PERÚ Ministerio del Ambiente | Instituto Geofísico del Perú - IGP

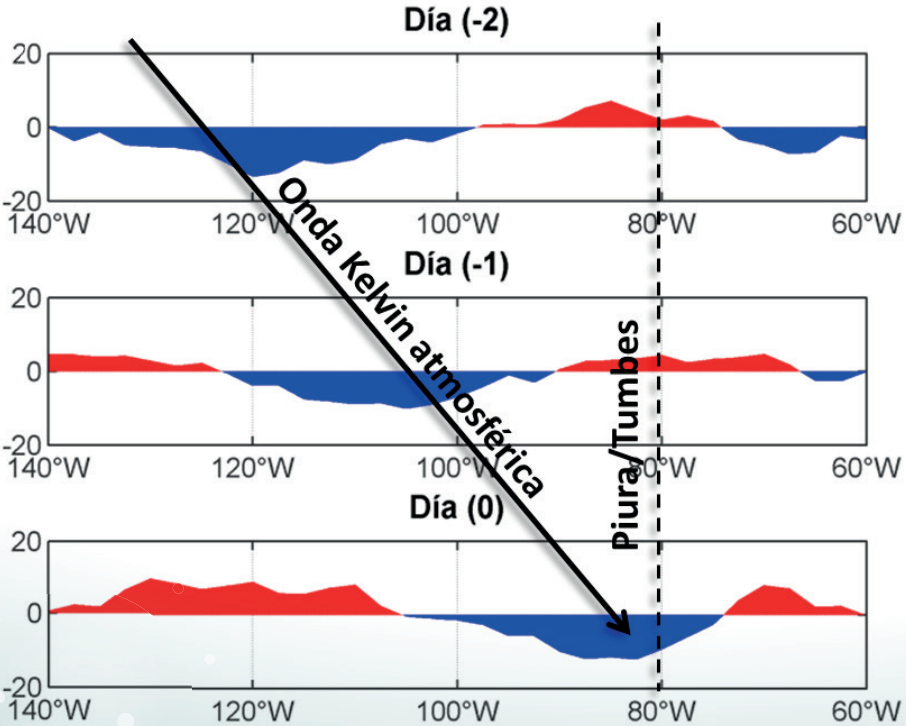
Programa Presupuestal por Resultados Nº 068: "Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres" Producto: "Entidades informadas en forma permanente y con pronósticos frente al Fenómeno El Niño"

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

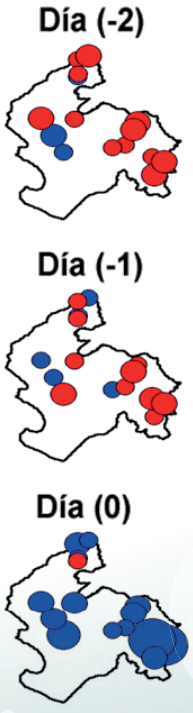
Boletín Técnico

Ondas Kelvin atmosféricas y lluvia en la costa norte durante El Niño 1997 - 98

Nubosidad alta (azul) a lo largo de la línea ecuatorial



Anomalías de lluvia en Piura y Tumbes (azul positivo)



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

Edición: Cristiana Leucci
Diseño y Diagramación: Dante Guerra

Carátula: León, 2014.

Instituto Geofísico del Perú
Calle Badajoz 169 Mayorazgo
IV Etapa - Ate
Teléfono (511) 3402200

Impreso por:
Lettera Gráfica SAC.
Av. La Arboleda 431 - Ate
Teléfono (511) 7150315

Lima, Mayo del 2015

Hecho el Depósito Legal en la
Biblioteca Nacional del Perú N° 2015-06796

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 oceáno-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 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

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

ENFEN

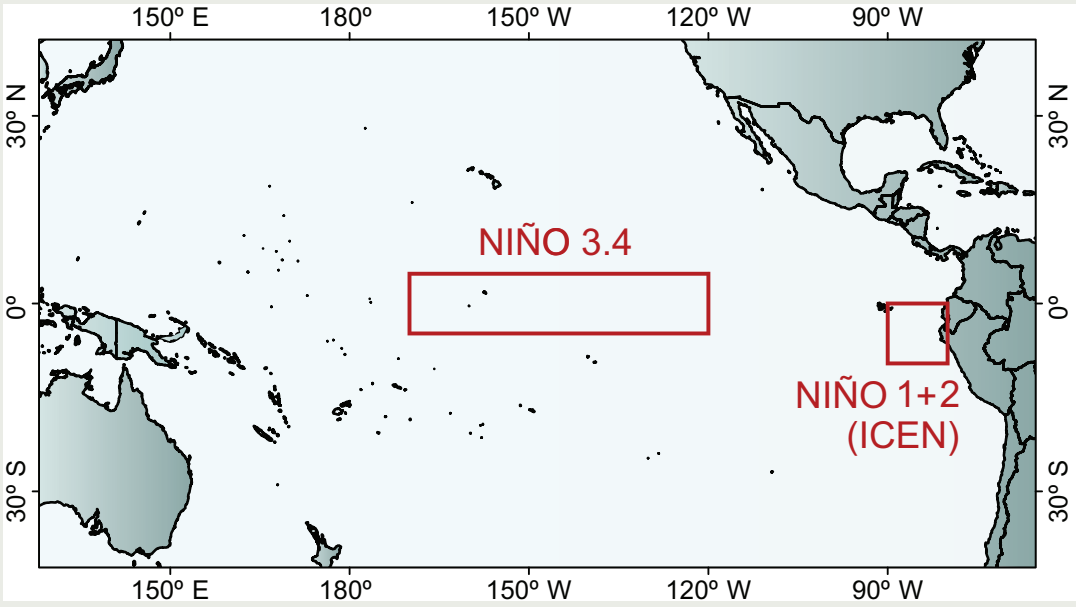
El Comité Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), conformado por representantes de IMARPE, DHN, IGP, SENAMHI, ANA e Indeci, es el ente que genera la información oficial de monitoreo y pronóstico del Fenómeno El Niño y otros asociados.

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

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

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

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



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

Artículo de Divulgación Científica

Patrones diarios de precipitación y su relación con la circulación atmosférica durante eventos extremos El Niño en la costa norte peruana

Ing. Karen León
Asistente de Investigación
Instituto Geofísico del Perú

Ingeniera Agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), con cursos de especialización en variabilidad hidroclimática, sistemas de información geográfica (SIG), y modelación hidrológica e hidráulica. Actualmente trabaja en el Instituto Geofísico del Perú, donde se desempeña como asistente de investigación. Recientemente sus estudios están enfocados en el análisis de aspectos climáticos en la costa norte peruana, como el desarrollo de climatologías y evaluación de eventos extremos meteorológicos.

Introducción

El Niño puede provocar eventos climáticos extremos en todo el mundo, como las inundaciones y las sequías. En la costa norte peruana, dependiendo de su magnitud, genera intensas lluvias e inundaciones, tal como ocurrió durante los años 1982-83 y 1997-98 donde se produjeron fuertes impactos socioeconómicos. Estos eventos han sido catalogados como de magnitud extraordinaria por el comité del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN).

El entendimiento de los procesos físicos, la frecuencia e intensidad de eventos El Niño en un sistema climático cambiante, ha pasado de ser un tema estrictamente científico a un tema del ámbito político, económico y social. A su vez, a raíz de los eventos que produjeron los mayores impactos a nivel mundial, se ha estudiado el rol de las diversas variables climáticas asociadas a este fenómeno. Sin embargo, a pesar de que numerosos estudios han involucrado aspectos a escala global de El Niño, comparativamente, pocos estudios se han enfocado en los aspectos regionales o locales a lo largo de la costa noroeste de Sudamérica (Takahashi, 2004; Douglas et al., 2009).

En el presente artículo se busca comprender las condiciones meteorológicas que favorecen los eventos de precipitaciones intensas dentro de un evento El Niño. Para ello se sintetiza el estudio de León (2014), en el cual se realizó un análisis de la variabilidad espacio-temporal de las precipitaciones diarias en las regiones de Tumbes y Piura durante los eventos El Niño extraordinario de 1982-83 y 1997-98. Esto permitió determinar la relación entre la ocurrencia de días lluviosos y secos y la circulación atmosférica durante dichos eventos.

Teorías sobre la generación de lluvias extremas en la costa norte peruana

El análisis de la circulación atmosférica asociada a precipitaciones intensas durante el evento El Niño 1997-98 fue ejecutado por Takahashi (2004) y Douglas et al. (2009), quienes propusieron dos teorías sobre la generación de lluvias extremas en la costa norte peruana. Takahashi (2004) menciona la existencia de una cuasi-periodicidad de presencia de lluvias de una semana durante los periodos de diciembre de 1982 a febrero de 1983 y diciembre de 1997 a abril de 1998. Según el estudio, un acrecentamiento del flujo de vientos provenientes del oeste en la tropósfera baja sobre Piura durante días lluviosos, parece estar relacionado a ondas atmosféricas ecuatoriales de Kelvin que se infiere que se presentan en un periodo de 7 a 10 días.

