, los pronósticos de la ATSM en el **Pacífico central** (Niño 3.4) por los modelos numéricos de las agencias internacionales indican una tendencia hacia condiciones entre **neutras y cálidas moderadas**.

4. Para **finales del año**, los escenarios en el **Pacífico oriental** (Niño 1+2, ICEN) de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones entre **neutras y cálidas débiles**. Por la estacionalidad, estos pronósticos serán más confiables conforme dejemos la estación de primavera.

5. Para **finales del año**, los escenarios en el **Pacífico central** de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones **cálidas entre débil y fuerte**. Por la estacionalidad, estos pronósticos serán más confiables conforme dejemos la estación de primavera.

6. Los modelos lineales, así como las proyecciones de la anomalía del nivel del mar de JASON-2 y de la anomalía de la profundidad de la termoclina calculada por medio de los flotadores ARGO, indican que la **segunda onda Kelvin cálida ya alcanzó el continente americano**.

Además, se observa que **una nueva onda Kelvin cálida de menor magnitud** se habría formado en el Pacífico central y estaría **arribando a la costa americana a inicios de junio** del año en curso.

7. Asimismo se observa que la actividad positiva de los vientos zonales en el Pacífico oeste ha cesado en los últimos días e incluso existe una anomalía negativa que puede haberse proyectado en una onda Kelvin de afloramiento.

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 Perú, *Nota Técnica ENFEN*.

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

Mosquera, K., 2014: Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico, *Boletín técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño"*, Vol. 1, No1, Enero, 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 et Doctores, Revista de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 5, 9, p. 55.

Mosquera, K., D. Pareja y K. Takahashi, 2014: Altimetría satelital para el monitoreo de la onda Kelvin ecuatorial en el Océano Pacífico, *Boletín técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño"*, Vol. 1, No. 4, Abril, 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.

Comunicado Oficial ENFEN

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



COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 07 - 2014 NO SE ESPERA UN EVENTO EL NIÑO EXTRAORDINARIO EN LA COSTA PERUANA EN LOS PRÓXIMOS MESES

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 en la primera quincena de mayo, observándose el incremento de las temperaturas del mar y del aire a lo largo de la costa peruana, mientras que el nivel medio del mar (NMM) mostró, a partir de la segunda semana, una disminución importante de sus anomalías.

Se mantiene la previsión de un evento El Niño costero¹ a mediados del año 2014, con magnitud entre débil y moderado. Hacia fin de año no se espera el desarrollo de un evento El Niño extraordinario en la costa peruana.

Durante la primera quincena de mayo, en el océano Pacífico ecuatorial oriental, los vientos en superficie presentaron anomalías del oeste favoreciendo la aproximación de aguas cálidas a la costa peruana.

La onda Kelvin en el Pacífico ecuatorial central que se formó a finales del mes de abril, continúa su avance hacia las costas de Sudamérica.

El Anticiclón del Pacífico Sur² (APS), en la primera quincena de mayo, se ubicó ligeramente al oeste de su posición normal con una ligera anomalía positiva de +2hPa, así mismo a lo largo de la zona costera, las presiones y los vientos estuvieron alrededor de su patrón normal.

El Índice Costero El Niño³ (ICEN) se encuentra dentro del rango neutral, manteniendo la tendencia hacia valores positivos.

En el litoral peruano, durante la primera quincena de mayo, las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) se incrementaron hasta alcanzar anomalías positivas entre 1° y 3°C a lo largo de la costa del Perú, mientras que las temperaturas del aire (TA) presentaron incrementos de hasta 3°C. Con respecto al NMM se observó una disminución de sus anomalías durante la segunda semana hasta alcanzar valores entre +1 y +15 cm.

Por otro lado, debajo de la superficie del mar en la región norte-centro de la costa peruana, se mantiene la profundización de las isotermas menores a 15°C.

Se registró anchoveta en la región centro y sur del Perú dentro de las 20 mn y entre 15 y 40 m de profundidad. Continuó la presencia de merluza en la costa central del Perú, además se registraron especies oceánicas como agujilla entre Pisco y San Juan.

Los ríos de la costa, en la zona norte, incrementaron sus caudales, debido a la presencia de lluvias intensas y esporádicas. Los principales reservorios en la costa norte y sur registraron 71% y 59% de la capacidad de almacenamiento, respectivamente.

PERSPECTIVAS

Debido a la presencia de las ondas Kelvin cálidas, se espera que durante el mes de mayo, las anomalías de la TSM, TA y el NMM continúen con valores por encima de su normal, principalmente en la costa norte y central del Perú.

Se mantiene la previsión que la onda Kelvin cálida generada a fines de abril, arribe a la costa peruana en el mes de junio, manteniendo la TSM, TA y NMM por encima de sus valores normales. Dada la estacionalidad, no se esperarían lluvias.

Para los próximos dos meses, los modelos numéricos de las agencias internacionales siguen pronosticando condiciones de cálidas débiles a cálidas moderadas para las regiones Niño⁴ 1+2 y Niño 3.4. Asimismo, para fines de año, los modelos numéricos pronostican para la región Niño 1+2, condiciones entre débiles y moderadas, mientras que para la región Niño 3.4 se prevé condiciones entre débiles y fuertes.

Según el análisis de las condiciones actuales y los pronósticos de los modelos numéricos durante el presente año, no se espera el desarrollo de un evento El Niño extraordinario para la región Niño 1+2.

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

Callao, 20 de mayo de 2014

¹El Niño Costero: Se denomina "Evento La Niña en la región costera de Perú" (o expresión similar) al periodo en el cual el ICEN indique "condiciones frías" durante al menos tres (3) meses consecutivos. La magnitud de este evento es la mayor alcanzada o excedida por las condiciones de al menos tres (3) meses durante el evento. Se denomina "Evento El Niño en la región costera de Perú" (o expresión similar) al periodo en el cual el ICEN indique "condiciones cálidas" durante al menos tres (3) meses consecutivos. La magnitud de este evento es la mayor alcanzada o excedida en al menos tres (3) meses durante el evento.

²APS: Anticiclón del Pacífico Sur. Sistema de alta presión, ubicado sobre el Pacífico Sur, que gira en sentido contrario a las agujas del reloj.

³ICEN: 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. Consiste en la media corrida de tres meses de las anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (TSM) en la región Niño 1+2.

⁴Regiones 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).



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



COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 08 - 2014 CONDICIONES CÁLIDAS DÉBILES A MODERADAS DURANTE EL INVIERNO FRENTE AL LITORAL

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 en el mes de mayo, observándose la persistencia de las anomalías positivas de la temperatura del mar y del aire a lo largo de la costa peruana, mientras que el nivel medio del mar (NMM) presentó, a partir de la segunda semana, una disminución de sus anomalías positivas.

Continúa el desarrollo de un Niño Costero que se espera sea de débil a moderado.

Asimismo, se mantiene la previsión que a fines de año no se desarrolle un evento El Niño extraordinario en la costa peruana, no obstante la propagación de algunas noticias alarmantes.

Durante el mes de mayo, las anomalías de vientos del oeste en el Pacífico occidental disminuyeron respecto al mes anterior, no habiéndose generado nuevas ondas Kelvin cálidas en ese sector.

La onda Kelvin en el Pacífico ecuatorial central que se formó a finales del mes de abril, continúa su avance hacia las costas de Sudamérica.

Los vientos frente a la costa peruana se incrementaron en mayo, ocasionando afloramientos principalmente en la costa sur del Perú debido al reforzamiento del sistema anticiclónico del Pacífico sur que presentó una anomalía de +3 hPa.

En el litoral peruano, durante el mes de mayo, la temperatura superficial del mar (TSM) mantuvo anomalías positivas entre 1° y 3°C, las temperaturas máximas y mínimas del aire (TA) presentaron incrementos de 3° y 3.9°C, respectivamente. Con respecto al NMM, se observó una disminución de sus anomalías durante la segunda semana alcanzando valores entre +1 y +15 cm.

Durante la primera quincena de mayo, las agregaciones de anchoveta presentaron una mayor profundización debido a la permanencia de aguas cálidas. Especies indicadoras de aguas ecuatoriales superficiales (AES) como la merluza y, de aguas subtropicales superficiales (ASS) como la agujilla y el jurel fino, se mantienen frente a la costa central.

Los ríos de la costa norte, incrementaron sus caudales, debido a la presencia de lluvias esporádicas, incrementando ligeramente los volúmenes de agua en los reservorios.

PERSPECTIVAS

El Índice Costero El Niño¹ (ICEN temporal del mes de mayo) indica condiciones cálidas débiles, manteniendo la tendencia positiva y esperando su máximo entre junio y julio.

Se mantiene la previsión que la tercera onda Kelvin cálida generada a fines de abril, arribe a la costa peruana en el mes de junio, manteniendo la TSM, la TA y el NMM por encima de

sus valores normales. Dada la estacionalidad, no se esperarían lluvias en la costa.

Para los próximos dos meses, los modelos numéricos de las agencias internacionales pronostican condiciones de neutrales a cálidas débiles para la región Niño² 1+2 y, de neutrales a cálidas moderadas para la región Niño 3.4. Para fin de año, estos modelos pronostican para la región Niño 1+2, condiciones entre neutrales y cálidas moderadas, mientras que para la región Niño 3.4, condiciones entre cálidas débiles y cálidas fuertes. Por la estacionalidad, estos pronósticos serán más confiables conforme nos alejemos de la estación de otoño.

Ante la diversidad de opiniones que refieren de la ocurrencia de un evento El Niño Extraordinario para fin de año, el Comité Multisectorial ENFEN, de acuerdo con el análisis de las condiciones actuales y los pronósticos de los modelos numéricos, ratifica que no se esperaría el desarrollo de un evento El Niño de esa magnitud para la región Niño 1+2.

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

Callao, 04 de junio de 2014

¹ICEN: 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. Consiste en la media corrida de tres meses de las anomalías mensuales de la TSM en la región Niño 1+2. El ICEN temporal (ICENtmp) se calculará igual que el ICEN pero reemplazando los datos mensuales faltantes con datos observados semanales y pronósticos mensuales consensuados. Este índice tendrá carácter transitorio y su valor será reemplazado por el ICEN correspondiente cuando se tengan disponibles los datos necesarios.

²Regiones 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

En el marco del:

