



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú - IGP



Programa Presupuestal por Resultados N° 068
"Reducción de vulnerabilidad y atención de
emergencias por desastres".
Producto: "Estudios para la estimación
del riesgo de desastres"

BOLETÍN TÉCNICO

GENERACIÓN DE INFORMACIÓN Y MONITOREO DEL FENÓMENO EL NIÑO

Tres Niños Sorprendentes

VOL. 5 N° 1 ENERO 2018

Contenido

3 - 4	Introducción
5 - 9	Artículo de Divulgación Científica
10 - 12	Avances Científicos
13 - 17	Resumen del Informe Técnico
18 - 19	Comunicado Oficial ENFEN

Créditos

Programa Presupuestal N° 068 "Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres".
Producto: "Estudios para la estimación del riesgo de desastres".
Actividad: "Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño".

Elsa Galarza
Ministra del Ambiente

Hernando Tavera
Presidente Ejecutivo IGP

Danny Scipión
Director Científico IGP

Yamina Silva
Directora de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera

Kobi Mosquera
Responsable de la elaboración del Boletín
El Niño - IGP

Equipo científico: Kobi Mosquera, Jorge Reupo, Berlín Segura, Andreé Galdós

Edición: Katherine Morón
Diseño y Diagramación: Luis Miguel Ybañez

Carátula: IGP, 2018

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

Impreso por:
INVERSIONES IAKOB S.A.C.
Telf. (051-1) 2963911
Dirección: Av. Iquitos 1481 – La Victoria

Lima, Febrero de 2018

Hecho el Depósito Legal en la
Biblioteca Nacional del Perú N° 2014-02860

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 de la Comisión Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) participan en este PPR con el producto denominado "Estudios para la estimación del riesgo de desastres", que consiste en la entrega en forma oportuna de información científica sobre el monitoreo y pronóstico de este evento natural océano-atmosférico, mediante informes técnicos mensuales, que permitan la toma de decisiones a autoridades a nivel nacional y regional.

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

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

Los resultados de esta actividad están disponibles en: <http://intranet.igp.gob.pe/productonino/>



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 de la Comisión 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

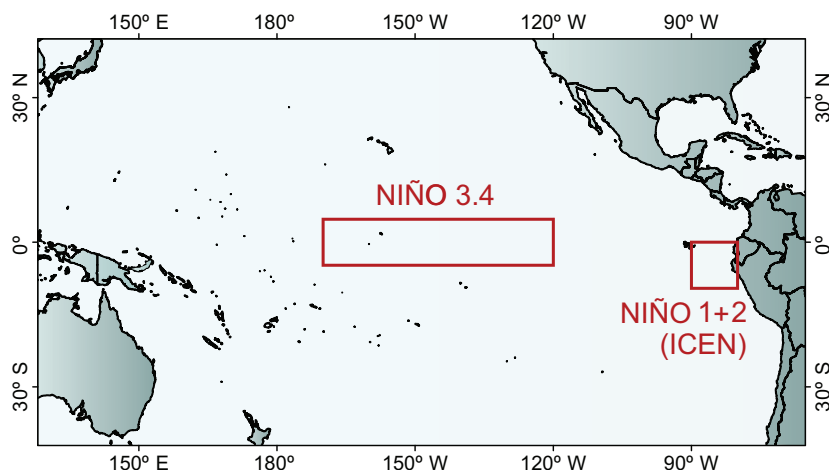
La Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), conformada por representantes de IMARPE, DHN, IGP, SENAMHI, ANA, INDECI y CENEPRED, es el ente que genera la información oficial de monitoreo y pronóstico del Fenómeno El Niño y otros asociados.

Esta Comisión es de naturaleza permanente, depende del Ministerio de la Producción y tiene por objeto la emisión de informes técnicos de evaluación y pronóstico de las condiciones atmosféricas, oceanográficas, biológico-pesqueras, ecológico marinas e hidrológicas que permitan mejorar el conocimiento del Fenómeno "El Niño" para una eficiente y eficaz gestión de riesgos (Decreto Supremo N° 007-2017-PRODUCE).

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, emite mensualmente 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 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.

Tres Niños Sorprendentes



Dr. René Garreaud S.

SUBDIRECTOR DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEL CLIMA Y LA RESILIENCIA (CR2).

Doctor en Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Washington, EE.UU., Magister en Geofísica e Ingeniero de la Universidad de Chile. Es autor de más de 80 artículos publicados en revistas internacionales y su investigación está enfocada en la dinámica del clima y meteorología de Sudamérica. Dicta regularmente cursos de pre y posgrado en Climatología, y ha supervisado 10 post-docs. Se ha desempeñado también como presidente del consejo superior de ciencias (FONDECYT Chile) y presidente de la comisión de evaluación de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

PRESENTACIÓN

Aunque el fenómeno de El Niño–Oscilación del Sur (ENOS) se desarrolla en el Pacífico tropical, las alteraciones climáticas durante sus fases extremas (El Niño y La Niña) se extienden a gran parte del planeta (Díaz & Markgraf, 2000). No es sorprendente entonces que ENOS ha atraído la atención de la comunidad científica por más de un siglo, culminando en una teoría que describe su desarrollo y decaimiento (e.g., Neelin et al., 1998), justificando el establecimiento de la red de observaciones TAO-Triton y motivando el desarrollo de la predicción climática estacional en base a modelos estadísticos y dinámicos.

No obstante estos avances científicos y tecnológico y nuestra capacidad de predecir la ocurrencia de eventos

El Niño y La Niña es aun limitada, similar a la que presentaban los pronósticos del tiempo hace unos 30 años atrás (Barnston et al., 2012). En la última década se ha reconocido además la gran diversidad de eventos, los que no solo difieren en su intensidad y estructura sino que también en los mecanismos subyacentes (e.g., Takahashi et al., 2011; Takahashi & Dewitte, 2016). Así, ENOS no deja de sorprendernos y algunos eventos exhiben rasgos especiales o se desarrollan sin indicios. Ese fue el caso de tres eventos cálidos en los últimos años: el fallido evento del 2014, El Niño Godzilla del 2015/16 y el intenso El Niño costero del verano de 2017 (Fig. 1). En este trabajo presentamos una descripción de estos eventos, con énfasis en El Niño costero del 2017 y su posible forzante atmosférico.

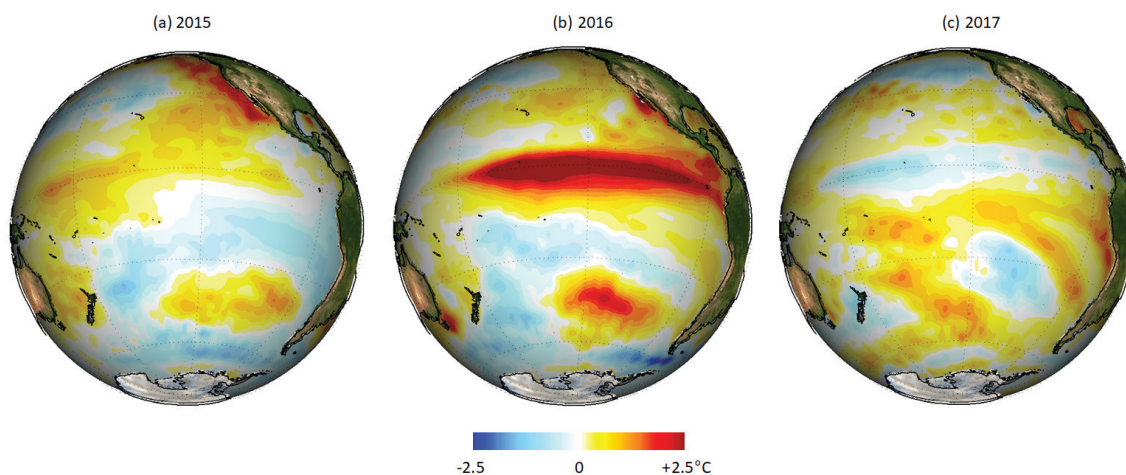


Figura 1. Anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) para el verano austral (Diciembre, Enero y Febrero). El año corresponde al mes de Enero. Fuente de datos: NOAA Optimal Interpolated SST.

EL NIÑO FALLIDO DEL 2014

La Figura 2 muestra la evolución, durante la última década, de dos índices comúnmente empleados para hacer el seguimiento de ENOS (Niño3.4 y Niño1+2). Después de un Niño moderado que culminó a fines del 2009 en el Pacífico central, la Temperatura Superficial del Mar (TSM) se mantuvo cerca a su promedio climatológico por los siguientes 5 años. Entonces, la comunidad científica y centros de pronóstico se pusieron en alerta cuando a comienzos del año 2014 se registraron una serie de pulsos de vientos del oeste (WWB por sus siglas en inglés) sobre el Pacífico occidental, los que han sido reconocidos como desencadenantes de eventos de El Niño (Eisenman et al., 2005). Estos pulsos de viento inducen el hundimiento local de la termoclina y genera una anomalía cálida sub-superficial que se propaga hacia el este como una onda de Kelvin, la cual arriba a la costa de América, algunos meses más tarde, produciendo el incremento de la TSM e iniciando el mecanismo de Bjerknes (Neelin et al., 1998).

La serie de WWB en febrero y marzo del 2014, efectivamente, gatilló ondas de Kelvin con anomalías cálidas subsuperficiales de hasta 5°C, justificando la predicción de un evento de El Niño inminente y de gran magnitud comparable al evento El Niño extraordinario de 1997. Hasta mediados del 2014, el conjunto de predicciones compiladas por el IRI indicaban un valor de Niño3.4 en torno a +1°C para el próximo verano austral (Fig. 2). Aunque la TSM en el Pacífico tropical aumentó levemente hacia fines del 2014 (Fig. 1), los valores de Niño3.4 y Niño1+2 no superaron los +0.7°C y +0.2°C, respectivamente (Fig. 2), de manera que El Niño no ocurrió "oficialmente" ese año y la predicción estacional falló.

La interrupción del desarrollo de El Niño ha sido vinculada a una potente intensificación de los alisios sobre el Pacífico central ocurrida en junio del 2014 (Hu & Federov, 2016). Tal pulso de viento del este (EWB por sus siglas en inglés) actuó en forma opuesta a los WWB, debilitando y limitando el avance de las anomalías cálidas sub-superficiales. El origen de la EWB es aún incierto, aunque podría estar asociada a la ocurrencia de la fase positiva de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO por sus siglas en inglés) que incluye un anticiclón intenso y condiciones frías en el Pacífico subtropical, manteniendo los alisios del SE (Hu & Federov, 2016).

EL NIÑO GODZILLA DEL 2015/2016

Durante los años de La Niña, cuando los alisios soplan intensos desde la costa Americana hacia el oeste, una parte significativa de la energía solar que llega al Pacífico tropical ingresa a la capa de mezcla oceánica y luego es distribuida en el océano por las corrientes en su interior. Por el contrario, durante los eventos de El Niño, el relajamiento de los alisios y el aumento de la TSM permiten que el océano libere parte de su energía a la atmósfera, especialmente a través del flujo de calor latente. De esta forma, un análogo relevante del fenómeno ENOS es un ciclo de carga (La Niña) y descarga (El Niño) de la energía de una batería (Meinen & McPhaden, 2000).

El potente EWB en junio del 2014 no solo limitó el calentamiento superficial sino que también detuvo la descarga de energía desde el Pacífico tropical (Levine & McPhaden, 2017). El contenido de calor en el océano se mantuvo alto hasta comienzos del 2015, a punto de ser liberado en el próximo evento de El Niño. La espera fue breve pues una secuencia de WWB en el otoño del 2015 dio la partida a un nuevo ciclo de calentamiento superficial –esta vez sin interrupciones– culminando

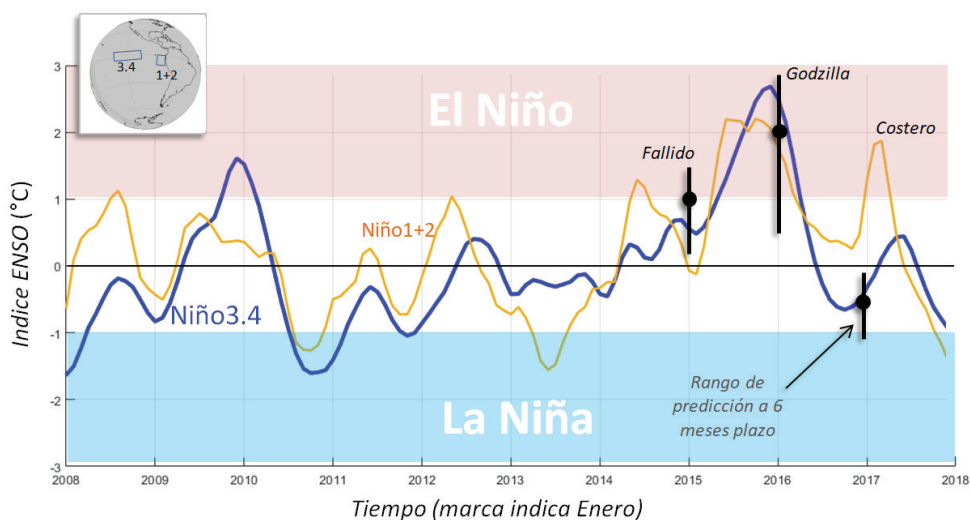


Figura 2. Series de tiempo de los valores mensuales de Niño3.4 (línea azul, 5°N-5°S, 170°-120°W) y Niño1+2 (línea amarilla, 0°-10°S, 90°W-80°W) entre 2008 y 2017. Los valores fueron suavizados usando una media móvil de 3 meses. Los círculos negros indican el promedio de las predicciones de Niño3.4 para los meses de verano inicializadas en junio del año precedente. Las barras corresponden al rango de las predicciones. Fuente de datos: Boletines del IRI (Interamerican Research Institute).

en un gran evento de El Niño entre la primavera del 2015 y el otoño del 2016 (Fig. 1a). Dependiendo de la métrica empleada (Niño3.4, MEI, ONI), este evento se ubica entre el primer y tercer lugar del registro histórico (>100 años), siendo popularmente conocido como El Niño Godzilla (Bell et al., 2017).

A diferencia del año anterior, las predicciones climáticas a mediados del 2015 acertaron la magnitud y temporalidad del calentamiento en el Pacífico tropical (Fig. 2). Consistente con lo esperado durante un gran evento de El Niño (e.g., Garreaud et al., 2009), el verano austral 2015/2016 fue más seco que el promedio en el norte de Sudamérica, el Altiplano y la Patagonia occidental. Por el contrario, El Niño Godzilla no produjo precipitaciones importantes sobre el sur de California y Chile central (Siler et al., 2017; Garreaud et al., 2017), que se esperaba aliviaran la sequía en esas regiones, reflejando la fuerte dependencia de las teleconexiones atmosféricas a cambios en la temporalidad y estructura del calentamiento superficial (Siler et al., 2017).

El desarrollo de un evento de El Niño contiene la semilla de su fin, pues los WWB generan también anomalía fría bajo la superficie que inicialmente viaja al oeste, se refleja en la zona de Australia-Indonesia y finalmente alcanza la costa Americana donde inicia el proceso de enfriamiento (Neelin et al., 1998). Después del marcado calentamiento a fines del 2015 y comienzo del 2016, el Pacífico tropical experimentó un rápido enfriamiento. Durante la primavera del 2016 los índices Niño alcanzaron anomalías ligeramente negativas, con excepción de Niño1+2 que permaneció cercano a +0.5°C (Fig. 2). Al mismo tiempo, anomalías negativas dominaban la temperatura ecuatorial subsuperficial y el Índice de la Oscilación del Sur (SOI por sus siglas en inglés) estaba cercano a cero.

EL NIÑO COSTERO DE 2017

Consistente con la etapa de término de El Niño Godzilla hacia fines del 2016, los modelos de pronóstico indicaban condiciones neutras o ligeramente frías en el Pacífico central y oriental para el verano austral del 2017 (Fig. 2). Hasta diciembre del 2016 los centros regionales adelantaban condiciones estivales normales para las temperaturas y precipitaciones a lo largo de costa Sudamericana.

Y entonces llegó enero del 2017. Mientras el Pacífico central experimentó un leve calentamiento llevando los valores de Niño3.4 a ~0°C, el extremo oriental del Pacífico se calentó más de 1.2°C y permaneció con ese nivel de anomalías por el resto del verano. Aunque el calentamiento superficial fue mayor más al sur (Fig. 1c), el índice Niño1+2 capturó buena parte de éste alcanzando valores sobre 1°C en el trimestre Enero-Marzo (Fig. 2), ubicándolo entre los 10 valores más altos del registro centenal. Esta condición cálida en el extremo oriental del Pacífico pero neutra o ligeramente

fría en la parte central es referida como El Niño Costero y ha ocurrido previamente en 1891 y 1925 (Takahashi & Martínez, 2017), siendo el evento del 2017 el más extremo (Garreaud 2018).

El calentamiento costero ocurrió durante la estación más cálida del año, elevando la TSM por sobre los 28°C desde el ecuador hasta los ~12°S, favoreciendo así el desarrollo de convección profunda. Las zona costera y la vertiente occidental de los Andes experimentaron frecuentes episodios de intensa precipitación desde mediados de enero hasta abril del 2017, con acumulaciones que en muchos casos superaron entre 10 a 15 veces los valores promedio en esta zona (Garreaud, 2018). Estas lluvias torrenciales dieron origen a aluviones (*Huaicos*) e inundaciones que dejaron un dramático saldo de más de 200 personas fallecidas, miles de viviendas afectadas y un masivo daño a la infraestructura pública y privada en Perú y Ecuador.

El calentamiento costero a comienzos del 2017 ocurrió de forma diferente a la evolución típica de un evento de El Niño, sin la llegada de una onda de Kelvin subsuperficial. La Fig. 3 muestra los valores diarios de TSM y viento frente a la costa central del

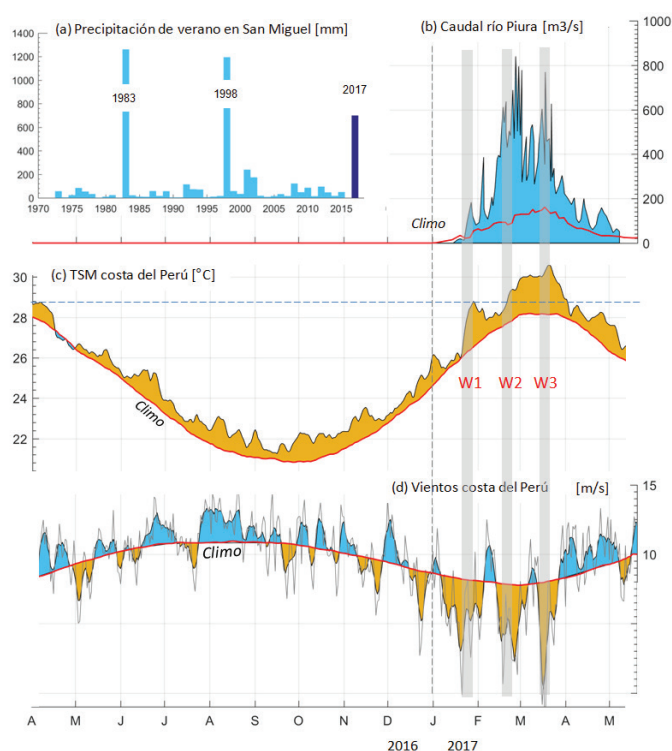


Figura 3. (a) Precipitación acumulada en los meses de verano en la estación San Miguel de Piura (5.2°S, 80.7°W, 30 m; Fuente de datos: SENAMHI). (b) Caudal diario del río Piura en Nacara (5.1°S, 80.2°S, 118 m; Fuente de datos: SENAMHI) desde abril del 2016 a mayo del 2017. (c) Valores diarios de la temperatura superficial del mar frente a la costa del Perú (10°-12°S, 82-80°W; Fuente de datos NOAA OI-SST). La curva roja es el promedio climatológico. (d) Viento a lo largo de la costa del Perú (10-12.5°S, 82.5°-80°W, Fuente de datos NCEP-NCAR Reanalysis). Valores positivos indican vientos favorables a la surgencia. La curva roja es el promedio climatológico. Las barras grises verticales indican los pulsos de calentamiento en el verano del 2017.

Perú. Un primer pulso de calentamiento (W1) ocurrió en menos de una semana en torno al 20 de enero, el cual coincide notablemente con un periodo de relajamiento de vientos del SE (favorables a la surgencia). Una mirada en detalle revela que el relajamiento de los vientos precede en cerca de una semana al aumento de TSM. Tal patrón se repite durante los pulsos de calentamiento W2 y W3 en febrero y marzo, respectivamente. Adicionalmente, la zona de calentamiento costero coincide con aquella que experimentó la mayor disminución de los vientos del SE.

La inferencia inevitable es que el calentamiento costero fue producto de la relajación de los vientos del SE a lo largo del costa Peruana. Pero, ¿qué causó esa relajación? En Garreaud (2018) se postula que las vacilaciones del flujo zonal (Oestes) en la troposfera libre y latitudes subtropicales jugaron un papel importante como forzante externo de El Niño costero del 2017. Este flujo es un ingrediente clave de la circulación atmosférica sobre el Pacífico oriental en latitudes bajas, debido a que su bloqueo por parte de la cordillera de los Andes resulta en subsidencia y flujo hacia el ecuador (Rodwell & Hoskins, 2001), enfriando la superficie del océano a través de la evaporación (Takahashi & Battisti, 2007)

y la mantención de la cubierta de estratos (Richter & Mechoso, 2006).

La Figura 4a muestra el flujo zonal en una columna al oeste de los Andes subtropicales. El viento del Este está típicamente confinado a los primeros 2 km sobre la superficie, de manera que el resto de la cordillera (hasta unos 5 km en estas latitudes) enfrenta vientos del oeste. Sin embargo, el flujo del oeste en la troposfera media es interrumpido por episodios de viento del este. De particular interés, cada pulso de calentamiento superficial (y débil viento costero) fue contemporáneo con periodos en que el viento del este se expandió a la troposfera media. El caso más notable ocurrió a mediados de enero, en concierto con W1, cuando los Estes dominaron toda la troposfera por un par de semanas. La ausencia de viento del oeste contra los Andes parece entonces haber debilitado el flujo hacia el ecuador en niveles bajos y este último habría causado el calentamiento.

El viento del Este durante W1 ocurrió en conexión con el establecimiento de una anomalía anticiclónica de un núcleo cálido centrada en 33°S-75°W que se identifica claramente en los niveles altos de la troposfera (Fig. 4b). Esta dorsal está a la vez conectada con un tren de

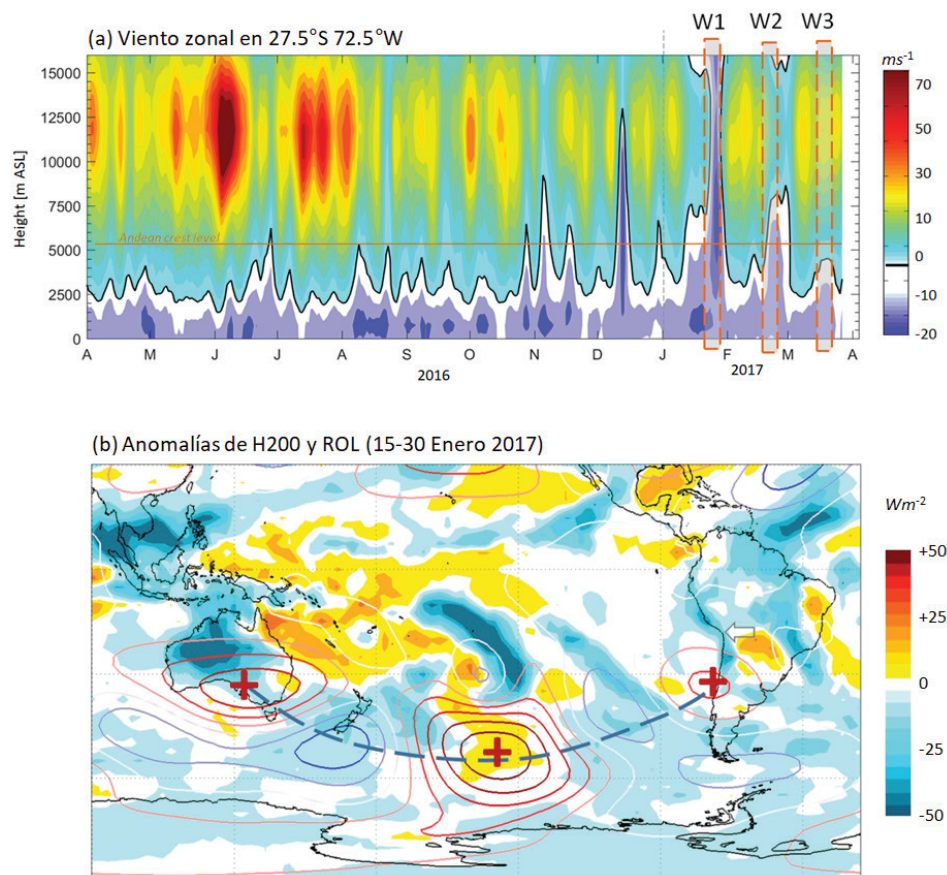


Figura 4. (a) Diagrama altura-tiempo del viento zonal en la columna situada a 27.5°S y 72.5°W (sobre el Pacífico subtropical, frente a la cordillera de los Andes), desde abril del 2016 a abril del 2017. Los rectángulos naranjo indican los pulsos de calentamiento indentificados en la Figura 3. (b) Mapa de anomalías de la altura geopotencial en 200 hPa (contornos cada 100 m) y la radiación infrarroja emergente (sombreado) durante el periodo 15-30 de enero del 2017 (Fuente de datos: NCEP-NCAR Reanalysis, NOAA-OLR).

ondas de Rossby propagándose a través del Pacífico sur (patrón PSA, Mo & Higgins, 1998) y posiblemente generada y mantenida por la persistente actividad convectiva sobre Australia. Condiciones similares existieron en los pulsos W2 y W3 (Garreaud 2018). El cese de los episodios de viento del Este en la troposfera subtropical en abril del 2017 coincide también con el término de los pulsos de calentamiento superficial y de El Niño costero.

PERSPECTIVAS FUTURAS

El mecanismo propuesto para el Niño costero de 2017 enfatiza una forzante externa de carácter atmosférico, la cual deberá ser validada analizando casos análogos y recurriendo a experimentos numéricos. Tampoco se descarta las retroalimentaciones del sistema océano-atmósfera a nivel más local como las propuestas por Takahashi & Martínez (2017) para explicar El Niño costero de 1925. Poner a prueba estas hipótesis ofrece una oportunidad para entender mejor El Niño costero y así contribuir a los esfuerzos de diagnóstico y predicción de estos eventos. El trabajo resumido aquí tiene por objetivo final motivar la discusión e investigación de este extraordinario fenómeno, aun elusivo y sorprendente.

REFERENCIAS

- Barnston, A. G., M. K. Tippett, M. L. L'Heureux, S. Li, and D. G. DeWitt (2012). Skill of real-time seasonal ENSO model predictions during 2002–11: Is our capability increasing?, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **93**(5), 631–651.
- Bell, G., M. L'Heureux, and M. S. Halpert (2017). ENSO and the tropical Pacific [in "State of 410 the Climate in 2016"]. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **98**, S93–S98.
- Diaz, H. F., and V. Markgraf (2000). *El Niño and the Southern Oscillation: multiscale variability and global and regional impacts*, Cambridge University Press.
- Eisenman, I., L. Yu, and E. Tziperman (2005). Westerly wind bursts: ENSO's tail rather than the dog?, *J. Climate*, **18**(24), 5224–5238.
- Garreaud, R., M. Vuille, R. Compagnucci and J. Marengo (2008). Present-day South American Climate. *PALAEO*, **281**, 180–195, doi:10.1016/j.paleo.2007.10.032.
- Garreaud, R. D., C. Alvarez-Garreton, J. Barichivich, J. P. Boisier, C. Duncan, M. Galleguillos, C. LeQuesne, J. McPhee, and M. Zambrano-Bigiarini (2017). The 2010–2015 megadrought in central Chile: impacts on regional hydroclimate and vegetation, *Hydrology and Earth System Sciences*, **21**(12), 6307.
- Garreaud, R., (2018). A plausible atmospheric trigger for the 2017 coastal El Niño. Accepted in *Int. Journal of Climatology*. December 2017
- Hu, S., and A. V. Fedorov (2016). Exceptionally strong easterly wind burst stalling El Niño of 2014, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **113**(8), 2005–2010.
- Levine, A. F., and M. J. McPhaden (2016). How the July 2014 easterly wind burst gave the 2015–2016 El Niño a head start, *Geophysical Research Letters*, **43**(12), 6503–6510.
- Meinen, C. S., M. J. McPhaden, 2000. Observations of warm water volume changes in the equatorial Pacific and their relationship to El Niño and La Niña. *J. Climate*, **13**, 3551–3559
- Mo, K. C., and R. W. Higgins (1998). The Pacific–South American modes and tropical convection during the Southern Hemisphere winter, *Mon Wea Rev*, **126**(6), 1581–1596.
- Neelin, J. D., D. S. Battisti, A. C. Hirst, F. F. Jin, Y. Wakata, T. Yamagata, and S. E. Zebiak (1998). ENSO theory, *J. Geophysical Research: Oceans*, **103**(C7), 14261–14290.
- Richter, I., and C. Mechoso. 2006. Orographic influences on subtropical stratocumulus. *J. Atmos. Sci.*, **63**, 2585–2601.
- Rodwell, M. J., and B. J. Hoskins. 2001. Subtropical anticyclones and summer monsoons. *J. of Climate*, **14**, 3192–3211
- Siler, N., Y. Kosaka, S.-P. Xie, and X. Li (2017). Tropical Ocean Contributions to California's Surprisingly Dry El Niño of 2015/16, *Journal of Climate*, **30**(24), 10067–10079.
- Takahashi, K., A. Montecinos, K. Goubanova, and B. Dewitte (2011). ENSO regimes: Reinterpreting the canonical and Modoki El Niño, *Geophysical Research Letters*, **38**(10).
- Takahashi, K., and D. S. Battisti (2007). Processes controlling the mean tropical Pacific precipitation pattern. Part I: The Andes and the eastern Pacific ITCZ, *Journal of Climate*, **20**(14), 3434–3451.
- Takahashi, K., and B. Dewitte (2016). Strong and moderate nonlinear El Niño regimes, *Climate Dynamics*, **46**(5–6), 1627–1645.
- Takahashi, K., and A. G. Martínez (2017). The very strong coastal El Niño in 1925 in the far-eastern Pacific, *Climate Dynamics*, 1–27.

Observando el océano durante el evento El Niño costero 2017

André Galdos y Kobi Mosquera
Instituto Geofísico del Perú

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

En contraste con los eventos El Niño de 1982-1983 y 1997-1998, El Niño costero de 2017 se caracterizó, principalmente, por el aumento repentino de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en el extremo oriental a mediados de enero de 2017 (ENFEN, 2017). El escenario general del Pacífico tropical, previo a ese momento, indicaba la transición hacia condiciones normales en el Pacífico Central luego de un evento La Niña de magnitud débil (NOAA, 2016). Las primeras investigaciones y reportes, relacionadas a este evento, indican por un lado que esto pudo deberse a procesos locales como lo acontecido en el evento El Niño 1925 (ENFEN, 2017) y que es descrito en detalle por Takahashi y Martinez (2017). Por otro lado, Garreaud (2018a) explica que el evento El Niño costero de 2017 podría haberse alimentado, en su inicio, por una teleconexión atmosférica proveniente de Australia. En ambos casos se descarta la presencia de ondas Kelvin como "gatilladores" del evento, aunque se considera, según información observada y de modelos simples, que estas ondas estuvieron presentes durante el verano de 2017 con un rol secundario en el incremento de la TSM (ENFEN, 2017). Entonces, el objetivo de este documento es mostrar las características oceánicas cerca a la costa norte del Perú durante El Niño costero 2017 usando una boya derivadora del proyecto ARGO (Roemmich et al., 2009). Se espera que estos resultados preliminares complementen la "visión" que se tiene de dicho evento.

METODOLOGÍA

Como parte del monitoreo de la anomalía de la termoclina ecuatorial de 20°C, el IGP recoge diariamente la información de los datos ARGO (Aparco et al., 2014) accediendo libremente a través del proyecto CORIOLIS (<ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/argo>). Estos mismos datos son tomados en este reporte identificando primero el flotador frente a Piura, con código=3901231. Según la información de cada uno de los flotadores, estos son parte de un proyecto del Woods Hole Oceanographic Institution. Algo a resaltar es que este flotador, durante el evento El Niño costero 2017, no derivó demasiado por lo que, en una primera aproximación, puede ser representativo de cierta zona de la región costera [83°W-82°W y 4.5°S-5°S]. Asimismo, se ha utilizado la información del reanalysis oceánico GODAS (Behringer, 2004) para calcular una climatología (1981-2010), la cual es usada para estimar la anomalía de la temperatura del mar de los datos Argo. Finalmente, para tener una visión general de lo que ocurrió en la región del Pacífico Ecuatorial, en lo que respecta a la actividad de ondas Kelvin oceánicas, se usa la información del producto DUACS (AVISO, 2016) con una climatología 1993-2010.

ANOMALÍA DEL NIVEL DEL MAR EN LA REGIÓN DEL PACÍFICO ECUATORIAL

El escenario de la anomalía del nivel del mar (ANM) en el Pacífico Ecuatorial muestra la presencia de valores positivos desde mediados de noviembre de 2016 hasta fines de setiembre de 2017 con la presencia de anomalías que se desplazan hacia el este (ver Figura 1a), las cuales deben ser ondas Kelvin ecuatoriales. Para interpretar mejor la ANM, ésta se descompone en anomalías interanuales (obtenidas de la media corrida de 120 días de la ANM, ver Figura 1b) e intraestacionales (calculada de la diferencia entre la ANM y su anomalía interanual, ver Figura 1c). En la variación interanual se puede apreciar que al este de 150°W la anomalía positiva alcanza valores de 6 cm entre febrero y junio; y en el extremo occidental, entre octubre 2016 y julio 2017, las anomalías llegan a 9 cm (ver Figura 1b). En lo que respecta a la anomalía intraestacional, se distinguen, entre noviembre de 2016 y setiembre de 2017, cuatro ondas Kelvin cálidas con anomalías de 3 cm que alcanzan la costa americana.

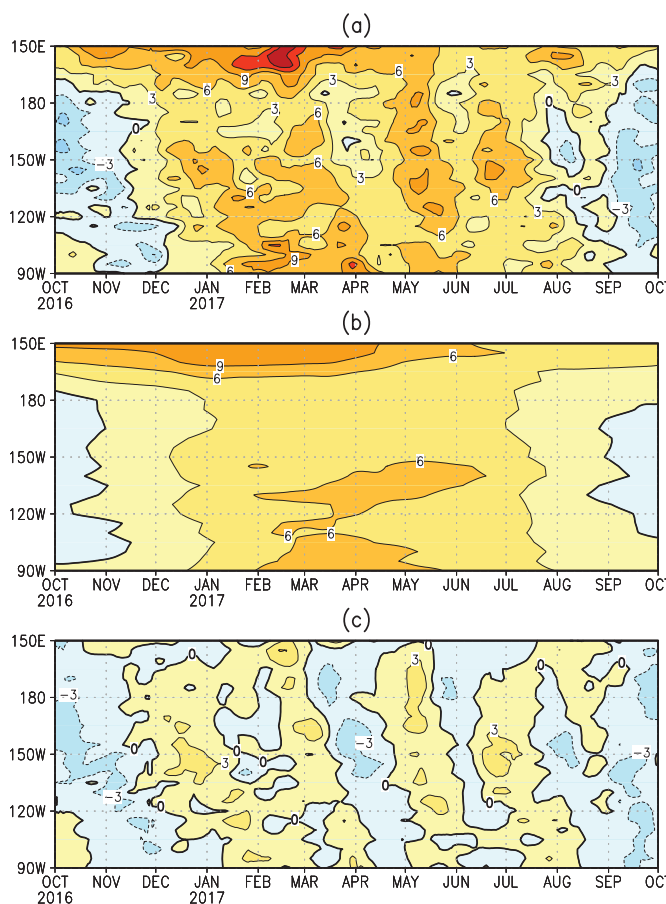


Figura 1. Gráficos de Tiempo vs Longitud de la anomalía del nivel del mar en la franja ecuatorial: (a) anomalía total, (b) media corrida de 120 días de (a), y (c) anomalía intraestacional. El periodo climatológico va de 1993 a 2010.

ANOMALÍA DE LA TEMPERATURA DEL MAR FRENTE A PIURA

En la Figura 2 se observa la anomalía de la temperatura del mar estimada a partir de los datos Argo en los primeros 100 m de profundidad desde el 1 de octubre de 2016 al 30 de setiembre de 2017. Durante el año 2016 se observaron anomalías positivas y negativas mayormente dentro de los primeros 40 o 50 metros de profundidad. Es posible que las anomalías negativas, observadas entre el 15 de noviembre y el 15 de diciembre de 2016, tengan una conexión ecuatorial, pues la información de nivel del mar (Figura 1c) muestra una señal de onda Kelvin fría que se aproxima a la región costera. Esto también se observa en la información del Instituto del Mar del Perú (IMARPE) específicamente en el "Punto fijo de Paita" descrito en ENFEN (2017).

En la quincena del mes de enero de 2017 se observan anomalías positivas de la TSM en los primeros 15 metros que se extendió, con una anomalía de 1°C (2°C) hasta los 100 m de profundidad en marzo (abril). En el periodo de enero-marzo de 2017 se observan principalmente tres picos de anomalías: 1) en la primera quincena de enero (5°C) entre 15 y 25 metros, 2) en la primera quincena de febrero (7°C) entre 20 y 40 metros, y 3) a fines del mes de marzo (6°C) alrededor de 20 metros. Los dos primeros picos podrían estar relacionados con los pulsos de viento indicados en la Figura 3 de Garreaud (2018b), publicada en este boletín, aunque con una diferencia temporal de aproximadamente 15 días.

Entre abril y mayo de 2017 se observa una anomalía negativa en los primeros 40 metros y luego una positiva a fines de mayo que tuvo un pico de 3°C entre 40 y 60 metros de profundidad. Finalmente las anomalías negativas dominan los primeros 40 metros.

COMENTARIOS

Si bien existe evidencia que el debilitamiento de los vientos alisios tuvieron un rol en el inicio de El Niño Costero 2017, tampoco se puede descartar que algunos procesos de gran escala; como lo observado en el nivel del mar en la franja ecuatorial, y que duró entre noviembre de 2016 y setiembre 2017; pudieron contribuir a este evento. En relación a la presencia de ondas Kelvin, es posible que los pulsos de viento a lo largo de la costa peruana indicados por Garreaud (2018a) hayan transmitido *momentum* para generar ondas Kelvin oceánicas muy cerca de la costa peruana, incluso a lo largo de ella. Mayor análisis de la información oceánica existente, ya sea con datos observados o *reanalysis* de alta resolución que puedan resolver con mayor precisión la dinámica oceánica cerca de la costa, como el producto MERCATOR (<https://www.mercator-ocean.fr/>), así como simulaciones numéricas

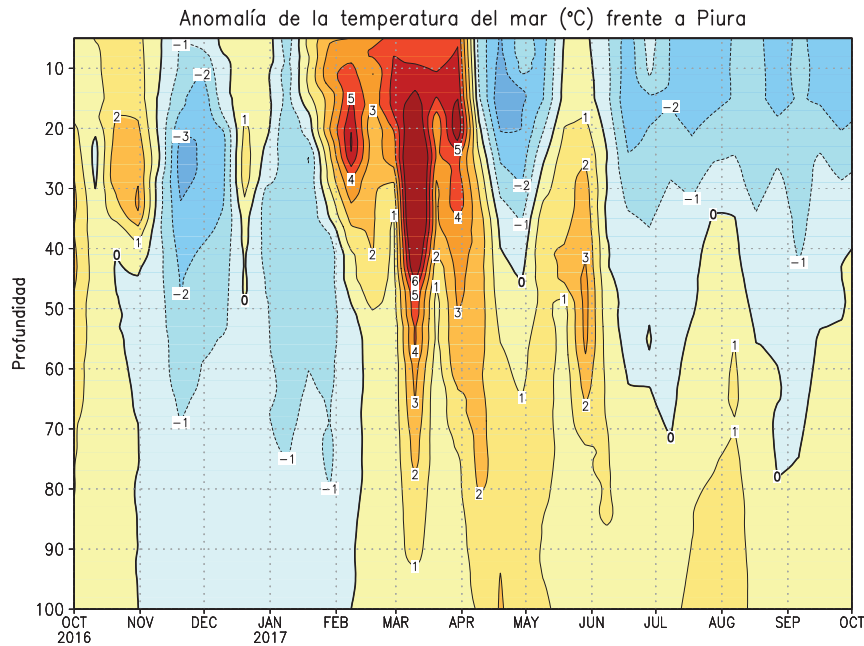


Figura 2. Anomalía de la temperatura del mar frente a Piura obtenida de un flotador ARGO (código= 3901231).

con modelos simples y complejos, son necesarias para descartar o aceptar el rol de las ondas Kelvin oceánicas u otros procesos oceánicos que dieron en durante este evento.

REFERENCIAS

Aparco J., K. Mosquera, K. Takahashi, 2014. Flotadores Argo para el cálculo de la anomalía de la profundidad de la termoclina ecuatorial (Aplicación Operacional), Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, Mayo, 1, 5.

AVISO, 2016. SSALTO/DUACS User Handbook: MSLA and (M)ADT Near-Real Time And Delayed Time Products. CLS-DOS-NT-06-034. SALPMU-P-EA-21065-CLS. 5rev 0.

Behringer, D. W., and Y. Xue, 2004. Evaluation of the global ocean data assimilation system at NCEP: The Pacific 2cean, 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

ENFEN, 2017. El Niño Costero 2017. Informe técnico extraordinario. ENFEN 01-2017, 31 pp.

Garreaud, R. D. (2018a). A plausible atmospheric trigger for the 2017 coastal El Niño. *Int. J. Climatol.* doi:10.1002/joc.5426

Garreaud, R. D. (2018b). Tres Niños Sorprendentes, Boletín Técnico "Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño", Vol. 5, N° 1 Enero, 4-7, Instituto Geofísico del Perú.

NOAA (2016). El Niño/Southern Oscillation (ENSO) Diagnostic Discussion del 8 de diciembre de 2016: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_disc_dec2016/ensodisc.pdf

Roemmich, D., G.C. Johnson, S. Riser, R. Davis, J. Gilson, W.B. Owens, S.L. Garzoli, C. Schmid, and . 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., Martínez A., 2017. The very strong coastal El Niño 1925 in the far-eastern Pacific. *Climate Dynamics*. DOI: 10.1007/s00382-017-3702-1.

Resumen del Informe Técnico

PP N° 068/El Niño-IGP/2017-12

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

RESUMEN

Según el valor del Índice Costero El Niño (ICEN), basado en los datos de ERSST v3b para el mes de noviembre de 2017 la condición climática para la costa peruana fue de Fría Fuerte (-1.54), al igual que el valor del ICENOI (-1.62), calculado con datos de OISSTv2. Los valores temporales del ICEN (ICENtmp) y el ICENOI (ICENOItmp) para el mes de diciembre son Frías Fuertes y Frías Moderadas, respectivamente, y para el mes de enero 2018 coinciden en condiciones Frías Débiles. En lo que respecta al Pacífico Central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI) de la NOAA indica que noviembre tuvo una condición Fría Débil; los índices temporales estimados para diciembre y enero de 2018, también indican condiciones Frías Débiles.

Según el análisis de los modelos oceánicos utilizados y los datos observados, se espera que la temperatura superficial del mar (TSM) en el litoral peruano se presente con valores alrededor de lo normal a partir del mes de febrero del año 2018, sin embargo, las anomalías continuarían presentándose ligeramente negativas.

Para el pronóstico a largo plazo, los siete modelos numéricos de NMME, inicializados con condiciones del mes de enero de 2018, predicen, en promedio, a pesar de mostrar anomalías ligeramente negativas, condiciones del tipo Neutral en el Pacífico oriental hasta el mes de julio de 2018.

En la región del Pacífico central ecuatorial, el promedio de los modelos de NMME muestran condiciones frías débiles hasta el mes de abril de 2018.

Si bien lo anterior indica pocas probabilidades de que se pueda repetir un evento similar a El Niño costero

de 2017, no se puede descartar un escenario de lluvias en el norte como el observado en el verano de 2008 durante La Niña en el Pacífico central. Este escenario es más probable ya que existe la presencia de una onda Kelvin cálida que probablemente llegue a la costa peruana a partir del mes de febrero.

ÍNDICE COSTERO EL NIÑO

Utilizando los datos de Temperatura Superficial del Mar (TSM) promediados sobre la región Niño1+2; actualizados hasta el mes de diciembre de 2017 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 noviembre de 2017. Los valores se muestran en la Tabla 1. El valor de noviembre corresponde a una condición Fría Fuerte.

Según los valores del ICENtmp, se estima que en los meses de diciembre de 2017 y enero de 2018 las condiciones serían Fría Fuerte y Fría Débil, respectivamente. El ICEN de diciembre será confirmado cuando se disponga del valor de ERSST para el mes de enero de 2018.

Año	Mes	ICEN (°C)	Condiciones
2017	Agosto	-0.75	Neutra
2017	Setiembre	-0.98	Neutra
2017	Octubre	-1.17	Fría Débil
2017	Noviembre	-1.54	Fría Fuerte

Tabla 1. Valores recientes del ICEN (ERSST v3b).

Los valores del ICENOI_{tmp} estimados para diciembre y enero 2018 corresponden a condición Fría Moderada y Fría Débil, respectivamente. El ICENOI de diciembre será confirmado cuando se disponga del valor de OISST v2 para el mes de enero de 2018.

Por otro lado, para el Pacífico Central (Niño 3.4), el ONI (*Ocean Niño Index* en inglés; <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/oni.ascii.txt>), actualizado por la NOAA al mes de noviembre de 2017, es de -0.88°C , correspondiente a condición Fría Débil.

DIAGNÓSTICO DEL PACÍFICO ECUATORIAL

Según los datos (IR, MW, OSTIA), en el Pacífico central las anomalías de la TSM diaria se presentaron en el rango de condiciones frías, manteniéndose en el orden de -0.8°C a -0.9°C y con una tendencia positiva. Para la región Niño 1+2, la anomalía de la TSM también indica valores negativos, con un promedio de -1.5°C , aunque, al igual que el Pacífico central, muestra una tendencia positiva para el mes de enero

En diciembre el esfuerzo de viento zonal mensual en el Pacífico central (160°E - 160°W ; 5°S - 5°N) continuó con

anomalía del este, siendo de menor magnitud que el mes anterior; las máximas anomalías negativas se observaron en la primera semana del mes entre (165°E - 140°W), por otro lado, también se observaron anomalías positivas en la primera semana del mes entre (140°E - 150°E), y entre 140° y 120°W . La actividad convectiva en el Pacífico ecuatorial central-oriental, continuó inferior a su climatología y el patrón anómalo de convección ecuatorial siguió indicando un desplazamiento hacia el Pacífico occidental, consistente con condiciones atmosféricas tipo La Niña. La carga/descarga durante el mes de diciembre mostró, en promedio, un valor neutral y la inclinación de la termoclina ecuatorial se presentó ligeramente inclinada.

Las corrientes zonales calculadas por GODAS en el Pacífico Ecuatorial, durante el mes de diciembre, continuaron mostrando anomalías negativas (corrientes hacia el oeste) en la parte superior del océano, principalmente entre 140°W y 90°W . Esto podría ser la consecuencia de la presencia de ondas Kelvin frías según los datos de la profundidad de la termoclina del producto ARGO+TAO y modelos lineales, originadas por pulsos de vientos del Este relativamente intensos, los cuales se localizaron al oeste de 150°W .

Aún se observa la presencia de ondas Kelvin frías al este de 160°W en el Pacífico ecuatorial. Al oeste de 160°W

¹ Los umbrales para establecer la categoría de condiciones cálidas o frías débiles, moderadas, fuertes, y muy fuertes usando el ONI son ± 0.50 , ± 1.00 , ± 1.50 , y ± 2.00 , respectivamente (Nota Técnica ENFEN, 02-2015).

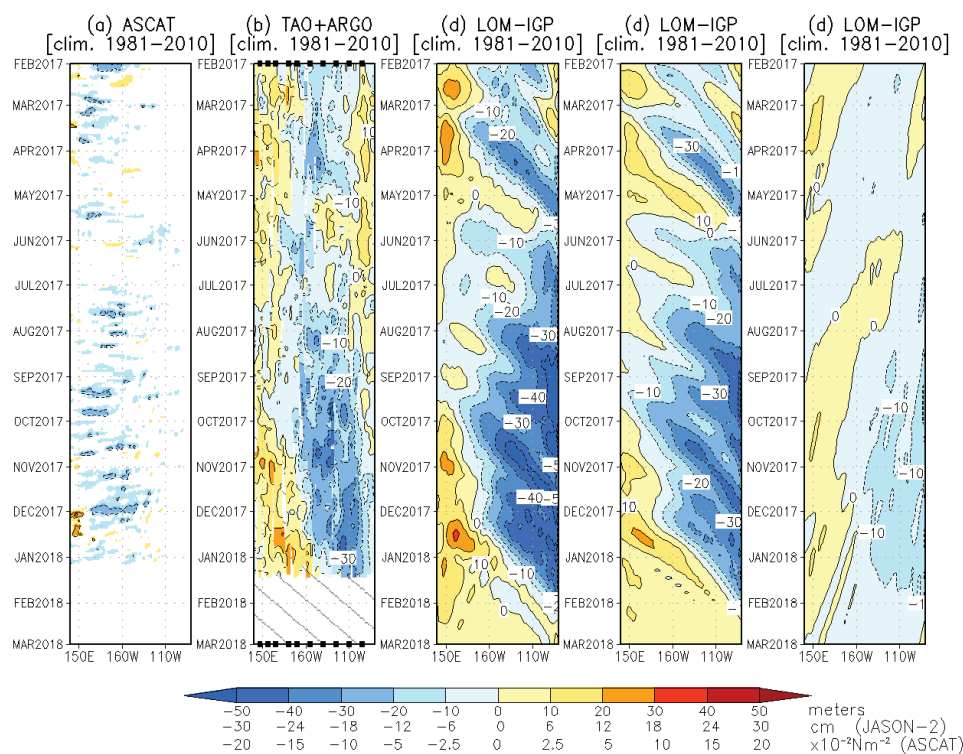


Figura 1. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escatérmetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO y los derivados de ARGO (b) diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) y finalmente diagrama de la onda Rossby, calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT, y $\tau=0$ para el pronóstico). Las líneas diagonales representan la trayectoria de una onda Kelvin si tuviera una velocidad de 2.6 m/s . (Elaboración: IGP)

se observa la presencia de ondas Kelvin cálidas que se habrían formado por pulsos de viento del oeste en dicha región durante el mes de diciembre. A la fecha, la señal de la onda Kelvin en la termoclina (TAO+ARGO) se localiza en 160°W, mientras que dicha señal en el nivel del mar (DUACS) se localiza entre 140° a 120°W. Esta señal se sumaría a la señal de onda Kelvin cálida producida por la reflexión de ondas Rossby cálidas.

PRONÓSTICO A CORTO PLAZO CON MODELO DE ONDAS Y OBSERVACIONES

Según los pronósticos de los modelos GFS y CFS, como el mes anterior se espera que en las próximas semanas se produzcan anomalías de viento del este, entre 160°E y 160°W en la franja del Pacífico Ecuatorial. Si esto se diera, entonces estos vientos podrían proyectarse en ondas Kelvin frías que contribuiría en mantener (e incluso disminuir más) la anomalía negativa de la profundidad de la termoclina, principalmente en el Pacífico Oriental, en los siguientes meses.

La onda Kelvin cálida observada en la zona occidental del Pacífico, podría contribuir a aminorar las anomalías negativas de la profundidad de la termoclina en el Pacífico central y oriental, y de no existir vientos del este en su trayectoria, llegaría en el mes de febrero.

PRONÓSTICO ESTACIONAL CON MODELOS CLIMÁTICOS

Según los 7 modelos climáticos de NMME (CFSv2, NASA_GEOS5, FLOR, CM2.1, NCAR_CCM4, CMC1 y CMC2), con condiciones iniciales de enero para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), indican en promedio condiciones neutras de febrero a julio de 2018, (Fig. 2), sin embargo estos índices son negativos. Para el mes de enero 2 de 7 modelos indican condiciones frías fuertes, 1 modelo indica condiciones frías moderadas, 3 modelos condiciones frías débiles y 1 modelo condición neutras.

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), según los modelos de NMME, inicializados en enero, para el mes de febrero de 2018, 2 de 7 modelos indican condiciones frías moderadas, 5 modelos indican frías débiles. El pronóstico promedio de los modelos de NMME y el modelo BoM POAMA continúan indicando la presencia de La Niña de magnitud débil para el verano 2017/18. Considerando los modelos JMA MRI, UKMO, y ECMWF, inicializado en diciembre, también indican La Niña débil para el mismo periodo.

El patrón espacial proyectado de TSM y de precipitación pronosticado es típico de La Niña, con ausencia de calentamiento en el Pacífico sudeste (frente a norte de Chile) y en la costa de Perú como en el 2016. Asimismo,

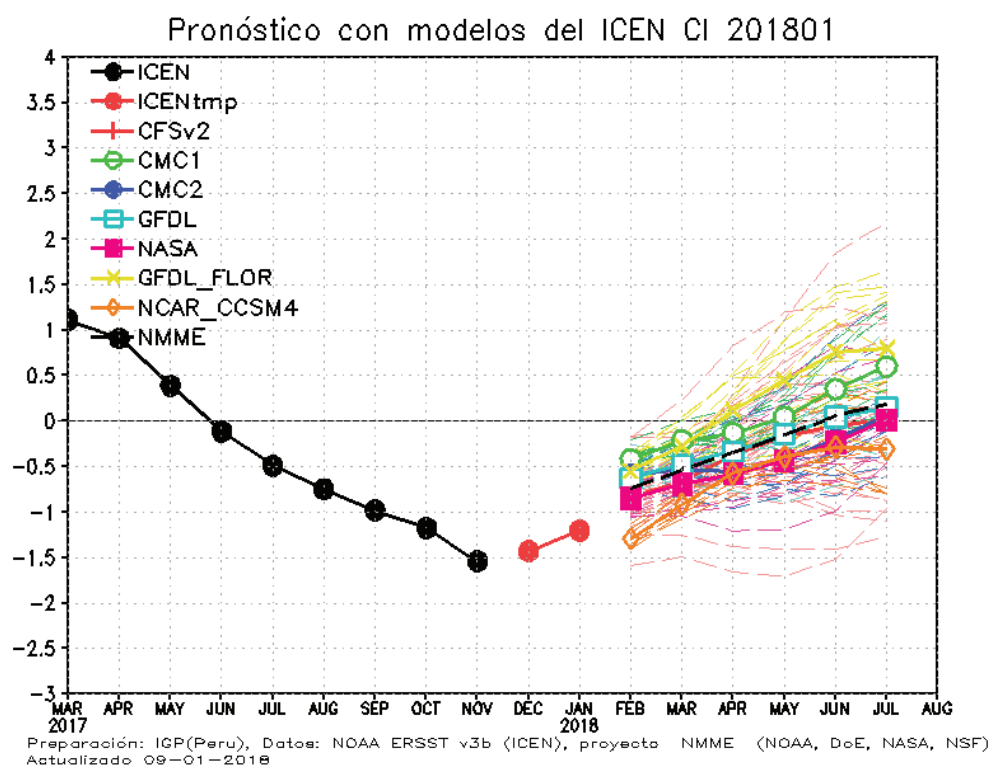


Figura 2. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y su valor temporal (ICENTmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 tienen como condición inicial el mes de enero de 2018. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME).

no se prevé mayor lluvia en la banda sur de la ZCIT en el verano/otoño de 2018 como en los pronósticos del 2016. Esto indica pocas probabilidades de que se pueda repetir un evento similar a El Niño costero de 2017, aunque no se puede descartar un escenario de lluvias en el norte como el sucedido en febrero del año 2008, fecha en la cual se desarrollaba un evento La Niña en el Pacífico Central.

CONCLUSIONES

1. El ICEN para noviembre de 2017 fue de -1.54 (Fría Fuerte) y el ICENtmp para diciembre de 2017 y enero 2018 es -1.43 (Fría Moderada) y -1.20 (Fría débil). Usando OI mensual para el cálculo (ICENOI), los valores correspondientes son -1.62 (Fría Fuerte), y los temporales -1.37 (Fría Moderada) y -1.16 (Fría Débil).

2. En el Pacífico central, el ONI de noviembre (OND) correspondieron a condiciones Frías Débiles y el estimado para diciembre también sería de condiciones Fría Débil. La ATSM en la región Niño 3.4, fue en promedio -0.7.

3. En diciembre, según TAO, el viento zonal ecuatorial presentó pequeñas anomalías del este en el Pacífico central-occidental (al oeste de 140°W, aproximadamente). Por otro lado, entre 140° y 120°W se siguen observando anomalías débiles del oeste.

4. El patrón anómalo de convección ecuatorial sigue indicando desplazamiento hacia el Pacífico occidental, consistente con condiciones tipo La Niña.

5. La inclinación de la termoclina ecuatorial se presentó ligeramente inclinada. La carga/descarga durante el mes de diciembre mostró, en promedio, un valor neutral.

6. Durante el mes de diciembre; según los datos de ASCAT, NCEP y TAO; se observaron dos pulsos de viento del oeste al oeste de 160°W.

7. Si bien aún se observa ondas Kelvin frías al este de 160°W del Pacífico ecuatorial, los pulsos de viento del oeste observados en diciembre habrían contribuido en la formación de una onda Kelvin cálida cuya señal en la profundidad de la termoclina (TAO+ARGO) se observa en 160°W, mientras que en el nivel del mar (DUACS) se localizaría entre 140° a 120°W.

8. Las anomalías positivas de la profundidad de la termoclina en el extremo occidental –central se deberían, aparentemente, a la presencia de una Kelvin cálida producto de la reflexión de las ondas Rossby y forzadas por pulsos de viento del oeste.

9. Hay que indicar que el modelo de ondas, por el momento, está sobreestimando la anomalías negativas

de la profundidad de la termoclina en el extremo oriental cuando es forzado con ASCAT y, en menor medida, con NCEP.

10. Para las próximas semanas, el modelo GFS y el CFS, como el mes anterior, predicen anomalías de viento del este, entre 160°E y 160°W, en la franja del Pacífico Ecuatorial. De darse este escenario, estos vientos podrían proyectarse en ondas Kelvin frías que contribuirían a mantener la anomalía negativa de la profundidad de la termoclina, principalmente, en el Pacífico Oriental, en los siguientes meses.

11. La onda Kelvin cálida que se observa en el Pacífico Occidental podría contribuir a disminuir las anomalías negativas en el Pacífico central y oriental y, de no existir vientos del este en su trayectoria, llegaría en el mes de febrero.

12. Los pronósticos de los modelos (NMME y otros) continúan indicando la probabilidad de condiciones La Niña en el Pacífico central ecuatorial. El patrón espacial proyectado de TSM y de precipitación pronosticado es típico de La Niña, con ausencia de calentamiento en el Pacífico sudeste (frente a norte de Chile) y en la costa de Perú como en el 2016. Asimismo, no se prevé mayor lluvia en la banda sur de la ZCIT en el verano/otoño de 2018 tal como se mostró en los pronósticos del año 2016 para este mes. Esto indica pocas probabilidades de que se pueda repetir un evento similar a El Niño costero del año 2017, aunque no se puede descartar un escenario de lluvias en el norte durante el evento La Niña 2008, más aún si se tiene la potencial llegada de una onda Kelvin a partir del mes de febrero.

13. Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), los modelos de NMME en promedio indican condiciones Neutras de febrero a julio de 2018; sin embargo estos pronósticos continúan siendo negativos. Para febrero 2 de 7 modelos indica condición fría moderadas y 5 modelos condiciones neutra. Para los siguientes meses (marzo-junio) todos los modelos indican condiciones neutras.

14. Para el Pacífico central (Región Niño 3.4), para los meses de enero y febrero 2 de 7 modelos de NMME indican condiciones frías Modeladas, 5 modelos frías débiles. El promedio de los modelos de NMME y el modelo BoM POAMA indican La Niña de magnitud Débil para el verano (DEFM) 2017/18.

REFERENCIAS

- Aparco J., K. Mosquera y K. Takahashi, 2014: Flotadores Argo para el cálculo de la anomalía de la profundidad de la termoclina ecuatorial (Aplicación Operacional), Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, Mayo, 1, 5.
- Cravatte, S., W. S. Kessler, N. Smith, S. E. Wijffels, Ando, K., Cronin, M., Farrar, T., Guilyardi, E., Kumar, A., Lee, T., Roemmich, D., Serra, Y., Sprintall, J., Strutton, P., Sutton, A., Takahashi, K. y Wittenberg, A., 2016: First Report of TPOS 2020. GOOS-215, 200 pp. [<http://tpos2020.org/first-report>]
- DiNezio, P., 2016: Desafíos en la predicción de La Niña, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, 3 (9), 4-8.
- ENFEN 2012: Definición operacional de los eventos "El Niño" y "La Niña" y sus magnitudes en la costa del Perú. Nota Técnica ENFEN.
- ENFEN 2015: Pronóstico probabilístico de la magnitud de El Niño costero en el verano 2015-2016. Nota Técnica ENFEN 02-2015.
- Huang, B., Thorne, P.W., Banzon, V.F., Boyer, T., Chepurin, G., Lawrimore, J. H., Menne, M. J., Smith, T. M., Vose, R. S., Zhang, H.-M., 2017: Extended Reconstructed Sea Surface Temperature version 5 (ERSSTv5): Upgrades, validations, and intercomparisons, J. Climate, doi: 10.1175/JCLI-D-16-0836.1
- Kug, J.-S., Jin, F.-F., An, S.-I., 2009: Two types of El Niño events: Cold tongue El Niño and warm pool El Niño. J. Climate 22, 6, 1499–1515, doi:10.1175/2008JCLI2624.1.
- Lavado-Casimiro, W., Espinoza, J. C., 2014: Impactos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú (1965-2007), Revista Brasileira de Meteorología, 29 (2), 171-182.
- Meehl G, Hu A, Teng H, 2016: Initialized decadal prediction for transition to positive phase of the Interdecadal Pacific Oscillation. Nature Communications, doi: 10.1038/ncomms11718
- Morera, S. B., Condom, T., Crave, A., Steer, P., and Guyot, J. L., 2017: The impact of extreme El Niño events on modern sediment transport along the western Peruvian Andes (1968-2012). Scientific Reports, v. 7, No. 1, p. 11947 DOI:10.1038/s41598-017-12220-x.
- Mosquera, K., 2009: Variabilidad Intra-estacional de la Onda de Kelvin Ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación Numérica y datos observados. Tesis para obtener el grado de Magíster en Física - Mención Geofísica en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Mosquera, K., B. Dewitte y P. Lagos, 2010: 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, Lima, Año 5, No9, julio-diciembre de 2010, p. 55.
- 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", Instituto Geofísico del Perú, Enero, 1, 1, 4-7
- Reupo, J., y Takahashi, K., 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", Instituto Geofísico del Perú, Enero, 1, 1, 8-9.
- Sulca, J., Takahashi, K., Espinoza, J.C., Vuille, M. and Lavado-Casimiro, W., 2017: Impacts of different ENSO flavors and tropical Pacific convection variability (ITCZ, SPCZ) on austral summer rainfall in South America, with a focus on Peru. Int. J. Climatol. Doi:10.1002/joc.5185
- Takahashi, K., 2017: Verificación de los pronósticos probabilísticos de El Niño y La Niña costeros. Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, 4 (8), 8-9.
- Takahashi, K., Martínez, A. G., 2016: The very strong El Niño in 1925 in the far-eastern Pacific. Climate Dynamics, doi: 10.1007/s00382-017-3702-1.
- Thoma M, Greatbatch R, Kadow C, Gerdes R, 2015: Decadal hindcasts initialized using observed surface wind stress: Evaluation and prediction out to 2024. Geophys. Res. Lett. doi:10.1002/2015GL064833

Comunicado oficial ENFEN



COMISIÓN MULTISECTORIAL ENCARGADA DEL
ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO "EL NIÑO" - ENFEN

COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 01- 2018
Estado del sistema de alerta: Alerta de La Niña Costera¹

La Comisión Multisectorial ENFEN mantiene el estado de Alerta de "La Niña Costera"¹, debido a la persistencia de las condiciones frías actuales en la superficie del mar en la región Niño 1+2. Sin embargo, se espera la normalización de las condiciones en la temperatura de la superficie del mar en los próximos dos meses.

Por otro lado, se espera que persistan las condiciones de La Niña en el Pacífico central en lo que resta del verano 2018, manteniendo la mayor probabilidad de lluvias por encima de lo normal en las regiones andina y amazónica. No se descarta lluvias intensas en la zona costera entre Tumbes y Piura, tal y como ocurrió en el verano del año 2008, durante La Niña 2007-2008 del Pacífico Central (SENAMHI, 2018)

La Comisión encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) se reunió para analizar y actualizar la información de las condiciones meteorológicas, oceanográficas, biológico-pesqueras e hidrológicas correspondiente al mes de diciembre 2017. En todo el Pacífico ecuatorial se mantuvieron condiciones frías, con anomalías negativas de la TSM del orden de -0,8°C en la región central (Niño 3.4) y de -1,5°C en la región oriental (Niño 1+2). (Figura 1a, 1b).

En la región del Pacífico ecuatorial se observa la presencia de ondas Kelvin frías así como una onda Kelvin cálida al Este y Oeste de los 160°W respectivamente. La onda Kelvin cálida se habría formado por la presencia de pulsos de vientos del Oeste en el Pacífico Occidental en la primera quincena de diciembre del 2017.

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS) presentó una configuración y posición, en promedio, dentro de lo normal. El alejamiento y debilitamiento del APS en la segunda quincena del mes mantuvo los vientos costeros con magnitud ligeramente débil a lo largo del litoral.

Para noviembre el Índice Costero El Niño (ICEN) tomó valores de -1,62°C (fuente NCEP OI SST v2) y -1,54°C (fuente ERSST v3) que correspondió a condiciones frías fuerte del agua de mar, esto como parte del desarrollo de La Niña Costera.

A lo largo del litoral peruano la temperatura superficial del mar (TSM) se mantuvo por debajo lo normal con anomalías negativas del orden de -0,6°C a -1,7°C. Por otro lado el nivel medio del mar (NMM) continuó con valores cercanos a lo normal.

En la franja de 100 millas frente a Paita continuaron las condiciones frías con anomalías de hasta -2°C dentro de los

50 m de profundidad cerca de la costa. Las aguas oceánicas de alta salinidad se aproximaron hasta 20 millas de la costa entre Casma y Pisco. Frente a la costa sur se desarrollaron anomalías positivas de la TSM de hasta +1°C asociada al acercamiento de las aguas oceánicas desde la segunda quincena de diciembre. En la zona costera, dentro de las 10 mn, persistieron las anomalías negativas de la temperatura sobre los 100 m de profundidad entre Paita y Callao.

Las temperaturas del aire se presentaron ligeramente por debajo de sus rangos normales a lo largo del litoral peruano. (Ver Cuadro 1).

Durante el mes de diciembre, los ríos de la costa presentaron caudales debajo de sus valores normales, excepto el río Chira y Chancay Lambayeque que presentaron valores por encima de su normal (60 m³/s y 50 m³/s respectivamente). Las reservas hídricas en la costa norte alcanzaron 48%, en promedio, respecto a la capacidad hidráulica de los principales embalses. En el sur, el sistema hidráulico Colca – Chili (Arequipa) viene operando al 48% en promedio, mientras que Pasto Grande (Moquegua) presenta déficit de almacenamiento (26%). En promedio, a nivel nacional, las reservas se encuentran al 46% de la capacidad hidráulica de los principales embalses.

La concentración de clorofila-a, indicador de la productividad del fitoplancton, exhibió una disminución significativa de las anomalías positivas frente a la costa, asociada al aumento de la nubosidad frente al litoral durante el mes.

¹ Definición de estado de Sistema de alerta "No activo": Se da en condiciones neutras o cuando la Comisión ENFEN espera que El Niño o La Niña costeros están próximos a finalizar; "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 (Nota Técnica ENFEN 01-2015). Se denomina "Evento La Niña en la región costera de Perú" o "La Niña Costera" al periodo en el cual el ICEN indique "condiciones frías" durante al menos tres (3) meses consecutivos. (Nota Técnica ENFEN 01-2012).



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ



Los indicadores reproductivos del stock norte – centro de la anchoveta, continuaron mostrando la declinación del desove principal de invierno-primavera y un incremento del contenido graso de la especie, propio de la estación.

Las bajas temperaturas del aire observadas entre octubre y noviembre en la costa norte durante las etapas de floración y fructificación de los cultivos de arroz y mango, incidieron en rendimientos por debajo de sus volúmenes esperados. En tanto, la persistencia de bajas temperaturas nocturnas en la costa sur alargó el periodo de fructificación del olivo.

PERSPECTIVAS

En el litoral peruano se espera que la temperatura del mar se mantenga con anomalías negativas hasta fines del mes de enero, debido al efecto de las ondas Kelvin frías. De llegar la onda Kelvin cálida entre febrero y marzo del 2018, contribuiría a la normalización de las condiciones térmicas del mar en la zona costera.

Tomando en consideración el monitoreo y el análisis de la Comisión Multisectorial ENFEN, así como los pronósticos de las Agencias Internacionales, se espera que entre febrero y marzo de 2018 se normalicen las condiciones en la temperatura de la superficie del mar de la región Niño 1+2. Asimismo se espera la continuación de las condiciones frías en el Pacífico Central (Niño 3.4) hasta fines del verano 2018.

Dado que los principales impactos de El Niño y La Niña suelen darse en la temporada de lluvias, es decir, durante el verano del Hemisferio Sur², la Comisión Multisectorial ENFEN proporciona una estimación de las probabilidades de ocurrencias de los mismos (Tablas N°1 y 2) para dicho periodo. Con estas consideraciones el ENFEN estima que para el presente verano 2018 en el Pacífico Central es más probable condiciones La Niña (76%) seguido de condiciones neutras (23%); mientras que condiciones para un evento El Niño solo alcanzaría 1%. En el Pacífico Oriental, frente a la costa norte del Perú, es más probable condiciones neutrales (70%), seguido por la condición La Niña (23%). Condiciones para un evento El Niño alcanzaría un 7%.

Debido a la presencia de condiciones La Niña en el Pacífico Central Ecuatorial durante el presente verano 2018, continuaría el escenario de lluvias sobre lo normal en las regiones andina y amazónica. Por otro lado, tampoco se puede descartar lluvias intensas en la zona costera entre Tumbes y Piura, tal y como ocurrió en el verano del año 2008, durante La Niña 2007-2008 del Pacífico Central (SENAMHI, 2018)³.

La Comisión Multisectorial ENFEN continuará informando sobre la evolución de las condiciones actuales y sus perspectivas.

Callao, 11 de enero de 2018

²Años La Niña (Pacífico Central) ocurridas en el Verano del Hemisferio Sur: 1950 / 1954-1955 / 1955-1956 / 1970-1971 / 1973-1974 / 1974-1975 / 1975-1976 / 1984-1985 / 1988-1989 / 1984-1985 / 1988-1989 / 1995 – 1996 / 1998 – 1999 / 1999 – 2000 / 2000-2001 / 2005-2006 / 2007 -2008 / 2008 – 2009 / 2010 – 2011 / 2011-2012. (Fuente: ENFEN).

³Informe Técnico N°004-2018/SENAMHI-DMS-SPC

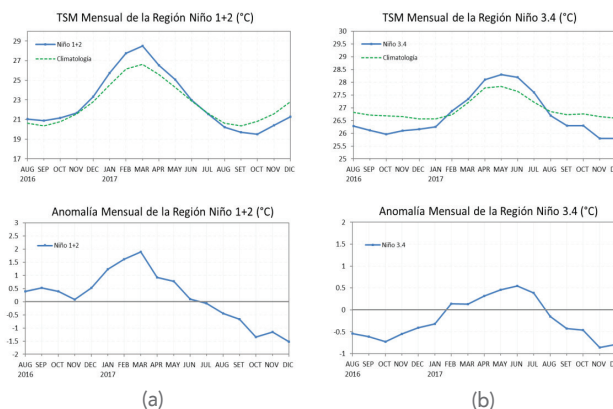


Figura 1. Temperatura y anomalía superficial del mar mensual: a) Región Niño 3.4 (5°N-5°S)/(170°W-120°W), agosto 2016 - diciembre 2017. b) Región Niño 1+2 (0°-10°S) / (90°W-80°W), agosto 2016 - diciembre 2017. Fuente: Gráfico DHN, Datos: OISST.V2/NCP/NOAA.

Cuadro 1. Anomalía media mensual de las temperaturas extremas del aire (a) máximo y (b) mínimo desde enero a diciembre 2017 para las regiones costeras norte, centro y sur del litoral peruano. Fuente: SENAMHI.

a). Anomalías promedio de temperatura máxima del aire (°C)												
Región	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DECIEMBRE
Costa Norte	1,5	1,2	1,0	0,9	1,2	1,0	0,9	0,6	0,6	0,5	-0,6	0,0
Costa Centro	1,9	1,9	2,2	1,5	2,2	1,6	0,3	0,5	0,0	0,3	-0,2	-0,1
Costa Sur	1,5	1,2	1,0	0,8	1,6	0,9	0,5	0,6	-0,4	-0,5	-0,6	-0,4

b). Anomalías promedio de temperatura mínima del aire (°C)												
Región	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DECIEMBRE
Costa Norte	0,8	1,1	1,4	1,2	1,3	0,4	0,1	0,2	-0,1	-0,1	-1,2	-0,6
Costa Centro	1,8	2,0	2,4	2,0	3,1	1,8	1,1	0,7	0,4	0,4	0,0	0,2
Costa Sur	1,7	0,8	1,0	1,2	1,7	1,4	0,9	0,1	0,0	0,1	0,7	-0,6

Tabla 1. Probabilidades Estimadas de las magnitudes de El Niño costero – La Niña Costera (Región Niño 1+2) en el verano Diciembre 2017 – Marzo 2018.

Magnitud del evento durante diciembre 2017 – marzo 2018	Probabilidad de ocurrencia
La Niña moderada– fuerte	0%
La Niña débil	23%
Neutro	70%
El Niño débil	7%
El Niño moderado, fuerte y extraordinario	0%

Tabla 2. Probabilidades Estimadas de las magnitudes de El Niño – La Niña en el Pacífico Central (Región Niño 3.4) en el verano Diciembre 2017 – Marzo 2018.

Magnitud del evento durante diciembre 2017 – marzo 2018	Probabilidad de ocurrencia
La Niña moderada– fuerte	1%
La Niña débil	75%
Neutro	23%
El Niño débil	1%
El Niño moderado, fuerte y muy fuerte	0%



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

https://www.youtube.com/c/igp_videos

En el marco del:



Trabajando para
todos los peruanos