Douglas et al. (2009) estudiaron la variabilidad sinóptica de la precipitación y la nubosidad sobre la costa norte de Perú y Ecuador durante el evento de 1997-98. A diferencia del estudio de Takahashi (2004), donde se usó la precipitación como indicador de días lluviosos, en este trabajo se emplearon las anomalías del viento zonal (longitudinales). Se obtuvieron ciertos aspectos de la circulación atmosférica para dichas anomalías, comunes incluso durante el periodo de 1990-2005: los vientos del norte sobre el Golfo de México, la circulación ciclónica cerca al este de los Estados Unidos y los vientos del oeste sobre el Pacífico Ecuatorial Este. Por lo cual, ellos sugieren que existe una relación entre los ciclones extratropicales del Hemisferio Norte, los vientos y las variaciones de la precipitación a lo largo de las costas de Perú y Ecuador.

Variabilidad espacio-temporal de la precipitación diaria durante eventos El Niño extraordinarios

Para comprender los patrones espacio-temporales de la precipitación diaria durante los eventos El Niño 1982-83 y 1997-98, León (2014) aplicó la técnica de Análisis de Componentes Principales, o ACP, usando datos diarios de precipitación provenientes de 29 estaciones meteorológicas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) ubicadas en las regiones de Tumbes y Piura (técnica empleada en Mikami, 1988). Posteriormente, al igual que en el estudio de Takahashi (2004), León (2014) seleccionó una serie de días lluviosos y secos para el estudio de la circulación atmosférica. El periodo de análisis fue: enero a mayo de 1983 (15 estaciones) y diciembre de 1997 a mayo de 1998 (29 estaciones).

El principal modo de variabilidad temporal (EOF-1) de las precipitaciones durante los eventos El Niño 1982-83 y 1997-98 (Figura 1) explica el 19.3% y 23.4% de la varianza, respectivamente. En ambos eventos existe correlación positiva con casi todas las estaciones meteorológicas. Para 1982-83, sólo una estación presenta una correlación con valor de -0.07. Este primer modo de variabilidad de la lluvia indica que los valores positivos del componente están asociados a periodos lluviosos y los valores negativos a periodos secos en la región de estudio. Por lo tanto, se puede observar que, durante el evento El Niño 1982-83, el periodo más lluvioso se presentó durante marzo a abril de 1983, mientras el mes menos lluvioso fue febrero (Figura 1).

Patrones diarios de precipitación y su relación con la circulación atmosférica durante eventos extremos El Niño en la costa norte peruana

León K.

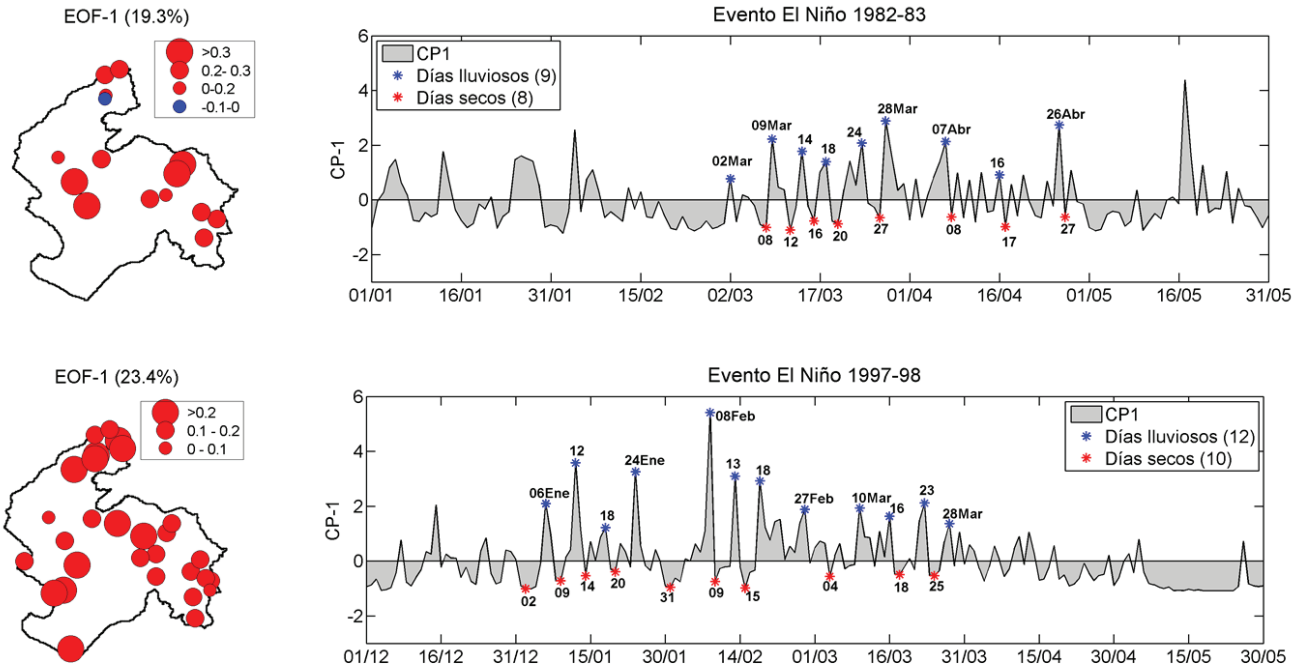


Figura 1. Variación espacial y temporal de la precipitación diaria del EOF-1 durante el evento El Niño 1982-83 (panel superior) y El Niño 1997-98 (panel inferior) (Fuente: León, 2014).

Por otro lado, la precipitación diaria durante el evento El Niño de 1997-98 presenta diferencias a escala temporal, respecto al evento de 1982-83. En la serie temporal del EOF-1 se observa que a partir de la primera semana de mayo de 1998 existe un descenso abrupto de la precipitación diaria. Además, en la zona de estudio, el periodo más lluvioso fue enero-marzo de 1998 (Figura 1).

De la selección de los días lluviosos y secos, se indica un total de 9 días lluviosos y 8 días secos para el periodo marzo-abril de 1983 y un total de 12 días lluviosos y 10 días secos para el periodo enero-marzo de 1998. Asimismo, existe una periodicidad promedio de 7 días entre los días lluviosos para ambos eventos El Niño, lo cual es similar a lo descrito en Takahashi (2004).

La circulación atmosférica y su relación con la ocurrencia de días lluviosos y secos durante eventos El Niño extraordinarios

León (2014) realizó el análisis de la circulación atmosférica mediante la generación de mapas de los promedios (comúnmente llamados composiciones) de variables climáticas, tanto para los días lluviosos como para los días secos definidos en la Figura 1. Las variables climáticas consideradas fueron la velocidad horizontal de vientos a 850 hPa del proyecto "Reanalysis" del NCEP/NCAR de la NOAA (Kalnay et al., 1996) y la radiación de onda larga saliente (OLR) obtenida de los satélites de órbita polar del Centro Nacional de Data Climática de la NOAA (Liebmann y Smith, 1996) de los Estados Unidos.

Para resaltar las condiciones atmosféricas que distinguen un evento húmedo de un evento seco, León (2014) elaboró mapas de las diferencias de las condiciones atmosféricas promedio durante los días seleccionados como lluviosos y secos (Figura 2). De ello se obtiene que las anomalías de vientos más significativas durante los días lluviosos del evento El Niño 1982-83 provienen del noroeste de la zona de estudio, entre los 5°S y 10°N. Por otro lado, durante el evento El Niño 1997-98, las anomalías más significativas en los días lluviosos provienen del oeste y se ubican entre los 80°W-90°W y 5°N-10°S. Esta es una diferencia sustancial entre ambos eventos, respecto a la circulación atmosférica para la generación de días lluviosos y secos durante eventos extremos El Niño, aunque no se descartan deficiencias en los datos de Reanalysis.

Por otro lado, se observa mayor actividad convectiva durante los días lluviosos para las regiones de Tumbes y Piura, siendo la diferencia de mayor magnitud para el evento El Niño de 1997-98 que para el evento de 1982-83. Asimismo, en ambos eventos, existe menor actividad convectiva en la Amazonía (noroeste de Brasil) durante los días lluviosos (Figura 2). En efecto, la región amazónica sufrió un déficit de lluvias durante estos eventos (e.g. Espinoza et al., 2011).

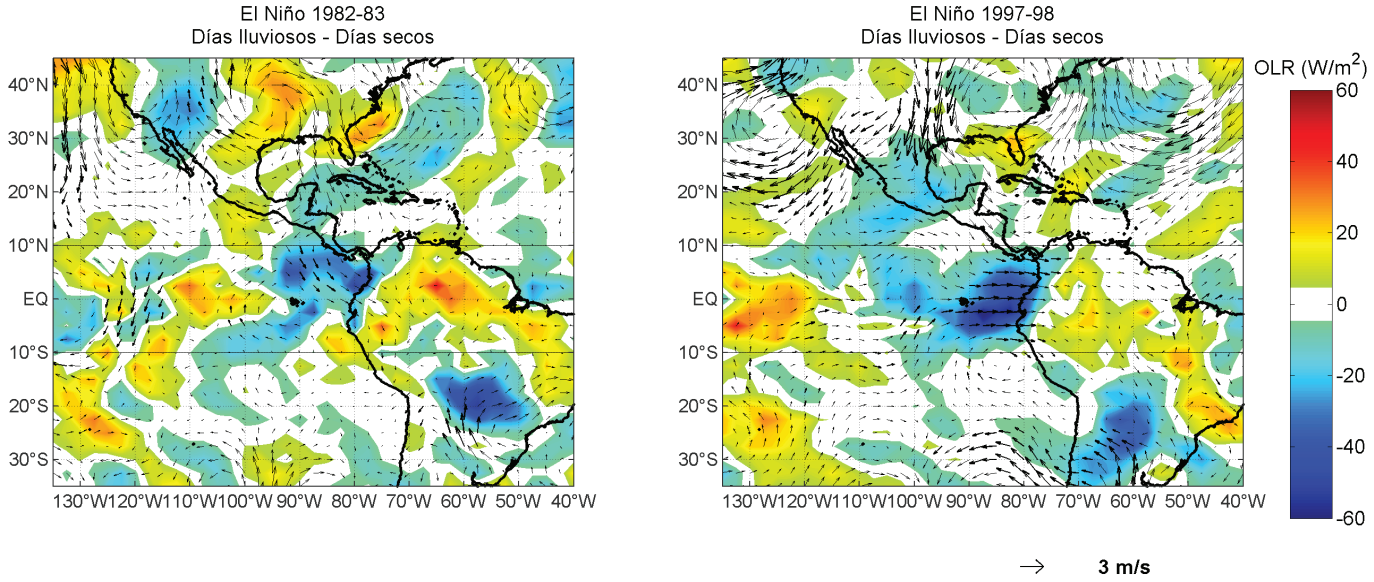


Figura 2. Diferencias de la circulación atmosférica (vientos horizontales a 850hPa y OLR) entre los días lluviosos y secos durante marzo-abril 1983 (panel izquierdo) y enero-marzo 1998 (panel derecho). Los vientos provienen de NCEP/NCAR Reanalysis (en m/s) y la OLR proviene de NOAA/OAR/ESRL (en W/m^2). La diferencia de vientos significativos, de acuerdo a la prueba de t-Student al 90% de nivel de significancia, se muestra con mayor grosor (Fuente: León, 2014).

Para observar cómo el fenómeno se desenvuelve en el tiempo, León (2014) promedió los valores de las anomalías de OLR y vientos zonales (este-oeste) para la región entre los 10°N y 10°S y entre los 140°W y 60°W del océano Pacífico (rectángulo central en Figura 2) durante los tres días previos (D-3) y los tres días posteriores (D+3) al día lluvioso considerado como día 0 (D0). Paralelamente, con el objetivo de observar el comportamiento de las lluvias, se calculó las anomalías porcentuales de precipitación tres días antes y tres días después del día considerado como lluvioso (D0) para cada estación meteorológica de la zona de estudio.

De los resultados se observa que, para el evento El Niño 1982-83, la aproximación de la actividad convectiva se presenta de manera mucho más rápida que para el evento El Niño 1997-98 (Figura 3). Para el evento de 1997-98, estas anomalías negativas de OLR (color azul) se observan claramente tres días antes del día lluvioso (D-3) desde los 140°W y progresivamente se aproximan a la zona de estudio (80°W) hacia el día lluvioso (D0), mientras que para el evento de 1982-83 la anomalía no presenta un valor muy elevado tres días antes, siendo más claro para el D-2. Sucesivamente desaparece (D-1) y reaparece abruptamente durante el día lluvioso (D0).

Asimismo, se muestran anomalías positivas de vientos zonales (hacia el este) para el evento de 1982-83, las cuales aparentemente propagan la actividad convectiva (Figura 3). Sin embargo, el rol de los vientos zonales no es muy claro para el evento de 1997-98, donde solo se aprecia una anomalía positiva de viento zonal en los 80°W para el día lluvioso (D0). Por tanto, las anomalías de vientos del oeste son un factor importante para la generación de lluvias muy intensas en la costa norte peruana.

Esta actividad convectiva desata abundante precipitación en la costa norte peruana principalmente en el día considerado como lluvioso (anomalías porcentuales mayores al 250%; Figura 4). Respecto a la distribución día a día de la precipitación, se observa que antes del día lluvioso (D-1) se inicia la precipitación en la planicie costera, en el día lluvioso (D0) se desarrolla la precipitación en toda la región de estudio y en los días posteriores (D+1 y D+2) la precipitación se localiza principalmente en la parte alta. Este comportamiento es mucho más notorio durante el evento de 1997-98 dada la mayor densidad de estaciones meteorológicas.

Conclusiones

La precipitación diaria en las regiones de Tumbes y Piura durante los eventos El Niño 1982-83 y 1997-98, presenta una alta variabilidad espacio-temporal con días lluviosos y secos, siendo las anomalías de los vientos provenientes del noroeste (El Niño de 1982-83) y del oeste (El Niño de 1997-98) importantes para la generación de días lluviosos en la costa norte peruana. No obstante, luego de observar los resultados del análisis de la propagación de estas anomalías tres días antes (D-3) y tres días después (D+3) del día lluvioso (D0), se corrobora que los vientos del oeste son los que propician la convección y, por tanto, la precipitación intensa en la zona de estudio.

Para el evento de 1997-98, la propagación de las anomalías de vientos no se presenta en los días previos al día lluvioso tal como se presentó en las anomalías de OLR. En ambos eventos se observa claramente la aproximación de la actividad convectiva a lo largo del Pacífico Ecuatorial Central hacia la costa norperuana, la cual genera las precipitaciones más intensas en el día considerado como lluvioso y precipitaciones menos abundantes en los tres días previos y tres posteriores. Este desplazamiento se produce de manera mucho más rápida durante el evento El Niño 1982-83, mientras que en el evento 1997-98 ocurre de manera

Patrones diarios de precipitación y su relación con la circulación atmosférica durante eventos extremos El Niño en la costa norte peruana

León K.

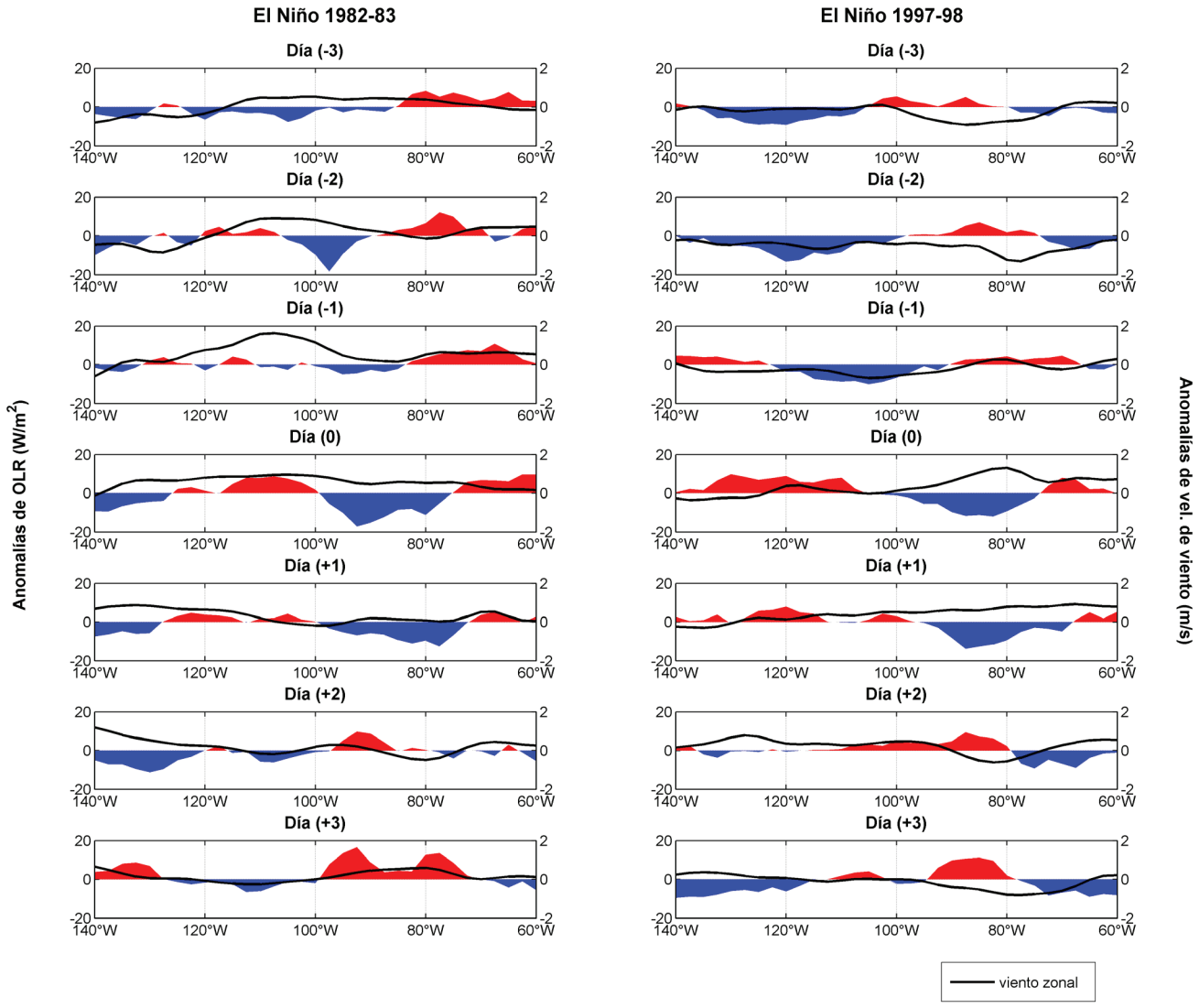


Figura 3. Anomalías de OLR (NOAA/OAR/ESRL) y vientos zonales (NCEP/NCAR Reanalysis) durante días lluviosos menos promedio del periodo (mar83-abr83 y ene98-mar98, respectivamente) tres días antes y tres días después del día lluvioso (D0) entre los 10°N-10°S para el evento El Niño 1982-83 (panel izquierdo) y El Niño 1997-98 (panel derecho). A los 80.5°W se encuentra la costa norte peruana (Fuente: León, 2014).

casi uniforme hacia las regiones de Tumbes y Piura. Por otro lado, la precipitación se genera en dirección oeste-este desde la planicie costera (D-1) hacia la zona de los Andes (D+2).

Estos resultados complementarían y reforzarían la hipótesis propuesta en Takahashi (2004), donde se analizó un solo caso (evento El Niño de 1997-98) y, según la cual, el flujo de vientos provenientes del oeste en la tropósfera baja en la costa norte peruana estaría relacionado a ondas convectivas ecuatoriales Kelvin. Por otro lado, el rol de los sistemas de latitudes medias del Hemisferio Norte sugerido por Douglas et al. (2009) no fue observado. Finalmente, los resultados encontrados en León (2014) proporcionan bases para la previsión de lluvias intensas asociadas a eventos El Niño extraordinarios en la costa norte del Perú.

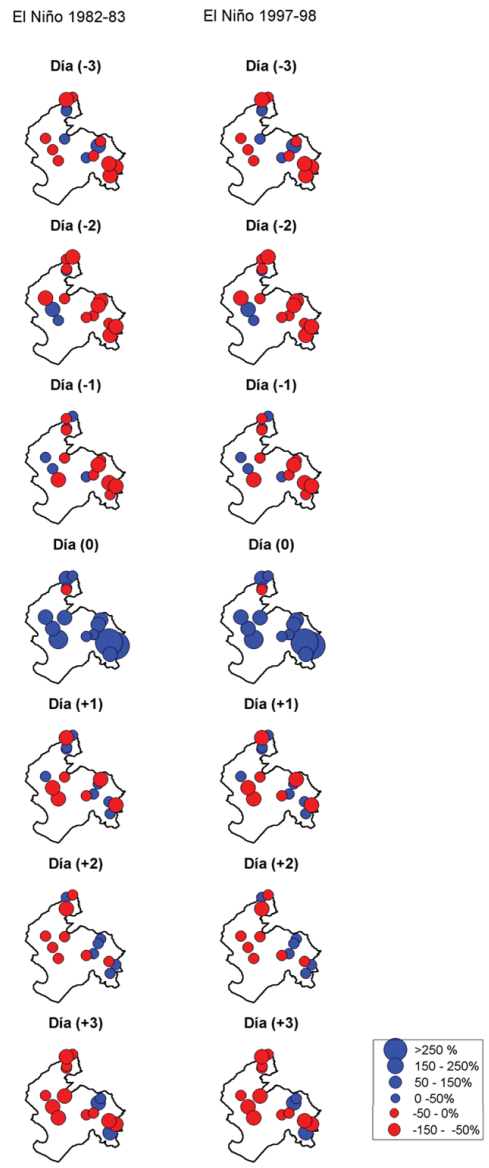


Figura 4. Anomalías porcentuales de precipitación observada tres días antes y tres días después del día lluvioso (D0) para el evento El Niño 1982-83 (panel izquierdo) y El Niño 1997-98 (panel derecho) (Fuente: León, 2014).

Referencias

Douglas, M. W., J. Mejia, N.Ordinola, y J. Boustead, 2009: Synoptic Variability of Rainfall and Cloudiness along the Coasts of Northern Peru and Ecuador during the 1997/98 El Niño event, Monthly Weather Review, Vol. 137, pp. 116-136.

Espinoza, J. C., J. Ronchail, J.-L. Guyot, C. Junquas, P. Vauchel, W. S. Lavado, G. Drapeau, R. Pombosa, 2011: Climate variability and extremes drought in the upper Solimões River (Western Amazon Basin): Understanding the exceptional 2010 drought, Geophysical Research Letters, DOI:10.1029/ 2011GL047862.

Garreaud R., J. M. Wallace, 1998: Summertime incursions of midlatitude air into subtropical and tropical South America, Monthly Weather Review, 126:2713–2733.

Horel, J. D. y Cornejo-Garrido, A. G., 1986: Convection along the coast of northern Peru during 1983: Spatial and temporal variation of clouds and rainfall", Monthly Weather Review, 114: 2091–2105.

IPCC, 2013: 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, p. 1535 .

Jones C., L. Carvalho, 2002: Active and break phases in the South American Monsoon system, Journal of Climate, 15:905–914.

Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin M. Iredell, S. Saha, G. White, J. Woollen, Y. Zhu, M. Chelliah, W. Ebisuzaki, W. Higgins, J. Janowiak, K. C. Mo, C. Ropelewski, J. Wang, A. Leetmaa, R. Reynolds, R. Jenne, and D. Joseph, 1996: The NCEP/NCAR 40-year Reanalysis Project, Bulletin of the American Meteorological Society, 77: 437–471.

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

Lavado, W. S. y Espinoza, J. C., 2014: Impactos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú (1965-2007), Revista Brasileira de Meteorologia, 29(2): 171-182.

León, K., 2014: Análisis espacio-temporal de las precipitaciones y caudales durante los eventos el niño (1982-83 y 1997-98) en la costa norte peruana, Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina.

Liebmann, B. y Smith, C. A., 1996: Description of a Complete (Interpolated) Outgoing Longwave Radiation Dataset, Bulletin of the American Meteorological Society, 77: 1275-1277.

Liebmann B., G. N. Kiladis, J. A. Marengo, T. Ambrizzi, J. D. Glick, 1999: Submonthly convective variability over South America and the South Atlantic convergence zone, Journal of Climate, 12:1877–1891.

Mikami, T., 1988: Precipitation in northern Peru during the 1982–1983 El Niño: Variations in daily precipitation patterns. Tropical Rainfall Measurements, editado por: Theon, J. S. and Fugono, N., Deepak Publishing, pp. 147–150.

Ordinola, N., M. Douglas, H. Yauri, y L. Flores, 2001: Distribución de lluvias en el norte del Perú y sur de Ecuador durante el episodio El Niño 1997-1998, Documento no publicado, p. 24.

Shlens, J., 2005: A tutorial on Principal Component Analysis, Systems Institute for Nonlinear Science, Unniversity of California, EE.UU., p. 13.

Takahashi, K., 2004: The atmospheric circulation associated with extreme rainfall events in Piura, Peru during 1997-1998 and 2002 El Niño events, Annales Geophysicae, 22: 3917–3926.

Takahashi, K., A. Montecinos, K. Goubanova, B. Dewitte, 2011: ENSO Regimes: Reinterpreting the canonical and Modoki El Niño, Geophysical Research Letters, 38, L10704, doi: 10.1029/2011GL047364.

Venegas, S. A., 2001: Statistical Methods for Signal Detection in Climate. DCESS, Niels Bohr Institute for Astronomy, Physics and Geophysics, University of Copenhagen, Denmark, DCESS Report #2, p. 96.

El nuevo Sistema de Alerta ante El Niño y La Niña Costeros del ENFEN

Ken Takahashi[1]
[1]*Instituto Geofísico del Perú*

Introducción

En el año 2012, el Comité Multisectorial encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) hizo un importante avance en su procedimiento al establecer el Índice Costero El Niño (ICEN)[1], el cual le permitió en forma operativa determinar la presencia de El Niño o La Niña en la costa de Perú, así como su magnitud. Hacer esto era particularmente urgente, ya que la comunidad científica empezó a reconocer la existencia de diferentes tipos de El Niño según donde ocurría el calentamiento y la intensidad de este, lo cual requería utilizar al menos dos índices distintos para el monitoreo de las temperaturas en el Pacífico Ecuatorial[2]. A nivel internacional, muchas agencias de pronóstico utilizaban, y siguen utilizando, el índice de temperaturas en el Pacífico Central (región Niño 3.4), así que el ICEN se introdujo para informar sobre las condiciones en el Pacífico Oriental (región Niño 1+2, ver p. 3).

El ICEN fue instrumental para que el ENFEN confirmara la presencia de los eventos El Niño costeros en los años 2012 y 2014, así como La Niña en el 2013. Sin embargo, desde el punto de vista operativo, se han identificado algunas limitaciones del ICEN. La más obvia es que un solo índice no es suficiente para representar todos los matices que pueden tener El Niño y La Niña en nuestra costa, así como sus posibles impactos. La otra limitación, de tipo más práctico, es que el cálculo del ICEN requiere información mensual que se encuentra disponible con al menos un mes de retraso. Además, el criterio para la identificación de El Niño y La Niña requiere que el ICEN haya mostrado ya condiciones cálidas o frías, respectivamente, por al menos tres meses. Esto implica que la confirmación de un evento solo se puede dar varios meses después de iniciado, lo cual no es adecuado para tomar medidas de prevención. Incluso el uso del valor estimado (ICENtmp) que utiliza datos de pronóstico no permitiría ganar suficiente tiempo. El hecho inevitable es que la prevención se debe dar *antes* de que empiece El Niño o La Niña, no cuando ya está confirmada su presencia.

Por lo anterior, en el marco del Comité Técnico ENFEN se hizo una propuesta de un nuevo procedimiento que permitiría al ENFEN dar información formal sobre El Niño o La Niña costero en forma más oportuna. Esta propuesta fue mejorada, aprobada y publicada por el ENFEN en marzo del 2015[3]. A continuación se explica este nuevo sistema.

¿Cómo funciona el Sistema de Alerta?

Un elemento esencial de los sistemas de alerta es la comunicación oportuna de información sobre un evento potencialmente dañino, con suficiente anticipación para poder tomar acción y reducir sus impactos. El nuevo sistema del ENFEN mejora la forma de cómo se presenta la información, introduciendo cinco estados de alerta. Solo uno de estos estados será considerado válido, según los criterios indicados abajo, y reportado en los Comunicados Oficiales (CO) ENFEN.

De estos, los estados de "Vigilancia" son de previsión, ya que implican que el ENFEN considera probable que El Niño o La Niña ocurra en los próximos meses, cumpliéndose lo establecido mediante el ICEN. De esta manera, se puede proporcionar aviso con tiempo para acciones de prevención.

Por otro lado, el estado de "Alerta" de El Niño o La Niña indica que el ENFEN estima que el evento en cuestión ya ha iniciado. Si bien el valor del ICENtmp puede ayudar a decidir si se activa el estado de "Alerta", en general esto depende del criterio experto del ENFEN, para lo cual considerarán un gran número de indicadores y variables diversas asociadas a la atmósfera y el océano.

El buen funcionamiento de este sistema dependerá del alto nivel técnico-científico del Comité Técnico ENFEN, por lo cual es esencial asegurar que sea personal experto quien lo integre, manteniendo continuidad en lo posible entre los participantes.

Estados del Sistema de Alerta

Según la Nota Técnica ENFEN 201501, los estados del Sistema de Alerta ante El Niño y La Niña costeros son los siguientes:

- **No activo:** En condiciones neutras o cuando el Comité ENFEN espera que El Niño o La Niña costeros están próximos a finalizar.
- **Vigilancia de El Niño costero**: Según los modelos y observaciones, usando criterio experto en forma colegiada, el Comité ENFEN estima que es más probable que ocurra El Niño costero a que no ocurra. Al inicio del texto del CO se indicará un rango de magnitudes tentativas y cuándo podría presentarse, así como una indicación sobre los posibles impactos en la lluvia y temperaturas.
- **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. Al inicio del texto del CO se indicará un rango de magnitudes tentativas y su posible duración, así como una indicación sobre los posibles impactos en la lluvia y temperaturas.
- **Vigilancia de La Niña costera**: Según los modelos y observaciones, usando criterio experto en forma colegiada, el Comité ENFEN estima que es más probable que ocurra La Niña costera a que no ocurra. Al inicio del

[1]*ENFEN, 2012: Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú, Nota Técnica. Takahashi, K., K. Mosquera, J. Reupo, 2014: El Índice Costero El Niño (ICEN): historia y actualización, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 1, N°2, 8-9, Instituto Geofísico del Perú.*

[2]*Takahashi, K., 2014: Variedades de El Niño, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 1, N°2, 4-7, Instituto Geofísico del Perú.*

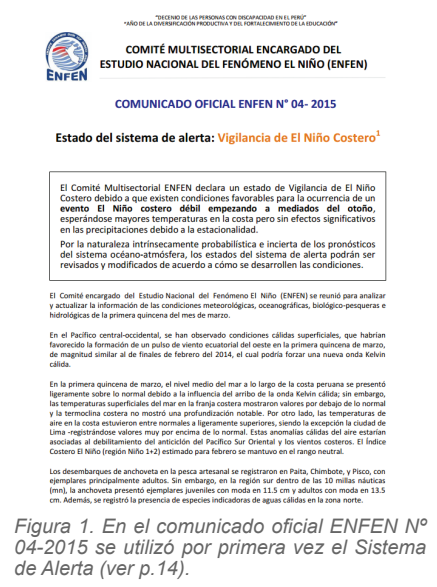
[3]*ENFEN, 2015: Sistema de Alerta ante El Niño y La Niña costeros. Nota Técnica ENFEN 01-2015.*

El nuevo Sistema de Alerta ante El Niño y La Niña Costeros del ENFEN

Takahashi K.

texto del CO indicará un rango de magnitudes tentativas y cuándo podría presentarse, así como una indicación sobre los posibles impactos en la lluvia y temperaturas.

• **Alerta de La Niña costera**: Según las condiciones recientes, usando criterio experto en forma colegiada, el Comité ENFEN considera que el evento La Niña costera ha iniciado y/o el valor del ICENtmp indica condiciones frías, y se espera que se consolide La Niña costera. Al inicio del texto del CO se indicará un rango de magnitudes tentativas y su posible duración, así como una indicación sobre los posibles impactos en la lluvia y temperaturas.



"DECENIO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL PERÚ"
"AÑO DE LA DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA Y DEL FORTALECIMIENTO DE LA EDUCACIÓN"

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

COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 04- 2015

Estado del sistema de alerta: Vigilancia de El Niño Costero[1]

El Comité Multisectorial ENFEN declara un estado de Vigilancia de El Niño Costero debido a que existen condiciones favorables para la ocurrencia de un **evento El Niño costero débil empezando a mediados del otoño**, esperándose mayores temperaturas en la costa pero sin efectos significativos en las precipitaciones debido a la estacionalidad.

Por la naturaleza intrínsecamente probabilística e incierta de los pronósticos del sistema océano-atmósfera, los estados del sistema de alerta podrán ser revisados y modificados de acuerdo a cómo se desarrollen las condiciones.

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 de la primera quincena del mes de marzo.

En el Pacífico central-occidental, se han observado condiciones cálidas superficiales, que habrían favorecido la formación de un pulso de viento ecuatorial del oeste en la primera quincena de marzo, de magnitud similar al de finales de febrero del 2014, el cual podría forzar una nueva onda Kelvin cálida.

En la primera quincena de marzo, el nivel medio del mar a lo largo de la costa peruana se presentó ligeramente sobre lo normal debido a la influencia del arribo de la onda Kelvin cálida; sin embargo, las temperaturas superficiales del mar en la franja costera mostraron valores por debajo de lo normal y la termoclina costera no mostró una profundización notable. Por otro lado, las temperaturas de aire en la costa estuvieron entre normales a ligeramente superiores, siendo la excepción la ciudad de Lima -registrándose valores muy por encima de lo normal. Estas anomalías cálidas del aire estarían asociadas al debilitamiento del anticiclón del Pacífico Sur Oriental y los vientos costeros. El Índice Costero El Niño (región Niño 1+2) estimado para febrero se mantuvo en el rango neutral.

Los desembarques de anchoveta en la pesca artesanal se registraron en Paita, Chimbote, y Pisco, con ejemplares principalmente adultos. Sin embargo, en la región sur dentro de las 10 millas náuticas (mn), la anchoveta presentó ejemplares juveniles con moda en 11.5 cm y adultos con moda en 13.5 cm. Además, se registró la presencia de especies indicadoras de aguas cálidas en la zona norte.

Figura 1. En el comunicado oficial ENFEN N° 04-2015 se utilizó por primera vez el Sistema de Alerta (ver p.14).

Comparación con otros sistemas similares

Este nuevo sistema del ENFEN tiene similitudes con algunos usados por otros centros internacionales. Por ejemplo, el *Climate Prediction Center* (CPC) de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) de Estados Unidos emplea los siguientes estados de alerta frente a El Niño/La Niña en el Pacífico Central ("El Niño/La Niña *alert status*"[4]):

- **El Niño *or* La Niña *Watch***: Condiciones favorables para el desarrollo de El Niño o La Niña en los próximos seis meses.
- **El Niño *or* La Niña *Advisory***: Condiciones El Niño o La Niña son observadas y se espera que continúen.
- ***Final* El Niño *or* La Niña *Advisory***: Después de que El Niño o La Niña terminaron.
- **NA**: Sistema de alerta no activo.

Adicionalmente, el CPC define que existen "condiciones El Niño" cuando la anomalía mensual de Temperatura Superficial del Mar (TSM) en la región Niño 3.4 excede 0.5°C y se espera que el "Índice Niño Oceánico" (ONI) trimestral en la misma región también lo exceda, además de observarse una respuesta atmosférica "típica" de El Niño en el Pacífico Ecuatorial. Similarmente se aplica para La Niña. Esta definición operacional permite un poco más de tiempo de anticipación que la que se usaba anteriormente, que era similar a la actual del ENFEN pero utilizando el ONI.

Otro ejemplo lo brinda el *Bureau of Meteorology* (BoM) de Australia. En su "ENSO *Wrap-Up*"[5], se considera un sistema de alerta más sencillo con los siguientes estados en relación a El Niño en el Pacífico Central:

- **El Niño *watch***: Probabilidad de que El Niño ocurra es al menos 50%.
- **El Niño *alert***: Probabilidad de que El Niño ocurra es al menos 70%.
- **El Niño**: Declaración oficial de presencia del evento.

El criterio para establecer los dos primeros estados se basa en análisis experto y algunos indicadores preestablecidos. La declaración oficial de El Niño se da cuando tres de los siguientes cuatro criterios son satisfechos:

1) La anomalía de TSM en las regiones Niño 3 y Niño 3.4 excede 0.8°C.

2) Los vientos alisios ecuatoriales han sido más débiles que el promedio en el Pacífico Central u Occidental en tres de los últimos cuatro meses.

3) El Índice de Oscilación Sur trimestral es -7 o menor.

4) La mayoría de modelos analizados indica que la anomalía de TSM en las regiones Niño 3 y Niño 3.4 excederá 0.8°C hasta el fin del año.

La validez de cualquiera de estos estados se mantiene hasta que otro estado sea iniciado o hasta que sea cancelado por los expertos del BoM.

El sistema de alerta del BoM es más simple que el de la NOAA y, por lo tanto, probablemente más sencillo para los usuarios. Sin embargo, se debe notar que en ninguno de estos casos se hace mención de la magnitud de los eventos. Además, la declaración oficial de El Niño en el Pacífico Central incluye en ambos casos una componente atmosférica de gran escala, lo cual es importante para los impactos remotos (a los EE.UU., Australia, o inclusive a los Andes y Amazonía peruanos) ya que estos se dan mediante teleconexiones atmosféricas, a diferencia de El Niño costero que produce impactos locales en la costa peruana[6].

En general, el nuevo Sistema de Alerta del ENFEN, además de centrarse en las condiciones costeras, tiene la ventaja de incluir la magnitud esperada de los eventos. Además, si bien los criterios no son tan detallados como los del BoM de Australia, esta mayor flexibilidad permite de considerar un mayor número de variables e indicadores, lo cual es importante dada la sustancial diversidad que presentan El Niño y La Niña y sus impactos.

---

[4] *http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/enso-alert-readme.shtml.*

[5] *http://www.bom.gov.au/climate/enso/.*

[6] *Lavado W. and Espinoza J.C., 2014: Impact of El Niño and La Niña events on Rainfall in Peru, Revista Brasileira de Meteorologia, v. 29, 171-182.*
Lavado, W. S., Espinoza, J. C., 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", Vol. 1, N°3, 4-7, Instituto Geofísico del Perú.

Resumen del Informe Técnico
PPR/El Niño - IGP/ 2015-3

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) para el mes de febrero, las condiciones climáticas continúan siendo neutras frente a la costa peruana. El pronóstico de la temperatura superficial del mar de los modelos numéricos internacionales, con condiciones iniciales del mes de marzo, indica que las condiciones climáticas serán entre cálidas débiles y moderadas en mayo; para el mes de junio las condiciones se mantendrían, y algunos modelos indican condiciones cálidas fuertes en el Pacífico Oriental. Estos mismos resultados numéricos señalan, en el mismo periodo, que el Pacífico Central sigue mostrando una tendencia hacia condiciones alrededor de cálidas débiles y moderadas. Existe una onda Kelvin cálida que debería arribar en el mes de abril. Además, se observa la presencia de otra onda Kelvin cálida de magnitud mayor, la cual arribaría en el mes de mayo.

Índice Costero El Niño

Utilizando los datos de temperatura superficial del mar promediados sobre la región Niño1+2, actualizados hasta el mes de marzo de 2015 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 febrero de 2015. Los valores hasta esa fecha son:

Año	Mes	ICEN	Condiciones costeras del mes
2014	Noviembre	0.38	Neutro
2014	Diciembre	0.35	Neutro
2015	Enero	0.08	Neutro
2015	Febrero	0.01	Neutro

Tabla 1. 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 febrero de 2015 en la costa peruana se clasifican como NEUTRAS**. Se recuerda que, de manera operacional, para declarar El Niño o La Niña en la costa, las condiciones costeras del mes deben ser cálidas o frías por al menos tres meses consecutivos, respectivamente (ENFEN, 2012).

Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones

Actualmente el IGP cuenta con datos observacionales alternativos para el monitoreo de las ondas ecuatoriales adicionales a los datos de TAO (Takahashi et al., 2014). En particular, se han producido diagramas longitud-tiempo (Hovmöller) de las anomalías de nivel del mar calculadas de JASON-2 (Mosquera et al., 2014), de la profundidad de la isoterma de 20°C calculada de Argo (Aparco et al., 2014) y esfuerzo de viento zonal. Asimismo, el IGP cuenta con un modelo oceánico lineal (Mosquera, 2009; 2014 y Mosquera et al., 2011) que permite el monitoreo y predicción de la onda Kelvin. Este modelo usa tanto una profundidad referencial de la termoclina uniforme (LOM1) como variable (LOM2). Ambas configuraciones fueron forzadas usando anomalías de vientos superficiales obtenidas de ASCAT hasta el 04 de abril de 2015. Este modelo es luego corrido en modo de pronóstico con las anomalías de viento i) igualadas a cero (LOM1a y LOM2a) y ii) iguales al promedio de los últimos 30 días (LOM1b y LOM2b).

En la actualidad, los productos de ARGO (Figura 1c), JASON-2 (Figura 1d) y del modelo lineal (Figura 1e) muestran la presencia de una onda Kelvin cálida en el Pacífico Ecuatorial Central formada por las anomalías de viento del oeste observadas a finales de febrero y que estaría arribando al extremo este del Pacífico Ecuatorial en el mes de abril. Por otro lado, se observaron pulsos de viento del oeste más intensos en la primera quincena de marzo, de magnitud comparable a lo observado entre febrero y marzo del 2014, que han generado una nueva onda Kelvin cálida que se espera que arribe en el mes de mayo. Según el modelo lineal, la magnitud de esta onda sería similar a la que se formó a inicios del mes de marzo de 2014.

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para el mes de mayo, los pronósticos de la ATSM en el Pacífico Oriental (Niño 1+2, ICEN) prevén principalmente condiciones entre cálidas débiles y cálidas moderadas; para el mes de junio se mantienen las condiciones de los pronósticos, además algunos modelos indican condición cálida fuerte (Figura 2).

Para los meses de mayo y junio, los pronósticos de la ATSM en el Pacífico Central (Niño 3.4) por los modelos numéricos de las agencias internacionales indican condiciones entre cálidas débiles y cálidas moderadas.

Resumen del Informe Técnico
PPR/El Niño - IGP/ 2015-3

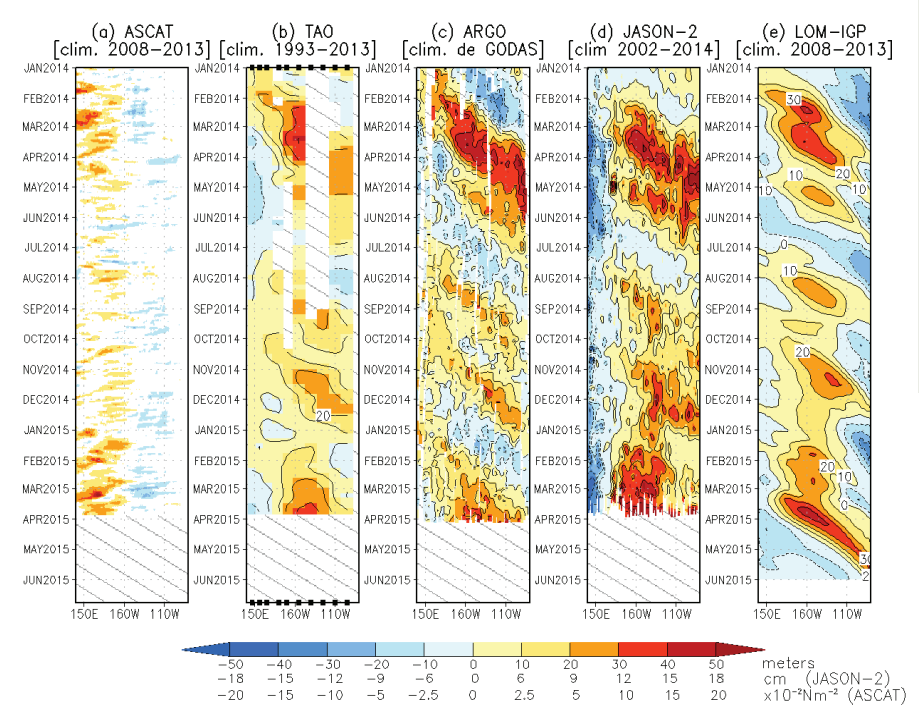


Figura 1. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se muestra la anomalía de la profundidad de la termoclina calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT, y taux=0 para el pronóstico). Las líneas diagonales representan una propagación hacia el este con velocidad de 2.6 m/s. (Elaboración: IGP).

Conclusiones

1. **El ICEN para el mes de febrero es de 0.01°C (neutro).**

2. Para el **mes de mayo de 2015**, los pronósticos de la ATSM en el **Pacífico Oriental** (Niño 1+2, ICEN) de los modelos numéricos de las agencias internacionales, con condiciones iniciales del mes de marzo, indican condiciones entre **cálidas débiles y cálidas moderadas. Para el mes de junio las condiciones se mantendrían, además algunos modelos indican condiciones cálidas fuertes.**

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

4. Para el **periodo de invierno**, los siete modelos indican que en el **Pacífico Oriental** (Niño 1+2, ICEN) habrían condiciones El Niño costero iniciando en mayo con un máximo en agosto, con magnitudes entre débil y fuerte, con un mayor número de modelos indicando **El Niño costero moderado**.

5. Para el **periodo de invierno**, los ocho modelos evaluados indican que en el Pacífico Central (Niño 3.4) habría una posible ocurrencia de El Niño del Pacífico Central con magnitud **débil a fuerte**.

6. Los productos observacionales a lo largo de la línea ecuatorial y el modelo lineal indican la presencia de una **onda Kelvin cálida que estaría arribando en el mes de abril**. Además, se observa la presencia de otra onda Kelvin cálida, con magnitud estimada comparable a la de la onda formada a inicios de marzo del 2014, que debería arribar en el mes de mayo.

Modelo	Inicio	Extremo	Final	Magnitud
CFS2	May-15	Jul-15	No disponible	Débil
CMC1	Jun-15	Ago-15	No disponible	Débil
CMC2	May-15	Ago-15	No disponible	Moderado
GFDL	May-15	Ago-15	No disponible	Moderado
NASA	May-15	Ago-15	No disponible	Fuerte
NCAR	-	-	-	-
GFDL_FLOR	Abril-15	Jul-15	No disponible	Moderado
NCAR_CCSM4	May-15	Set-15 o después	No disponible	Fuerte
NMME(prom)	**May-15**	**Ago-15**	**No disponible**	**Moderado**
ECMWF	-	-		
OBSERVADO	-	-	-	-

Tabla 2. Pronósticos de evento El Niño en la costa según modelos climáticos con condiciones iniciales de marzo de 2015.

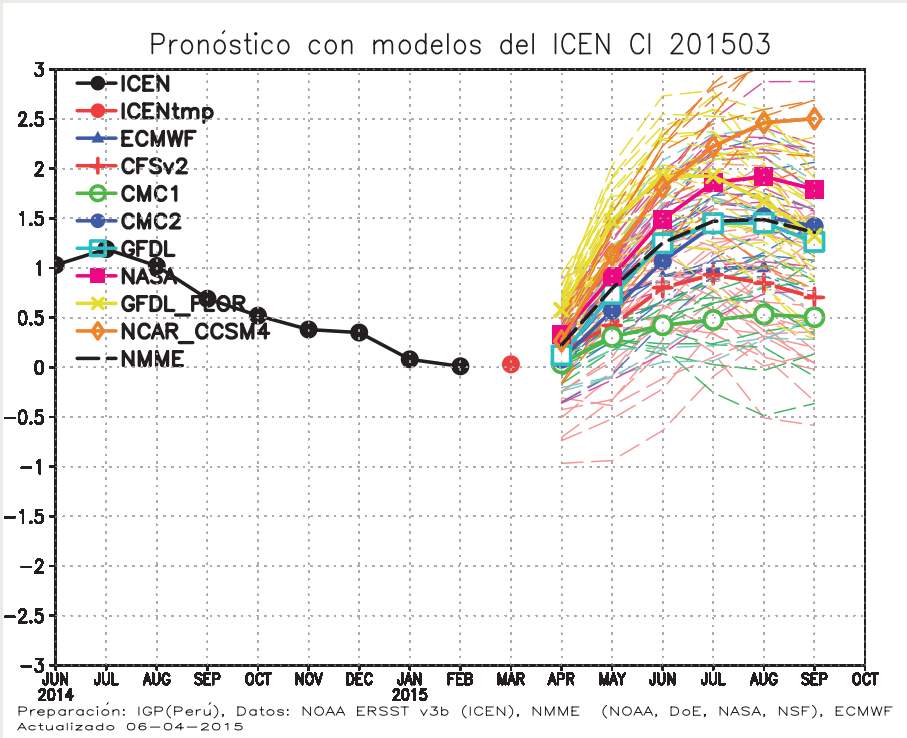


Figura 2. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de tres meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden 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 marzo de 2015. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de marzo de 2015. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF).

7. Las anomalías cálidas en el Pacífico Ecuatorial Central son favorables a la continuación de anomalías de vientos del oeste que pueden generar nuevas ondas Kelvin cálidas.

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", Vol. 1, N°5, Mayo, Instituto Geofísico del Perú.

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? Bulletin Amererican 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. y 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", Vol. 1, N°3, Marzo, 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.

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", Vo. 1, N°12, Diciembre, Instituto Geofísico del Perú.

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 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, N°1, 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, N°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.

Reupo, J. y K. Takahashi, 2014: Validación de pronósticos con modelos globales: Correlaciones de TSM (1982-2010), Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 1, N°1, Enero, 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", Vol.1, N°2, Febrero, 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", Vol. 1, N°3, Marzo, Instituto Geofísico del Perú.

Comunicado Oficial ENFEN

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

COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 04 - 2015

Estado del sistema de alerta: Vigilancia de El Niño Costero[1]

El Comité Multisectorial ENFEN declara un estado de Vigilancia de El Niño Costero debido a que existen condiciones favorables para la ocurrencia de un **evento El Niño costero débil empezando a mediados del otoño**, esperándose mayores temperaturas en la costa pero sin efectos significativos en las precipitaciones debido a la estacionalidad.
Por la naturaleza intrínsecamente probabilística e incierta de los pronósticos del sistema océano-atmósfera, los estados del sistema de alerta podrán ser revisados y modificados de acuerdo a cómo se desarrollen las condiciones.

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 de la primera quincena del mes de marzo.

En el Pacífico central-occidental, se han observado condiciones cálidas superficiales, que habrían favorecido la formación de un pulso de viento ecuatorial del oeste en la primera quincena de marzo, de magnitud similar al de finales de febrero del 2014, el cual podría forzar una nueva onda Kelvin cálida.

En la primera quincena de marzo, el nivel medio del mar a lo largo de la costa peruana se presentó ligeramente sobre lo normal debido a la influencia del arribo de la onda Kelvin cálida; sin embargo, las temperaturas superficiales del mar en la franja costera mostraron valores por debajo de lo normal y la termoclina costera no mostró una profundización notable. Por otro lado, las temperaturas de aire en la costa estuvieron entre normales a ligeramente superiores, siendo la excepción la ciudad de Lima -registrándose valores muy por encima de lo normal. Estas anomalías cálidas del aire estarían asociadas al debilitamiento del anticiclón del Pacífico Sur Oriental y los vientos costeros. El Índice Costero El Niño (región Niño 1+2) estimado para febrero se mantuvo en el rango neutral.

Los desembarques de anchoveta en la pesca artesanal se registraron en Paita, Chimbote, y Pisco, con ejemplares principalmente adultos. Sin embargo, en la región sur dentro de las 10 millas náuticas (mn), la anchoveta presentó ejemplares juveniles con moda en 11.5 cm y adultos con moda en 13.5 cm. Además, se registró la presencia de especies indicadoras de aguas cálidas en la zona norte.

En los ríos de la costa peruana, en la primera quincena de marzo se han presentado caudales alrededor de sus promedios históricos. Los principales reservorios de la costa norte se encuentran por debajo del 50% y en la costa sur están al 65% de sus capacidades máximas de almacenamiento.

PERSPECTIVAS

En lo que resta del mes de marzo, se espera que continúe la influencia de la onda Kelvin cálida, incrementando ligeramente la temperatura superficial del mar y la profundidad de la termoclina a lo largo de la costa.

En el océano Pacífico ecuatorial, el reciente pulso de viento ecuatorial del oeste podría generar una nueva onda Kelvin cálida que arribaría a nuestras costas entre los meses de abril y mayo. Sin embargo, aún no es posible determinar su intensidad, por lo cual es necesario monitorear su desarrollo en las próximas semanas.

Por otro lado, debido a la presencia de anomalías positivas de la TSM en el Pacífico ecuatorial occidental y central, es probable que continúen los pulsos de vientos del Oeste en la misma región, las cuales podrían forzar nuevas ondas Kelvin cálidas en los próximos meses.

Además, los modelos numéricos globales indican que a partir del mes de mayo se presentaría un evento El Niño Costero (región Niño 1+2) con una magnitud entre débil y fuerte dependiendo del modelo, y en forma similar para el Pacífico central (región Niño 3.4). Sin embargo, se debe notar que los pronósticos de estos modelos no son siempre acertados en el Pacífico oriental.

El Comité Multisectorial ENFEN, de acuerdo con el análisis realizado, considera la **posibilidad de ocurrencia de un evento El Niño costero débil** empezando a mediados del otoño, esperándose mayores temperaturas en la costa pero sin efectos significativos en las precipitaciones debido a la estacionalidad.

Ante esta situación, el Comité Multisectorial ENFEN da inicio a un estado de "Vigilancia de El Niño Costero", durante el cual continuará monitoreando e informando sobre la evolución de las condiciones actuales y actualizando las perspectivas en forma más frecuente.

Callao, 18 de marzo de 2015

---

[1] ***Definición de "Vigilancia de El Niño costero"**: Según los modelos y observaciones, usando criterio experto en forma colegiada, el Comité ENFEN estima que es más probable que ocurra El Niño costero a que no ocurra. Al inicio del texto del Comunicado Oficial se indicará un rango de magnitudes tentativas y cuándo podría presentarse, así como una indicación sobre los posibles impactos en la lluvia y temperaturas. (Nota Técnica ENFEN 01-2015)*

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

COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 05 - 2015

Estado del sistema de alerta: Vigilancia de El Niño Costero[1]

El Comité Multisectorial ENFEN mantiene el estado de Vigilancia de El Niño Costero debido a que continúan las condiciones favorables para la ocurrencia de un **evento El Niño costero a partir de mayo con magnitud entre débil y moderado**, asociado a anomalías cálidas en las temperaturas, sin efectos en las precipitaciones debido a la estacionalidad.
Este estado del sistema de alerta podrá ser revisado y modificado de acuerdo a cómo se desarrollen las condiciones.

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 de la segunda quincena del mes de marzo.

En la segunda quincena de marzo, el ingreso de sistemas de bajas presiones en el Pacífico sur produjo un abrupto debilitamiento del anticiclón y de los vientos del sudeste a lo largo de la costa peruana, lo cual produjo un calentamiento intenso (hasta 28°C) pero somero (entre 10 y 20 metros de profundidad) en la superficie del mar, así como en las temperaturas del aire, en la costa. Las altas temperaturas superficiales del mar (TSM) favorecieron la ocurrencia de lluvias en la vertiente del Pacífico, por lo cual los ríos de la costa han presentado caudales por encima de sus promedios históricos, con crecidas particularmente intensas en los ríos Tumbes, Chancay-Lambayeque, Jequetepeque, e Ica. Además, los principales reservorios han aumentado su almacenamiento a 79% en la costa norte y 73% en la costa sur.

En los últimos días, los vientos se han recuperado y las anomalías de TSM continúan positivas pero con tendencia a la normalización. Adicionalmente, el nivel medio del mar en la segunda quincena de marzo mostró un segundo pulso ligeramente positivo, posiblemente indicando el inicio de la llegada de la onda Kelvin. Sin embargo, la termoclina costera aún no ha mostrado una profundización notable. El Índice Costero El Niño (ICEN, región Niño 1+2) estimado para marzo se mantuvo en el rango neutral.

Se confirmó la formación de una nueva onda Kelvin debido al pulso de viento ecuatorial del oeste en el Pacífico occidental observado en la primera quincena de marzo. Si bien la intensidad de esta onda aún no está totalmente establecida, se estima por medio de modelos que tendría una magnitud similar a la de la onda formada entre finales de febrero e inicios de marzo del 2014.

Los desembarques de anchoveta en la pesca artesanal durante la segunda quincena de marzo presentaron ejemplares juveniles frente a Callao y Pisco. Por otro lado, en la región sur, se presentaron tanto juveniles como adultos, mientras que la actividad pesquera industrial reportó ejemplares juveniles frente a Atico y Quilca.

PERSPECTIVAS

En el transcurso del mes de abril, se espera que continúe la influencia de la onda Kelvin cálida, incrementando ligeramente sobre lo normal la temperatura superficial y nivel medio del mar, así como la profundidad de la termoclina, lo cual a su vez, podría producir anomalías positivas de la temperatura del aire, principalmente en la costa norte. Estas condiciones océano-atmosféricas favorecerían la continuación de algunos episodios de lluvias intensas en esta zona.

La onda Kelvin cálida formada en la primera quincena de marzo continuará su propagación a lo largo de la línea ecuatorial y se espera que arribe en el mes de mayo, produciendo un aumento en las anomalías térmicas en la costa con relación al mes de abril.

Por otro lado, debido a la presencia de anomalías positivas de la TSM en el Pacífico ecuatorial occidental-central, es probable que continúen los pulsos de vientos del Oeste en la misma región, los cuales podrían forzar nuevas ondas Kelvin cálidas en los próximos meses.

Como se indicó en el Comunicado Oficial anterior, los modelos numéricos globales indican que a partir del mes de mayo se presentaría un evento El Niño Costero (región Niño 1+2) con una magnitud entre débil y fuerte dependiendo del modelo y en forma similar para el Pacífico central (región Niño 3.4).

El Comité Multisectorial ENFEN, de acuerdo con el análisis realizado basado en datos observacionales y modelos numéricos, considera **mayores probabilidades del desarrollo de un evento El Niño costero** a partir del mes de mayo, actualizando la posible magnitud del evento al rango entre **débil y moderado**, debido a la magnitud estimada de la nueva onda Kelvin cálida. Este evento estaría asociado a temperaturas por encima de lo normal en la costa pero sin efectos significativos en las precipitaciones debido a la estacionalidad.

Ante esta situación, el Comité Multisectorial ENFEN mantiene el estado de "Vigilancia de El Niño Costero", durante el cual continuará monitoreando e informando sobre la evolución de las condiciones actuales y actualizando las perspectivas en forma más frecuente.

Callao, 31 de marzo de 2015

---

[1] ***Definición de "Vigilancia de El Niño costero"**: Según los modelos y observaciones, usando criterio experto en forma colegiada, el Comité ENFEN estima que es más probable que ocurra El Niño costero a que no ocurra. Al inicio del texto del Comunicado Oficial se indicará un rango de magnitudes tentativas y cuándo podría presentarse, así como una indicación sobre los posibles impactos en la lluvia y temperaturas. (Nota Técnica ENFEN 01-2015)*

© 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: