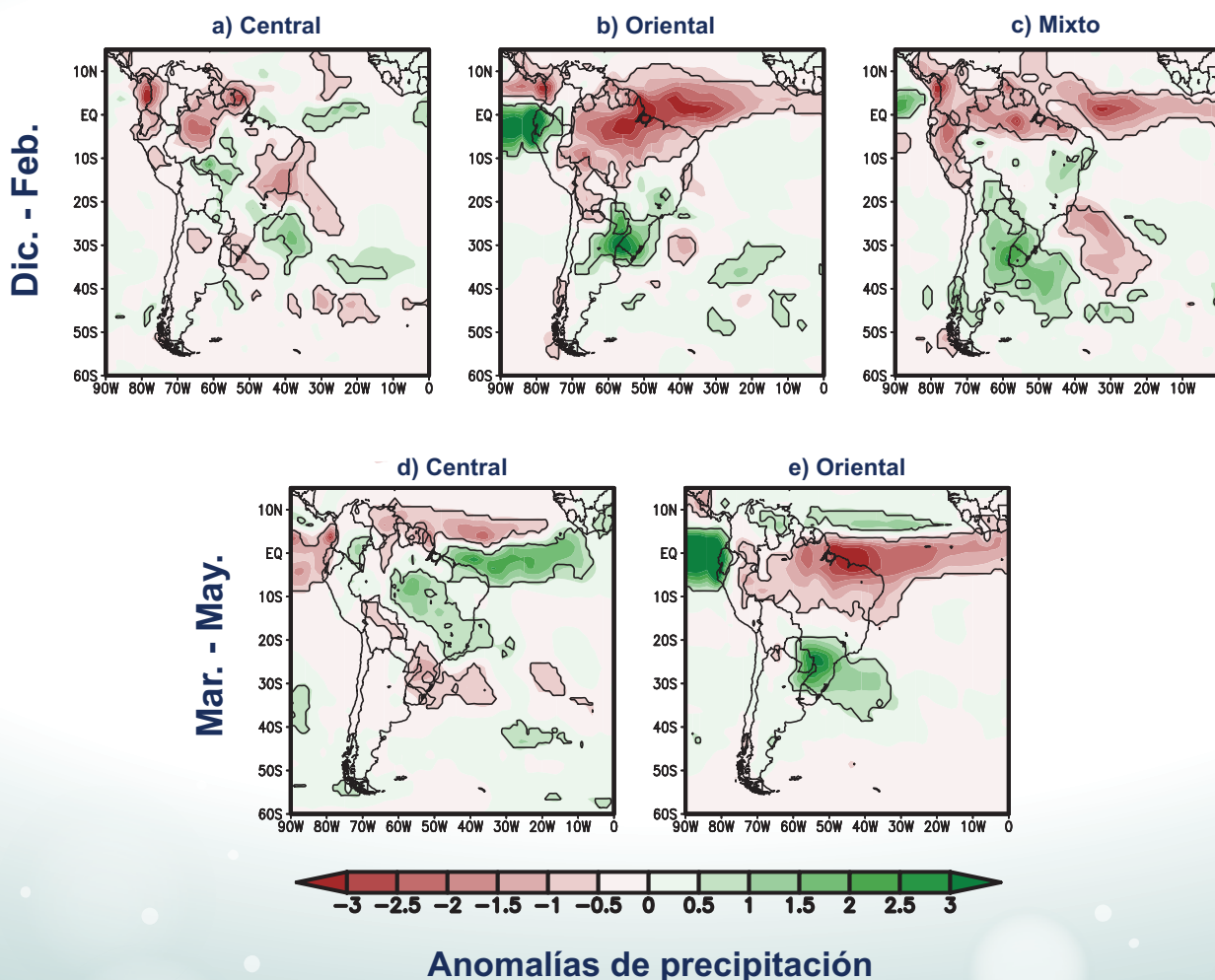


Programa Presupuestal por Resultados N° 68 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”. Producto: “Estudios para la estimación del riesgo de desastres”

“Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño”

Boletín Técnico

Diferentes tipos de El Niño y su influencia sobre América del Sur



Contenido

2 - 3 Introducción

4 - 7 Artículo de Divulgación Científica

8 - 9 Avances Científicos

10 - 12 Resumen Informe Técnico

13 - 15 Comunicado Oficial ENFEN

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

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

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

Elsa Galarza Contreras
Ministra del Ambiente

Hernando Tavera
Presidente Ejecutivo (e) IGP

Edmundo Norabuena
Director Científico (e) IGP

Ken Takahashi
Responsable Producto El Niño - IGP

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

Edición: Katherine Morón
Diseño y Diagramación: Dante Guerra

Carátula: Tedeschi, 2017

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

Impreso por:
Presse SAC.
Telf.: (+511) 433 0154
Av. General Varela 2030,
Pueblo Libre.

Lima, Marzo del 2017

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

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

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

Los resultados de esta actividad están disponibles en:
www.igp.gob.pe/sysppr.



IGP



ENFEN

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

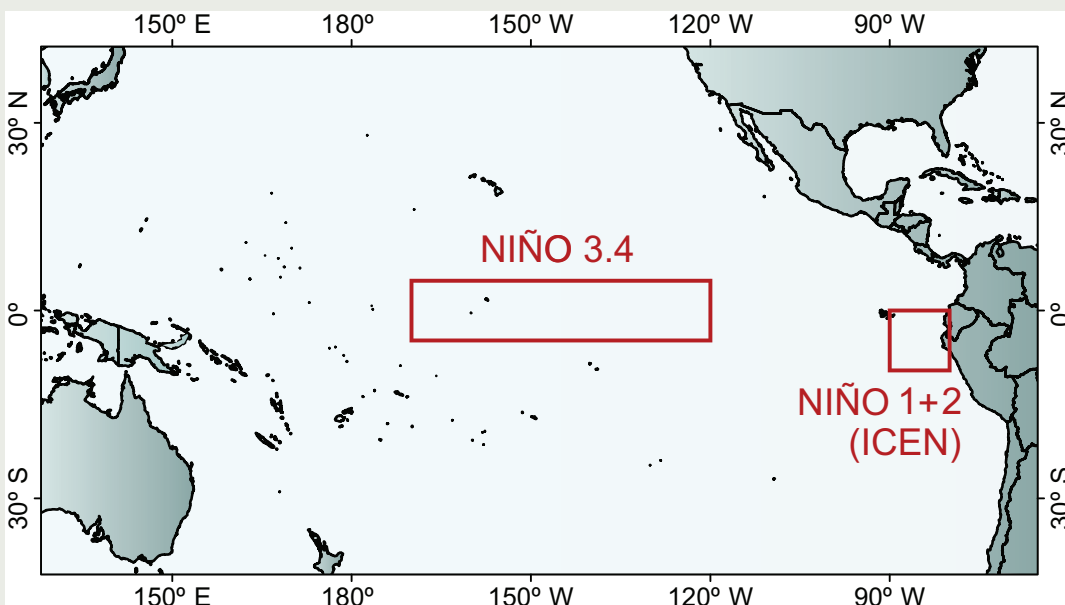
El Comité Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), conformado por representantes de IMARPE, DHN, IGP, SENAMHI, ANA e Indeci, es el ente que genera la información oficial de monitoreo y pronóstico del Fenómeno El Niño y otros asociados.

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

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

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

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



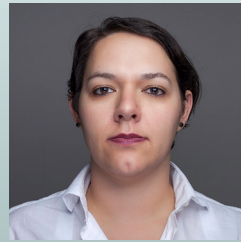
El mapa muestra las dos regiones que definen los principales índices de temperatura superficial del mar utilizadas para monitorizar El Niño y La Niña. La región Niño 1+2 (90°-80°W, 10°S-0°), en la que se basa el Índice Costero El Niño (ICEN), se relaciona con impactos en la costa peruana, mientras que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

Diferentes tipos de El Niño y su influencia sobre América del Sur

Las investigaciones sobre El Niño – Oscilación del Sur (ENOS) realizadas hasta el final del siglo pasado se enfocaron en las anomalías de la temperatura superficial del mar en el Pacífico Ecuatorial Oriental-Central (sobre todo en las regiones conocidas como Niño 3 y Niño 3.4). En la primera década del siglo actual, se iniciaron investigaciones que diferenciaban los fenómenos ENOS que ocurrían en el Pacífico Oriental de aquellos que ocurrían en el Pacífico Ecuatorial Central. Muchas de esas investigaciones notaron que esos diferentes tipos de ENOS pueden influenciar el clima del globo de maneras distintas.

Diferentes tipos de ENOS

En el inicio del siglo XXI varios estudios (Trenberth et al., 2002; Larkin y Harrison, 2005; Ashok et al., 2007; Yu y Kim, 2013; entre otros) analizaron la ocurrencia y los patrones de los diferentes tipos de eventos ENOS, clasificados según dónde en Pacífico Ecuatorial se presentaron las anomalías de la temperatura superficial del mar (ATSM). De forma general, los estudios analizaron dos tipos de El Niño según si el calentamiento se da en el Pacífico Ecuatorial Oriental o el Central, aunque hay también los que estudiaron los diferentes tipos de La Niña (Tedeschi et al., 2013, 2015, 2016; Rodrigues y McPhaden, 2014; Córdoba-Machado et al., 2015). Al analizar los patrones de EOF (Empirical Orthogonal Function) sobre el Pacífico Ecuatorial, Ashok et al. (2007) notaron que la primera EOF representaba el patrón clásico del fenómeno ENOS, con calentamiento principalmente en el Pacífico Ecuatorial Oriental, mientras que la segunda EOF mostraba un calentamiento en el Pacífico Ecuatorial Central y enfriamiento en el Oriental y Occidental. A este último patrón los autores dieron el nombre de El Niño Modoki y, basado en este, establecieron un índice que es utilizado para definir los años de El Niño Modoki. Este índice se calcula como la diferencia entre la ATSM en la región A (165°E-140°W, 10°S-10°N), y el promedio de las regiones B (110°W-70°W, 15°S-5°N) y C (125°E-145°E, 10°S-20°N) representadas en la Figura 1. Takahashi et al. (2011) propusieron que los dos primeros patrones de EOF calculados no describen diferentes fenómenos como propuesto por Ashok et al. (2007), pero sí una evolución no-lineal del fenómeno ENOS, y así definieron índices que aproximadamente coinciden con la ATSM en las regiones Niño 1+2 (Figura 1, 90°W-80°W, 0°-10°S) y Niño 4 (Figura 1, 160°E-150°W, 5°N-5°S) para definir los años en cada categoría.



Renata G. Tedeschi, Ph.D.
Climatóloga en el Centro de Predicción del Tiempo y Estudios Climáticos / Instituto Nacional de Investigación Espacial (CPTEC / INPE) del Brasil

Investigadora y climatóloga del Grupo de Predicción Climática del CPTEC/INPE. Actualmente estudia la influencia de los diferentes tipos de eventos El Niño-Oscilación Sur (ENOS) en el Atlántico tropical. Obtuvo su doctorado en meteorología en el INPE y realizó un postdoctorado en la Universidad de Exeter, Reino Unido. Sus publicaciones analizan la influencia de los diferentes tipos de eventos ENSO en las precipitaciones en Sudamérica usando datos observacionales y proyecciones climáticas de los modelos globales CMIP5.

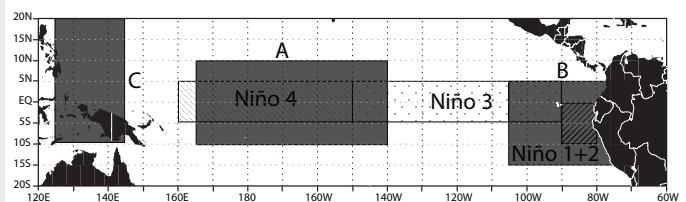


Figura 1: Regiones en el Pacífico ecuatorial utilizadas para definir diferentes tipos de ENOS, las áreas A, B y C están en gris y las áreas Niño definidas con diferentes patrones.

Otra forma de definir los diferentes tipos de ENOS es a través de los índices ya conocidos como el Niño 3 (Figura 1, 150°W-90°W, 5°N-5°S), para los fenómenos que ocurren en el Pacífico Ecuatorial Oriental, y el Niño 4 para los fenómenos en el Pacífico Ecuatorial Central (ej. Kug et al., 2009).

Considerando las diversas formas de definir diferentes categorías de ENOS, los campos de la ATSM pueden ser representados por tres patrones:

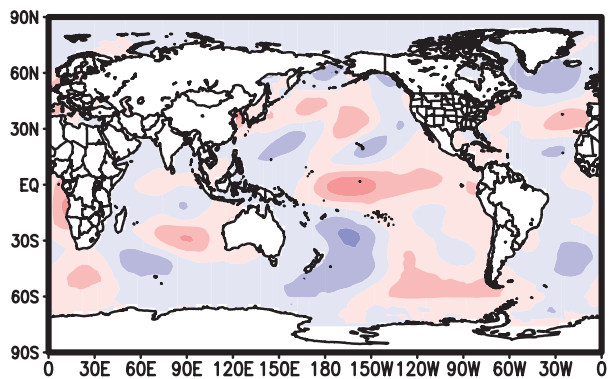
- 1) ENOS Central: las máximas ATSMs ocurren en el Pacífico Ecuatorial Central, como durante El Niño de 1994/1995 (Figura 2a).
- 2) ENOS Oriental: episodios con máximas ATSMs sobre el Pacífico Ecuatorial Oriental, como durante El Niño de 1997/1998 (Figura 2b).
- 3) ENOS Mixtos: máximas ATSMs repartidas por todo el Pacífico ecuatorial, como ocurrió durante el último El Niño 2015/2016 (Figura 2c).

La Figura 2 muestra los patrones de El Niño, aunque las nomenclaturas también son válidas para La Niña. En algunos estudios, los autores decidieron colocar los años de ENOS Mixtos en la categoría en que tuvieran la ATSM más fuerte, por ejemplo, durante 2015/2016 las ATSMs fueron más fuertes en el Pacífico Ecuatorial Oriental, y así, fue colocado en la categoría ENOS Oriental.

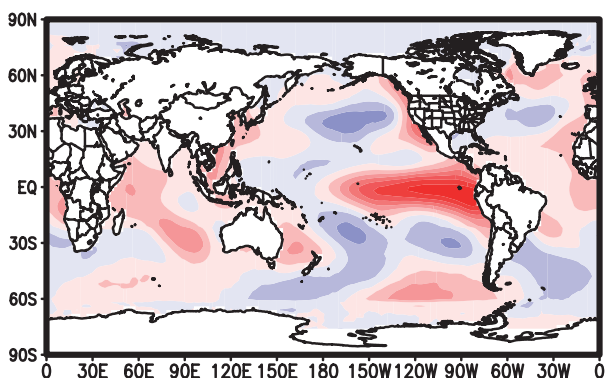
Diferentes tipos de El Niño y su influencia sobre América del Sur

Renata T.

(a) DEF (1994/1995)



(b) DEF (1997/1998)



(c) DEF (2015/2016)

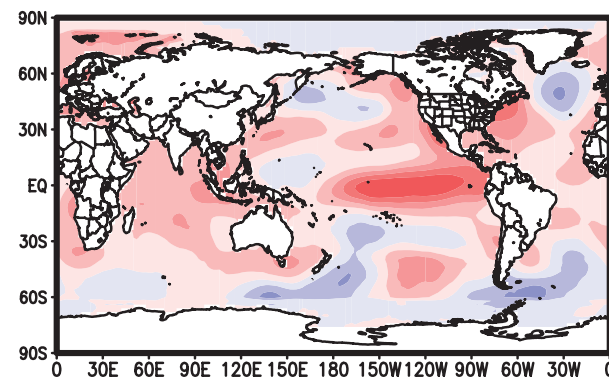


Figura 2: Anomalia de TSM en años representativos de los diferentes tipos de El Niño: a) ENOS Central, b) Oriental, y c) Mixto.

y más persistente en las últimas décadas (Ashok et al., 2007; Lee y McPhaden, 2010; Yu y Kim, 2013; entre otros).

Influencia sobre América del Sur

Los episodios de la categoría ENOS Oriental fueron intensamente estudiados y el patrón de anomalía de precipitación asociado es ampliamente conocido como el aumento de precipitación sobre el sureste de América del Sur y disminución del norte y noreste de ese continente durante años El Niño, y patrones opuestos a estos durante años La Niña (Vera et al., 2006; Marengo et al., 2012; y artículos citados por ellos). Las demás regiones de América del Sur no muestran patrones recurrentes en diferentes estudios, por tanto no es posible decir cuál es la influencia de esos episodios sobre esas regiones.

Diversos estudios analizaron la influencia de diferentes tipos de ENOS sobre la precipitación de América del Sur (Li et al., 2011; Rodrigues et al., 2011; Tedeschi et al., 2013, 2015, 2016; Rodrigues y McPhaden, 2014; Córdoba-Machado et al., 2015; Tedeschi y Collins, 2016a, 2016b). La Figura 3 será usada para ilustrar las diferencias de la influencia de las diferentes categorías de ENOS sobre América del Sur.

El patrón clásico que ocurre durante El Niño Oriental, aumento de precipitación en el sureste y noroeste, y disminución en el norte y noreste de América del Sur se observan en la Figura 3 b y e. Además, se nota que durante episodios Mixtos (Figura 3 c, aquí se resalta que no hubo ningún año en esa categoría durante la estación Marzo-Abril-Mayo) la influencia sobre la precipitación es muy similar con aquella que ocurre durante El Niño Oriental, pero con una gran diferencia sobre Ecuador y el norte de Perú, donde en lugar del aumento de la precipitación observado durante El Niño Oriental se observa disminución en los episodios Mixtos, como ocurrió durante El Niño 2015/2016 (L'Heureux et al., 2016).

Analizando las diferencias entre episodios El Niño Oriental y Central se nota que sobre el sureste de América del Sur hay señales opuestas entre esas dos categorías, tanto durante el verano como el otoño (Larkin y Harrison, 2005; Weng et al., 2009; Hill et al., 2011; Tedeschi et al., 2013; Tedeschi y Collins, 2016 a, b), con aumento/disminución durante El Niño Oriental/Central sobre Ecuador, el norte de Perú y el suroeste de Colombia, durante el verano y el otoño (Li et al., 2011; Hill et al., 2011; Tedeschi et al., 2013; Córdoba-Machado et al., 2015; Tedeschi y Collins, 2016 a, b). El noroeste de América del Sur también muestra oposición de señales durante la estación de otoño (MAM) (Li et al., 2011; Hill et al., 2011; Tedeschi et al., 2013; Córdoba-Machado et al., 2015; Tedeschi y Collins, 2016 a, b).

Independientemente de la metodología utilizada para definir los años de ENOS, las investigaciones muestran que las diversas categorías de ENOS causan diferentes influencias sobre la precipitación en diversas regiones del planeta (Larkin y Harrison, 2005; Ashok et al., 2007; Weng et al., 2009; entre otros). Además, El Niño en el Pacífico Ecuatorial Central se ha vuelto más frecuente

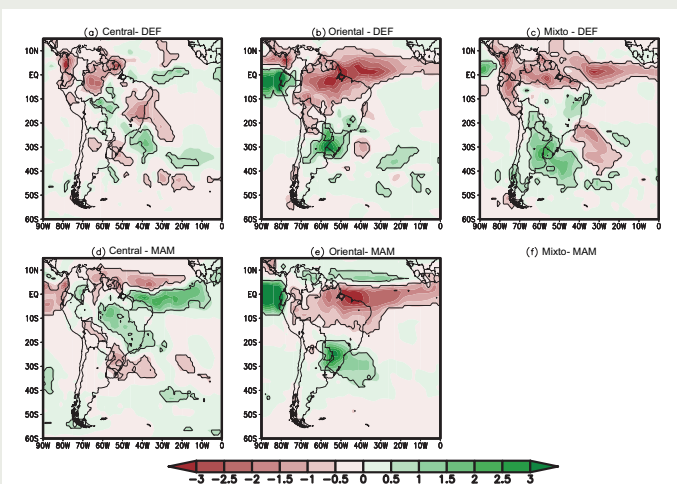


Figura 3: Anomalia de precipitación durante diferentes categorías de El Niño del a, d) Pacífico Ecuatorial Central, b, e) Pacífico Ecuatorial Oriental, y c, f) mixto durante las estaciones de a-c) diciembre-febrero y d-f) marzo-mayo. Las líneas negras representan las áreas con significancia mayor que 90%. Fuente: Tedeschi y Collins (2016b)

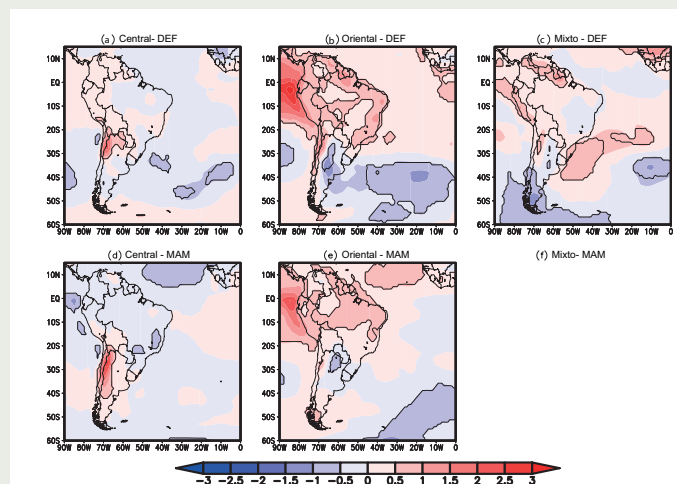


Figura 4: Similar a la Figura 3 para la anomalia de temperatura del aire.

Analizando los patrones para La Niña, se nota que son similares entre las tres categorías (Tedeschi y Collins, 2016b), y por ese motivo los patrones no son mostrados aquí. La principal diferencia ocurre sobre Ecuador y el norte de Perú, que debido a la cercanía con la región Niño 1+2 es altamente afectado por las ATSMs que ocurren en esa región, en ese caso los patrones son opuestos durante episodios Oriental y Central durante el otoño. Rodrigues y McPhaden (2014) mencionan una posición de señal en el Noreste de Brasil en las diferentes categorías de La Niña durante el otoño, sin embargo ese patrón no fue verificado por Tedeschi y Collins (2016b). Lo que sí se puede ver es un aumento de precipitación durante los eventos La Niña que ocurrieron en el Pacífico Ecuatorial Oriental y anomalías próximas a cero durante los episodios La Niña Central. Es importante resaltar que ningún episodio de La Niña Oriental fue identificado por Tedeschi y Collins (2016b), durante el verano (DEF).

La Figura 4 muestra la influencia de las diferentes categorías de El Niño sobre la temperatura del aire sobre América del Sur. En ese caso los años fueron categorizados usando el Índice Modoki (ENOS Central) y el Índice Niño 3 (ENOS Oriental), tal como en Tedeschi y Collins (2016b). Los resultados muestran que los episodios El Niño Oriental afectan consistentemente la temperatura sobre gran parte de la región tropical de América del Sur causando aumento de temperatura (Li et al., 2011), mientras que los episodios Central causan un aumento de temperatura apenas en una región que engloba partes de Chile y Argentina, siendo esa región más limitada durante el verano que durante el otoño.

Así como en los patrones de precipitación, los patrones de temperatura no muestran grandes diferencias entre las diferentes categorías de La Niña (no mostrado).

Varios estudios muestran que los episodios de ENOS influyen la precipitación de América del Sur de diferentes maneras. La región tropical de ese continente es afectada por las modificaciones en la circulación de Walker (Rodrigues et al., 2011; Hill et al., 2011; Rodrigues y McPhaden, 214; Tedeschi et al., 2013, 2015, 2016; Tedeschi y Collins, 2016 a, b). Mientras que la región extratropical es afectada por cambios en los trenes de ondas provenientes del Pacífico Ecuatorial y por las variaciones en la intensidad del flujo de humedad sobre el continente (Hill et al., 2011; Tedeschi et al., 2013, 2015, 2016; Tedeschi y Collins, 2016 a, b).

Conclusiones

Los eventos ENOS pueden ocurrir en diferentes regiones del Pacífico Ecuatorial. Estos eventos pueden ser clasificados como ENOS Central cuando las máximas ATSMs ocurren en la región central del Pacífico Ecuatorial, o como ENOS Oriental cuando las máximas ATSMs ocurren en la parte este de la cuenca en cuestión. Algunos autores sugieren una tercera categoría conocida como ENOS Mixto, cuando tanto el Pacífico Ecuatorial Oriental como el Pacífico Ecuatorial Central poseen anomalías elevadas de TSM.

Esos diferentes tipos de episodios ENOS causan diferentes efectos sobre la precipitación de América del Sur, teniendo en algunos casos influencias opuestas según dónde se maximicen las ATSMs. Ese es el caso, durante episodios El Niño, de las

regiones sureste de América del Sur, y de una región entre Colombia, Ecuador y Perú durante el verano y el otoño, además del noreste del continente durante el otoño.

Identificar esos diferentes patrones de precipitación contribuye en la mejoría de las previsiones climáticas realizadas en diversos centros meteorológicos, como es el caso del CPTEC/INPE en Brasil, pues los estudios citados muestran las influencias de diferentes tipos de ENOS sobre América del Sur.

Referencias

- Ashok, K. et al. (2007). *El Niño Modoki and its possible teleconnection*. *J. Geophys. Res.* 112: C11007. DOI: 10.1029/2006JC003798
- Córdoba-Machado, S. et al. (2015). *Assessing the impact of El Niño Modoki on seasonal precipitation in Colombia*. *Global and Planetary Change* 124: 41-61, doi: 10.1016/j.gloplacha.2014.11.003
- Hill, K.J. et al. (2011). *Sensitivity of South American summer rainfall to tropical Pacific Ocean SST anomalies*. *Geophys. Res. Lett.* 38: L01701. DOI: 10.1029/2010GL045571
- Kug JS, Jin FF, An SI. (2009). *Two types of El Niño events: cold tongue El Niño and warm pool El Niño*. *J. Climate*, DOI: 10.1175/2008JCLI2624.1
- Larkin, N.K., Harrison, D.E. (2005). *Global seasonal temperature and precipitation anomalies during El Niño autumn and winter*. *Geophys. Res. Lett.* 32: L16705. DOI: 10.1029/2005GL022860.
- Lee, T., McPhaden, M.J. (2010). *Increasing intensity of El Niño in the central-equatorial Pacific*. *Geophys. Res. Lett.* 37: L14603. DOI: 10.1029/2010GL044007
- L'Heureux, M., Takahashi, K., Watkins, A.B., Barnston, A., Becker, E.J., Di Liberto, T.E., Gamble, F., Gottschalck, J., Halpert, M.S., Huang, B., Mosquera-Vásquez, K., Wittenberg, A. (2016): *Observing and predicting the 2015-16 El Niño*. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, DOI: 10.1175/BAMS-D-16-0009.1
- Li W, et al. (2011). *Impact of two different types of El Niño events on the Amazon climate and ecosystem productivity*. *J. Plant Ecol.* 4: 91-99, doi: 10.1093/jpe/rtq039
- Rodrigues, R.R., et al. (2011). *The impacts of Inter-El Niño variability on the tropical Atlantic and northeast Brazil climate*. *J. Clim.* 24: 3401-3422, doi: 10.1175/2011JCLI3983.1
- Rodrigues, R.R., McPhaden, M.J. (2014). *Why did the 2011-2012 La Niña cause a severe drought in the Brazilian Northeast?* *Geophys. Res. Lett.* 41: 1012-1018, doi: 10.1002/2013GL058703
- Tedeschi, R.G., et al. (2013). *Influences of two types of ENSO on South American precipitation*. *Int. J. Climatol.* 33: 1382-1400. DOI: 10.1002/joc.3519
- Tedeschi, R.G., et al. (2015). *Influence of Central and East ENSO on Extreme Events of Precipitation in South America during austral spring and summer*. *Int. J. Climatol.* 35: 2045-2064. DOI: 10.1002/joc.4106
- Tedeschi, R.G., et al. (2016). *Influence of Central and East ENSO on precipitation and its extreme events in South America during austral autumn and winter*. *Int. J. Climatol.* doi: 10.1002/joc.4670
- Tedeschi, R.G., Collins, M. (2016a). *The influence of ENSO on South American precipitation during austral summer and autumn in observations and models*. *Int. J. Climatol.* 36: 618-635, DOI: 10.1002/joc.4371
- Tedeschi, R.G., Collins, M. (2016b). *The influence of ENSO on South American precipitation: simulation and projection in CMIP5 models*. *Int. J. Climatol.* DOI: 10.1002/joc.4919
- Trenberth, K.E., et al. (2002). *Evolution of El Niño-Southern Oscillation and global atmospheric surface temperatures*. *J. Geophys. Res.* 107 (D8): 4065. DOI: 10.1029/2000JD000298.
- Weng, H., et al. (2009). *Anomalous winter climate conditions in Pacific rim during recent El Niño Modoki and El Niño events*. *Clim. Dyn.* 32: 663-674. DOI: 10.1007/s00382-008-0394-6
- Yu, J.Y., Kim, S.T. (2013). *Identifying the types of major El Niño since 1870*. *Int. J. Climatol.* 33: 2105-2112. DOI: 10.1002/joc.3575

Estimación de la distribución de la temperatura superficial del mar

Ken Takahashi
Instituto Geofísico del Perú

La temperatura de la superficie del mar (TSM) es una de las principales variables climáticas y es esencial para el pronóstico a escala interanual, ya que determina en gran parte el estado instantáneo de la atmósfera, por ejemplo modulando la probabilidad de lluvias intensas en la costa de Perú, pero también porque es resultado de la dinámica oceánica lenta que es la que permite las predicciones con meses de anticipación (la atmósfera por sí sola no tiene "memoria"). Por esto, el ENFEN utiliza la TSM como la variable básica para caracterizar El Niño y La Niña, particularmente mediante la definición del Índice Costero El Niño que mide la anomalía trimestral de la TSM en la región Niño 1+2 frente a la costa norte de Perú (ICEN; ENFEN 2012, Takahashi et al., 2014).

con el ciclo diurno (Minnett & Kaiser-Weiss, 2012). Por otro lado, las mediciones satelitales tienen una excelente cobertura espacial y temporal, pero tienen la limitación de que las estimaciones pueden ser fuertemente afectadas por las condiciones atmosféricas, particularmente la presencia de lluvia, nubes y vapor de agua. Además, sus registros se limitan a la década de los 80 en adelante y pueden existir discontinuidades cuando se reemplaza un satélite por otro.

En la práctica, para poder producir mapas completos y continuos en el tiempo de la TSM, se combina la información *in situ* y satelital mediante técnicas estadísticas o modelos numéricos que permiten completar los vacíos y corregir los posibles errores en las diferentes mediciones. Uno de los productos más utilizados es el Optimum Interpolation (OI) SST v.2 de NOAA/NCEP (Reynolds et al., 2002), que combina datos *in situ* con mediciones satelitales en el rango infrarrojo para producir mapas semanales en una grilla de 1°×1° que luego son promediados para generar mapas mensuales¹. En aquellas regiones donde los datos *in situ* son escasos y/o la nubosidad contamina las mediciones infrarrojas, como es común en el mar peruano, el resultado depende sustancialmente de los métodos de interpolación utilizados. Además, si no se identifica bien que existe contaminación por la nubosidad, puede resultar en

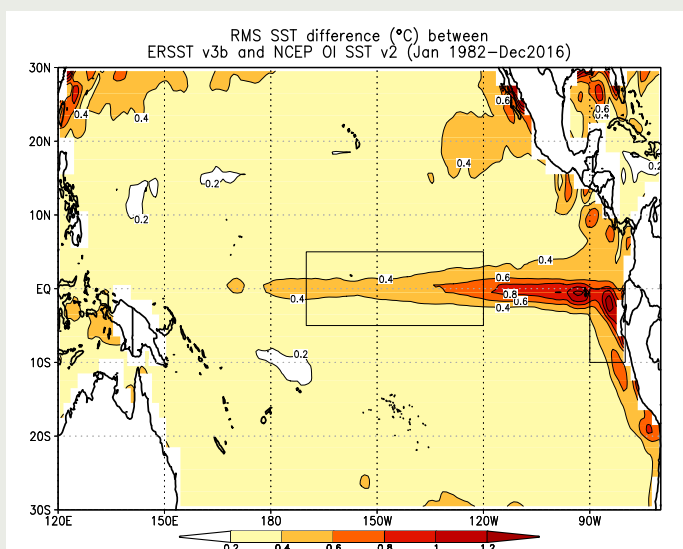


Figura 1. Diferencia cuadrática media en temperatura superficial del mar (°C) entre los productos mensuales NCEP OI SST v2 y ERSST v3b para el periodo 1982-2016. Las regiones Niño 3.4 (Pacífico central) y Niño 1+2 (Pacífico oriental) se indican con rectángulos.

En general, la TSM se puede medir de dos formas. La primera es la llamada *in situ*, es decir mediciones directas en el mismo sitio como las realizadas desde barcos o boyas, principalmente usando termómetros. La otra son las mediciones satelitales, que miden las radiaciones emitidas por la superficie del mar en los rangos infrarrojo y microondas. Las mediciones *in situ* tienen la ventaja de ser mediciones directas pero sufren de algunas limitaciones, como la poca cobertura espacial y temporal (son datos puntuales) y las diferencias en las técnicas de medición que requieren correcciones, además la definición de la TSM es ambigua en relación a la profundidad y varía

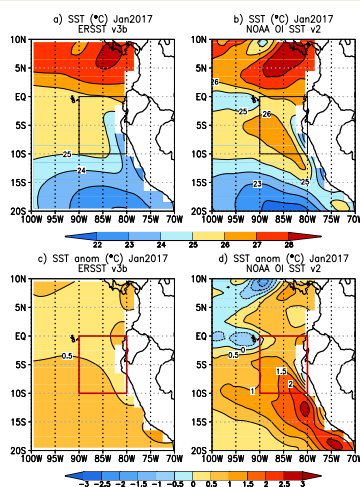


Figura 2. Temperatura superficial del mar a, b) absoluta y c, d) su anomalía para el mes de enero de 2017 según los productos a, c) ERSST v3b y b, d) NCEP OI SST v2. Las anomalías son relativas al periodo 1981-2010 usando el promedio de los datos ERSST v3b. Las regiones Niño 1+2 se indica con rectángulos.

¹<https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.noaa.oisst.v2.html>

Estimación de la distribución de la temperatura superficial del mar

Ken Takahashi
Instituto Geofísico del Perú

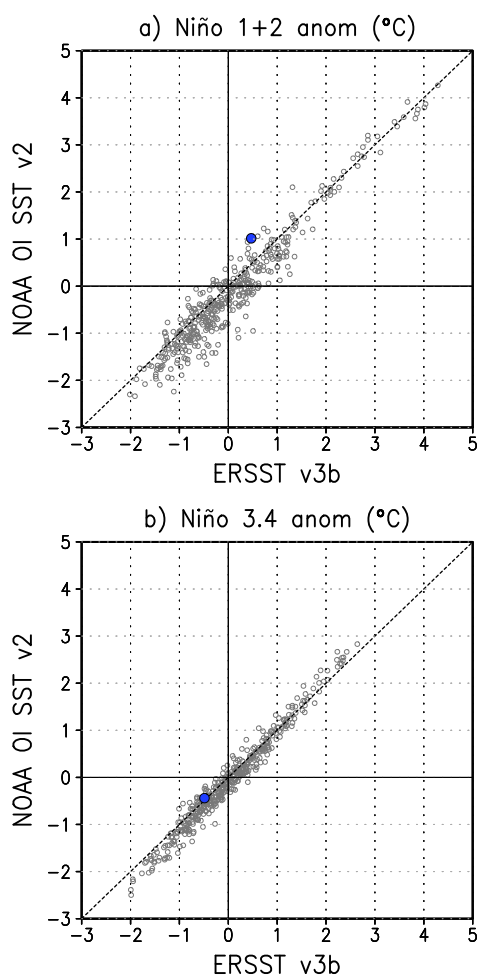


Figura 3. Diagramas de dispersión de la anomalía de la temperatura superficial del mar mensual entre enero de 1982 y enero de 2017 de los productos ERSST v3b y NCEP OI SST v2 en las regiones a) Niño 1+2 y b) Niño 3.4. Las anomalías son relativas al periodo 1981-2010 usando el promedio de los datos ERSST v3b. El valor de enero de 2017 se muestra en azul.

un sesgo frío (Reynolds et al., 2002). El problema de la nubosidad se reduce si se cuenta con mediciones satelitales en el rango de las microondas, ya que estas no son afectadas por las nubes, aunque sí por la lluvia y productos como OSTIA combinan todas las anteriores (Donlon et al., 2011), aunque las mediciones de microondas son menos frecuentes que las infrarrojas y tienen menor resolución espacial (no mide bien cerca de las costas).

Otros productos como el ERSST v3b (Smith et al., 2008), son utilizados por el ENFEN para el cálculo del ICEN (ENFEN 2012, Takahashi et al., 2014), se basan exclusivamente en datos *in situ* y métodos empíricos, lo cual tiene la ventaja de producir datos relativamente homogéneos en el tiempo y de largo plazo (desde el año 1854 para ERSST v3b) que es importante para estudios climáticos, pero que es

evidentemente más dependiente de la distribución de los datos *in situ*.

Operacionalmente, los datos *in situ* son transmitidos a través del Sistema de Telecomunicación Global (GTS en inglés) de la Organización Meteorológica Mundial (WMO 2015) y es a través de este canal que estos son incorporados a productos como NCEP OI SST v2 y ERSST v3b. Si bien hay datos que son transmitidos casi en tiempo real, como los datos de las boyas TAO/TRITON, en general existe un retraso entre el momento de las mediciones y su disponibilidad. Esto hace que productos diarios como OSTIA tenga menos datos *in situ* disponibles que un producto semanal como NCEP OI SST v2 y este, a su vez, menos productos mensuales como ERSST v3b. Pero aún así, en el caso de ERSST v3b, existe una versión preliminar que se produce al final de cada mes y una versión final producida un mes después, que incluyen más datos *in situ*.

Si nuestro sistema observacional *in situ* fuera adecuado, tanto en cobertura espacial de las mediciones como en la transmisión oportuna, esperaríamos ver poca diferencia entre los productos NCEP OI SST v2 y ERSST v3b. Sin embargo, en la Figura 1 vemos que, en el Pacífico tropical, la diferencia cuadrática media entre estos dos productos a escala mensual, la cual mide la magnitud típica en términos absolutos de esta diferencia, es máxima en las zonas de afloramiento costero y ecuatorial, excediendo 1°C frente a la costa norte del Perú y sur de Ecuador. Así, esta diferencia es el doble en la región Niño 1+2 (0.39°C) que en la región Niño 3.4 en el Pacífico central (0.21°C). Esto probablemente se debe tanto a la escasez de datos *in situ* y a la persistencia de nubes bajas, como a la fuerte variabilidad temporal en el régimen de afloramiento en el Pacífico asociado a las ondas Kelvin interestacionales y forzantes de vientos locales (Takahashi et al., 2014).

Si bien en general no es posible saber solo mirando estos dos productos cuál está más cerca de la realidad, ya que los datos satelitales también tienen errores y el ENFEN contrasta estos con otra información, como mediciones de cruceros o estaciones costeras, así como la coherencia de las variaciones de la TSM con otros factores como la presencia de ondas Kelvin o los cambios en los vientos. Un ejemplo reciente es el rápido calentamiento en el Pacífico oriental en enero del 2017 que dio inicio a El Niño costero en curso (ENFEN, 2017), que según los datos de ERSST v3b estuvo asociado a una anomalía mensual de +0.47°C, pero que según OI SST v2 más bien fue de +1.02°C (Figura 2c,d). Por otro lado, los valores de diciembre de 2016 fueron de +0.62°C y +0.32°C,

respectivamente. Claramente, la disminución de diciembre a enero y el bajo valor de enero indicados por ERSST es inconsistente con las otras observaciones analizadas por el ENFEN, por lo que en esta ocasión el dato de OI SST es considerado más realista. Por ejemplo, la subestimación por parte de ERSST no le permite identificar la presencia de aguas con TSM mayor que 26°C (Figura 2a,b) que es relevante para la formación de la segunda banda de la Zona de Convergencia Intertropical. Un resultado práctico de esta situación es que el ICEN estaría subestimado tanto en enero como probablemente febrero de 2017. Ahora bien, esta discrepancia entre los dos productos es consistente con la diferencia cuadrática media histórica y se pueden encontrar casos donde más bien ERSST produjo anomalías de +1°C mientras que OI SST fue prácticamente 0°C (Figura 3a). En el caso del Pacífico central, las dispersión entre los productos es generalmente pequeña (Figura 3b).

Si bien es posible desarrollar productos más confiables, como podría ser un producto mensual que incluya también mediciones de microondas, en general la limitación histórica que tenemos en el Pacífico Sudoriental no es la falta de mediciones, sino que estas no son compartidas oportunamente e incorporadas en la preparación de los productos internacionales utilizados en el Perú. Esta no es tanto un problema técnico sino de decisión política y cooperación entre las instituciones relevantes en los países de la región y, como se discute en el reporte reciente del proyecto “Tropical Pacific Observing System 2020” (TPOS 2020) ya se están logrando algunos avances a través de mecanismos ya existentes (ver sección 7.7.2 en Cravatte et al., 2016), pero mientras los datos no fluyan sin trabas, no contaremos con un sistema observacional óptimo y seguiremos con miopía, incluso en variables críticas como la TSM.

Referencias

Donlon, C. J., M. Martin, J. D., Stark, J., Roberts-Jones, E., Fiedler and W. Wimmer, 2011: *The Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice analysis (OSTIA). Remote Sensing of the Environment.* doi: 10.1016/j.rse.2010.10.017 2011.

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

ENFEN, 2017: *Comunicado Oficial ENFEN N°03-2017.*

Minnett, P. and Kaiser-Weiss, A., 2012: *Near-surface oceanic temperature gradients. GHRSSST Discussion document,* <https://www.ghrsst.org/wp-content/uploads/2016/10/SSTDefinitionsDiscussion.pdf>

Reynolds, R.W., N.A. Rayner, T.M. Smith, D.C. Stokes, and W. Wang, 2002: *An improved in situ and satellite SST analysis for climate. J. Climate, 15, 1609-1625.*

Smith, T.M., R.W. Reynolds, T.C. Peterson, and J. Lawrimore, 2008: *Improvements NOAAs Historical Merged Land–Ocean Temp Analysis (1880–2006). Journal of Climate, 21, 2283–2296.*

Takahashi, K., Reupo, J., K. Mosquera, 2014: *El Índice Costero El Niño (ICEN): historia y actualización, Bol. El Niño 1 (2), 8-9.*

Takahashi, K., Martínez, R., Montecinos, A., Dewitte, B., Gutiérrez, D., Rodríguez-Rubio, E., 2014: *White Paper #8a Regional applications of observations in the eastern Pacific: Western South America, Report of the Tropical Pacific Observing System 2020 Workshop (TPOS 2020), La Jolla, United States, 27-30 January 2014, GCOS report 184, vol. 2, 171-205.*

Cravatte, S., W. S. Kessler, N. Smith, S. E. Wijffels, and Contributing Authors, 2016: *First Report of TPOS 2020. GOOS-215, 200 pp, <http://tpos2020.org/first-report/>*

WMO 2015: *Manual on the Global Telecommunication System. Annex III to the WMO Technical Regulations, 2015 edition, WMO-N°386.*

Resumen del Informe Técnico PPR/El Niño - IGP/ 2017-2

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

Resumen

Según el valor del Índice Costero El Niño (ICEN), para el mes de enero de 2017 las condiciones climáticas de la costa peruana fueron cálidas débiles (+0.60°C), aunque hay indicaciones de que esto podría estar subestimado. Los valores temporales del ICEN (ICENtmp) indican condiciones Cálidas Débiles para el mes de febrero y condiciones Cálidas moderadas para el mes de marzo. Para el Pacífico central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI) de la NOAA de enero 2017 corresponde a condiciones neutras, indicando que el evento La Niña en el Pacífico Central finalizó en diciembre, los valores estimados para los meses de febrero y marzo también corresponden a condiciones neutras.

Para el mes de abril, tres de los siete modelos numéricos internacionales de NMME con condiciones iniciales del mes de marzo pronostican condiciones cálidas débiles y cuatro modelos indican condiciones cálidas moderadas; para el mes de mayo un modelo indica condiciones cálidas débiles y seis modelos indican condiciones cálidas moderadas. En el Pacífico central para el mes de abril, uno de los siete modelos de NMME indica Condición Neutra y los otros seis condiciones cálidas débiles. Para los meses de mayo y junio indican condiciones cálidas débiles en promedio.

La onda Kelvin cálida, producto de la reflexión de una onda Rossby cálida en el extremo occidental, según los datos observados, habría llegado al extremo oriental del Pacífico ecuatorial a partir de fines de febrero ayudada por anomalías de viento del oeste en el Pacífico oriental. La intensidad de la onda es de alrededor de 10 metros en la profundidad de la isoterma de 20°C.

Índice Costero El Niño

Utilizando los datos de Temperatura Superficial del Mar (TSM) promediados sobre la región Niño1+2, actualizados hasta el mes de febrero 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 enero de 2017. Los valores se muestran en la Tabla 1.

| Año | Mes | ICEN | Condiciones costeras del mes |
|------|-----------|------|------------------------------|
| 2016 | Octubre | 0.22 | Neutra |
| 2016 | Noviembre | 0.37 | Neutra |
| 2016 | Diciembre | 0.43 | Cálida Débil |
| 2017 | Enero | 0.60 | Cálida Débil |

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

El valor del ICEN para el mes de enero de 0.60 indica condición Cálida Débil. Al igual que el valor de diciembre de 2016, este es sustancialmente menor al ICENtmp previamente estimado para

este mismo mes debido a los bajos valores de las anomalías mensuales de ERSST v3b tanto de enero como de febrero de 2017.

Según los valores del ICENtmp, se estima que en febrero y marzo 2017 las condiciones serían CÁLIDAS DÉBILES Y CÁLIDAS MODERADAS, respectivamente, aunque estos podrían estar subestimados. El ICENtmp de febrero será confirmado cuando se disponga del valor de ERSST para el mes de marzo de 2017. De confirmarse esto, se cumpliría el criterio de ENFEN (2012), para confirmar El Niño costero, el cual ya fue anunciado al activarse la Alerta de El Niño Costero (CO ENFEN N°03-2017) mediante el sistema de alerta de El Niño/La Niña costero (ENFEN, 2015).

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 enero de 2017, es de -0.41°C, correspondiente a condiciones Neutras, con este índice se confirma el fin del evento La Niña en el Pacífico central, que terminó en diciembre.

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 diciembre de 2016, es de -0.73°C, correspondiente a condiciones Frías Débiles1, siendo el quinto mes con condiciones frías débiles, e indicando la continuación de La Niña en el Pacífico central al menos hasta diciembre.

Diagnóstico del Pacífico Ecuatorial

En la región Niño 3.4 las anomalías de la TSM (IR, MW, OSTIA) mostraron un cambio de valores negativos a positivos a mediados de mes y luego continuaron en sentido ascendente, alcanzando la anomalía de +0.3°C en la última semana del mes. Sin embargo, la actividad convectiva continuó mostrándose anómalamente reducida, similares a los de La Niña débil en el océano Pacífico central, consistente con la respuesta a las anomalías negativas del gradiente zonal de TSM en el Pacífico central. Esto es consistente con la propuesta de DiNezio (2016) de que estas condiciones atmosféricas responden más al gradiente zonal de TSM en el Pacífico occidental, no tanto al valor en sí de la TSM, el cual puede estar también afectado por el calentamiento global. Por otro lado, según estos datos satelitales, en la región Niño 1+2 la anomalía de la TSM se mantuvo en promedio dentro del rango de condiciones cálidas, pero aumentando rápidamente a lo largo del mes de valores cercanos a +2.0°C hasta casi +3.0°C y +2.7°C según los productos de microondas y OSTIA, respectivamente.

El esfuerzo de viento zonal (este-oeste) en el Pacífico central (160°E-160°W; 5°S-5°N) continuó con anomalía mensual del este, siendo mayor al mes anterior. En el Pacífico oriental ecuatorial (al este de 160°W) se presentaron ligeras anomalías de vientos del este El contenido de calor oceánico ecuatorial ha presentado

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).

Resumen del Informe Técnico PPR/El Niño - IGP/ 2017-2

valores ligeramente positivos, mientras que la inclinación de la termoclina se presentaron alrededor de lo normal. Por otro lado, la termoclina en el Pacífico oriental, en 110°W mostró anomalías positivas, cercanas a sus condiciones normales, mientras que en 95°W se observó anomalías positivas, próximo a los 20 m, según TAO y ARGO.

Según los datos de ARGO+TAO (Fig 1b), se observan anomalías positivas débiles (alrededor de 15 metros en promedio) en la región oriental.

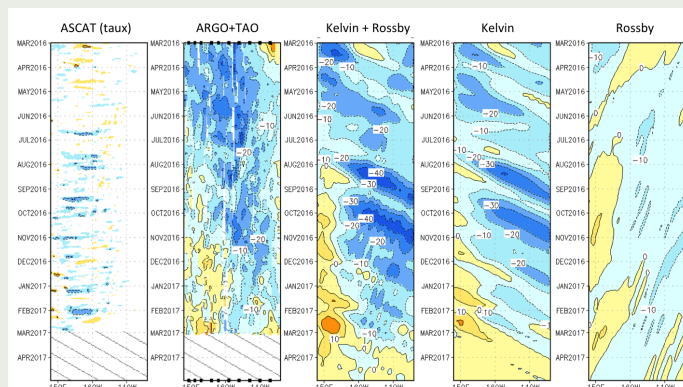


Figura 1.- Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO y los derivados de ARGO (b), derivado, diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (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 una propagación hacia el este con velocidad de 2.6 m/s. (Elaboración: IGP)

Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones

La onda Kelvin cálida, producto de la reflexión de una onda Rossby cálida en el extremo occidental y reforzada por las anomalías de viento del oeste en el Pacífico oriental, según los datos observados, habría llegado al extremo oriental del Pacífico ecuatorial a partir de fines de febrero. La intensidad de la onda es de alrededor de 10 metros en la profundidad de 20°C. Los pulsos de viento del este a inicios de enero en el Pacífico central-occidental, habrían contribuido a aminorar la magnitud de esta onda Kelvin cálida, por medio de una onda Kelvin fría. Se espera que la onda Kelvin cálida se refleje en una onda Rossby cálida que contribuiría al incremento de la profundidad de la termoclina al este de 120°W, al menos hasta abril, según los modelos numéricos.

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), los pronósticos de los modelos climáticos de NMME (CFSv2, NASA_GEOS5, FLOR, CM2.1, NCAR_CCM4, CMC1 y CMC2) inicializados en marzo indican condiciones cálidas para el mes de abril. 3 de 7 modelos indican condiciones cálidas débiles y 4 modelos indican condiciones cálidas moderadas. Para el mes de mayo, 1 de 7 modelos indican condiciones cálidas débiles, 6 modelos predicen condiciones cálidas moderadas (Fig. 2). Para el verano

(diciembre 2016-marzo 2017), los modelos en promedio predicen condiciones cálidas Débiles y El Niño costero sería débil. Los pronósticos extienden el evento El Niño costero hasta al menos setiembre 2017, con magnitud moderada a partir de junio. Si bien los pronósticos para abril y mayo inicializados en marzo son relativamente confiables, la barrera de predictibilidad introduce incertidumbre para los siguientes meses (Reupo y Takahashi, 2014).

Para el Pacífico central (Niño 3.4), 1 de 7 modelos de NMME inicializados en marzo predicen condiciones neutras para el mes de abril y 6 modelos predicen condiciones cálidas débiles. Para el mes de mayo, se observan seis modelos con condiciones cálidas débiles y un modelo con condiciones cálidas moderadas. Entre los meses de junio y setiembre se observa que los modelos incrementan sus anomalías, observándose dos modelos con condiciones cálidas fuertes en el mes de setiembre, pero en general esto debe tomarse con cuidado debido a la barrera de predictibilidad. Considerando 4 modelos inicializados en febrero, se observa condiciones neutras para el mes de abril y condiciones cálidas débiles para el mes de mayo.

Si bien El Niño costero en curso no sigue la dinámica ENOS tradicional, es consistente con el mecanismo físico propuesto para El Niño de 1925 asociado a una intensa Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) al sur del ecuador y anomalías de viento del norte (Takahashi y Martínez, 2015). Esto se observa tanto en la distribución de precipitación y vientos actuales, aunque para el mes de abril el pronóstico de lluvias de los modelos NMME es más limitado a la costa norte de Perú.

Conclusiones:

El ICEN para enero de 2017 fue de 0.0.60 (Cálida Débil) y el ICENtmp para febrero y marzo de 2017 es 0.92 (cálida débil) y 1.10 (cálida moderado). El valor de ERSST v3b para enero y febrero utilizado para el cálculo del ICEN parece subestimar el calentamiento real.

En el Pacífico central, el ONI de enero (DEF) correspondió a condiciones neutras, lo cual indica el fin del evento La Niña en diciembre. El ONI estimado para febrero y marzo corresponde a condiciones neutras. La ATSM en la región Niño 3.4, durante este febrero, ha fluctuado alrededor de los -0.3°C.

El contenido de calor oceánico ecuatorial ha presentado valores ligeramente positivos, mientras que la inclinación de la termoclina se presentó dentro de su variación normal.

Los vientos zonales ecuatoriales en enero se mostraron cerca de lo normal, con anomalías del este en el Pacífico occidental y del oeste en el oriental (según TAO), consistente con una respuesta a los gradientes zonales de TSM. La persistencia de anomalías de viento del oeste en el Pacífico oriental puede haber contribuido a mantener las condiciones cálidas en la costa.

La actividad convectiva en el Pacífico central en febrero continuó mostrándose anómalamente reducida, similares a los de La Niña débil, consistente con la respuesta a las anomalías negativas del gradiente zonal de TSM en el Pacífico central.

En el Pacífico oriental ecuatorial (5°S-5°N), las anomalías de vientos del norte (calma en absoluto) son consistentes con la

Resumen del Informe Técnico PPR/El Niño - IGP/ 2017-2

intensa (debilitada) ZCIT al sur (norte) del ecuador, así con el gradiente norte-sur en la ATSM (sur más cálido), indicando acoplamiento a través del mecanismo “wind-evaporation-SST” que puede hacer persistir esta situación.

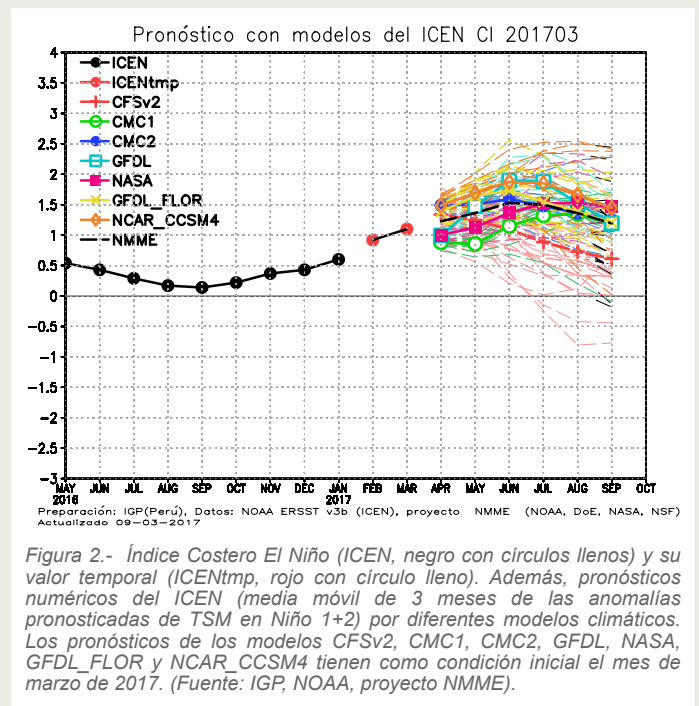
La onda Kelvin cálida, producto de la reflexión de una onda Rossby cálida en el extremo occidental y ayudada por la anomalía de vientos del oeste en el Pacífico oriental, según los datos observados, habría llegado al extremo oriental del Pacífico ecuatorial a partir de fines de febrero. La intensidad de la onda es de alrededor de 10 metros en la profundidad de 20°C. Los pulsos de viento del este a inicios de enero en el Pacífico central-occidental, habrían contribuido a aminorar la magnitud de esta onda Kelvin cálida, por medio de una onda Kelvin fría. Se espera que la onda Kelvin cálida se refleje en una onda Rossby cálida que contribuiría al incremento de la profundidad de la termoclina al este de 120°W, al menos hasta abril, según los modelos numéricos.

Se observa en la profundidad de 20°C en el Pacífico Central, la señal de la onda Kelvin fría formada por anomalías de viento del este de inicios de febrero junto con una onda Rossby fría, producto de la reflexión de una onda Kelvin fría en noviembre de 2016. Los resultados numéricos indican que la intensidad de esta onda se debilitaría y no alcanzaría el extremo oriental con magnitud relevante.

Asimismo, se observa una onda Kelvin cálida en el extremo oriental, producto de la reflexión de una onda Rossby cálida que se habría formado con el pulso de viento del este a inicios de enero. Esta onda, de darse condiciones favorables, arribaría al extremo oriental a fines de abril. Es posible que se de una interferencia constructiva a mediados de abril, alrededor de 115°W, con la onda Rossby cálida que se reflejaría en marzo.

Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), los pronósticos de los modelos climáticos de NMME inicializados en marzo indican para el mes de abril 3 de 7 modelos indican condiciones cálidas débiles y 4 modelos indican condiciones cálida moderada. Para el mes de mayo, 1 de 7 modelos indican condiciones cálidas débiles, 6 modelos predicen condiciones cálidas moderadas (Fig. 2). Para el verano (diciembre 2016-marzo 2017), los modelos en promedio predicen condiciones cálidas débiles y El Niño costero sería débil. Los pronósticos extienden el evento El Niño costero hasta al menos setiembre 2017, con magnitud moderada a partir de junio.

Para el Pacífico central (Niño 3.4), 1 de los 7 modelos de NMME inicializados en marzo predice condiciones neutras para el mes de abril y 6 modelos predicen condiciones cálidas débiles. Para el mes de mayo, se observan seis modelos con condiciones cálidas débiles y un modelo con condiciones cálidas moderada. Entre los meses de junio y setiembre se observa que los modelos incrementan sus anomalías, observándose tres modelos con condiciones cálidas fuertes en el mes de setiembre.



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., Stratton, 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.
- 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.
- 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 Magister 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, K., 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.
- Takahashi, K., Martínez, A. G., 2016: The very strong El Niño in 1925 in the far-eastern Pacific. En revisión en Climate Dynamics.

Comunicado Oficial ENFEN

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



COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 04- 2017 Estado del sistema de alerta: **Alerta de El Niño Costero¹**

El Comité Multisectorial ENFEN prevé la continuación del evento El Niño costero débil al menos hasta el mes de marzo inclusive, asociado a una alta probabilidad de lluvias muy fuertes en las zonas medias y bajas de Tumbes, Piura y Lambayeque, su ocurrencia dependerá de la presencia de condiciones atmosféricas locales favorables.

Por lo tanto, el Comité Multisectorial ENFEN mantiene el estado de "Alerta de El Niño Costero", durante el cual mantendrá un monitoreo intenso de las condiciones, actualizando las perspectivas en frecuencia quincenal.

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 al quince de febrero de 2017.

En la región del Pacífico Central (región Niño 3.4), la temperatura superficial del mar (TSM) continúa mostrando valores dentro del rango normal (Figura 1a). En la primera semana de febrero se observó un pulso de anomalías de vientos del este en esta región, entre 170°E y 160°W.

Por otro lado, continúan observándose anomalías de vientos del oeste en el Pacífico Ecuatorial Oriental. En los últimos días, se aprecia el desarrollo de convección y TSM por encima de 28°C en la franja ecuatorial oriental. En la región Niño 1+2 la anomalía de la TSM (Figura 1b), alcanzó valores máximos de +2°C en la primera semana del mes. El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) para diciembre fue +0,43°C (condición cálida débil) y los valores estimados (ICENtmp) hasta febrero corresponden a condiciones cálidas débiles.

Desde fines de enero se han incrementado las anomalías diarias de nivel medio del mar (NMM) frente a la costa, especialmente en el norte. Los valores máximos registrados ocurrieron a inicios del mes de febrero, alcanzando +19 cm frente a Paita.

En la zona norte del mar peruano predominaron valores de TSM de 26° a 27°C desde Tumbes hasta Lambayeque. En el litoral, las anomalías diarias de la TSM variaron entre +4°C y +6°C entre Chimbote y Talara, con los valores máximos en la primera semana del mes. En la zona del Callao estas anomalías variaron entre +0,5°C y +1°C, mientras que en el sur (San Juan e Ilo), se registraron anomalías positivas (<+1°C) en los primeros días del mes, pasando a anomalías negativas de hasta -1,7°C en la segunda semana.

Las temperaturas extremas del aire en la costa norte registraron valores dentro de su variabilidad normal; mientras que en la costa central, las anomalías fueron de +1,8°C en la temperatura máxima y +2,1°C en la temperatura mínima y en la costa sur, las anomalías fueron de +1,7°C y +1,1°C, respectivamente.

En los primeros días del mes se detectó la incursión de vientos del norte hasta la altura de Lambayeque, así como vientos del sur más débiles en el resto de la costa. Posteriormente, los vientos de la costa central y sur se intensificaron significativamente, a causa del fortalecimiento del anticiclón del Pacífico Sur, contribuyendo a la disminución de las anomalías positivas de la temperatura del aire y del mar en la costa central y sur. Sin embargo, los vientos costeros del sur se han debilitado en los últimos días. En la primera semana, se presentaron lluvias de magnitud muy fuerte² en las zonas bajas y medias de Tumbes, Piura y Lambayeque por efecto de las altas temperaturas del mar y condiciones atmosféricas favorables. Asimismo, la banda secundaria de la zona de convergencia intertropical (ZCIT) se presentó bien desarrollada frente a la costa norte en los primeros diez días, contribuyendo a las lluvias observadas, mientras que recientemente se observa el desarrollo de convección más cerca de la línea ecuatorial.

En la zona marino-costera se continuaron observando condiciones de fuerte estratificación térmica en la capa superficial, mientras que la capa subyacente presentó una fuerte deficiencia de oxígeno. La estación fija de Paita continuó registrando un fuerte calentamiento entre 0 y 30 m de profundidad, alcanzando anomalías de hasta +4°C. La estación fija de Chicama registró una profundización de las isotermas hasta los 60 m de profundidad y anomalías térmicas de hasta +7°C en la primera semana de febrero. Este calentamiento frente a Paita y Chicama y el pulso de anomalía de NMM estarían asociados a una onda Kelvin cálida formada cerca de la costa de Sudamérica y a la proyección hacia el sur de Aguas Ecuatoriales Superficiales de baja salinidad.

Los caudales de los ríos de la costa norte y centro han presentado valores por encima de sus promedios históricos, con valores de condición de alerta para los ríos Santa, Chancay-Huaral y Chillón; a diferencia de los ríos de la costa sur y los de la vertiente del Titicaca que presentaron valores por debajo de su promedio histórico. Los reservorios en general tuvieron una tendencia ascendente respecto a su almacenamiento de agua, operando en promedio al 50%.

La clorofila-a, indicador de la producción del fitoplancton, que es base de la cadena alimenticia en el mar, luego de una abrupta disminución en sus concentraciones superficiales frente a la costa central y norte entre fines de enero y la primera semana de febrero, mostró una recuperación importante en los últimos días frente a la mayor parte de la costa central y sur, posiblemente debido a la recuperación temporal del afloramiento costero.

Los índices reproductivos de la anchoveta muestran una disminución en la actividad desovante en la región norte centro. Entre Chicama y Chimbote, la distribución de la anchoveta se presentó muy plegada en la costa. Por otro lado, en las primeras dos semanas del mes se registraron varios eventos de 'mareas rojas' (floraciones de fitoplancton nocivos) y varazones de peces e invertebrados, entre Sechura y Pisco, posiblemente ocasionados por el calentamiento superficial del mar y el aumento de la deficiencia de oxígeno en la capa subsuperficial.

PERSPECTIVAS

Para las próximas semanas y hasta marzo inclusive, se espera que la TSM frente a la costa norte continúe presentando valores de hasta 28° contribuyendo a la alta probabilidad de lluvias muy fuertes en las zonas medias y bajas de Tumbes, Piura y Lambayeque. Sin embargo, su ocurrencia dependerá de la presencia de condiciones atmosféricas locales favorables.

Este pronóstico está asociado a la probable persistencia de la banda secundaria de la ZCIT observada frente a la costa norte y a las anomalías de vientos del norte y del oeste, debido a la retroalimentación de los procesos océano-atmósfera en el Pacífico Oriental. Esto es consistente con la mayoría de los modelos climáticos internacionales.

En los próximos días se prevé un periodo de anomalías de vientos del oeste en el Pacífico Ecuatorial Oriental, que podría amplificar el calentamiento frente a la costa de Ecuador y norte del Perú, asociado a la onda Kelvin cálida prevista a arribar a fines de febrero.

Según los modelos de simulación de ondas, el pulso de vientos del este en el Pacífico Central de inicios de febrero habría formado una onda Kelvin fría, cuyo arribo a la costa se produciría en el transcurso de la segunda quincena de marzo. Sin embargo, su impacto sería poco significativo debido a la persistencia de anomalías de vientos del oeste en el Pacífico Oriental, en cuyo caso se mantendrían las condiciones cálidas en el mar hasta el mes de abril.

De acuerdo con los modelos climáticos de las agencias internacionales, en la región Niño 1+2 continuarían las condiciones cálidas al menos hasta otoño, mientras que para la región Niño 3.4 continuarían las condiciones neutras hasta el mes de mayo, para luego evolucionar a condiciones cálidas. Cabe indicar que los pronósticos para otoño en adelante no son tan confiables debido a la barrera de predictibilidad.

Tomando en consideración el monitoreo y los resultados de los modelos de las agencias internacionales, el Comité Multisectorial ENFEN prevé la continuación del evento El Niño costero de magnitud débil al menos hasta marzo inclusive, manteniendo el estado de "Alerta de El Niño Costero".

Comité Multisectorial ENFEN
Callao, 15 de febrero de 2017

¹Definición de "Alerta de El Niño costero": Según las condiciones recientes, usando criterio experto en forma colegiada, el Comité ENFEN considera que el evento El Niño costero ha iniciado y/o el valor del ICENtmp indica condiciones cálidas, y se espera que se consolide El Niño costero. 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 (Nota Técnica ENFEN 01-2015). Se denomina "Evento El Niño en la región costera de Perú" o "El Niño costero" al período en el cual el Índice Costero El Niño (ICEN), que es la media corrida de tres meses de las anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (TSM) en la región Niño 1+2, indique "condiciones cálidas" (>+0,4°C) durante al menos tres (3) meses consecutivos (Nota Técnica ENFEN 01-2012).

²"Lluvias muy fuertes" se definen como el percentil 95% de la precipitación diaria; "lluvias extremas" se definen como el percentil 99% de la precipitación diaria.



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



COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 05- 2017 Estado del sistema de alerta: **Alerta de El Niño Costero¹**

El Comité Multisectorial ENFEN prevé la continuación del evento El Niño costero al menos hasta el mes de abril inclusive, con una magnitud entre débil y moderada, asociado a una alta probabilidad de lluvias muy fuertes en las zonas medias y bajas principalmente en Tumbes, Piura y Lambayeque, aunque su ocurrencia dependerá de las condiciones atmosféricas locales. Por lo tanto, el Comité Multisectorial ENFEN mantiene el estado de "Alerta de El Niño Costero", durante el cual mantendrá un monitoreo intenso de las condiciones, actualizando las perspectivas en frecuencia quincenal.

El Comité encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) se reunió para analizar y actualizar la información de las condiciones meteorológicas, oceanográficas, biológico-pesqueras e hidrológicas correspondiente al mes febrero de 2017.

En la región del Pacífico Central (región Niño 3.4), la anomalía de la temperatura superficial del mar (TSM) mostró un cambio de valores negativos a positivos a mediados de mes y luego continuó en sentido ascendente (Figura 1a) hasta +0,3°C en la última semana. Asimismo, en la segunda quincena del mes se observó que las anomalías de vientos del oeste se extendieron desde la región del Pacífico Oriental hasta el Pacífico Central. En la región Niño 1+2 la anomalía de la TSM (Figura 1b), alcanzó valores de +2,3°C en la última semana del mes.

Los valores estimados del Índice Costero El Niño (ICENTmp) de enero y febrero corresponden a condiciones cálidas entre débiles y moderadas. En los últimos días del mes, las aguas superficiales superaron los 28°C en la mayor parte de la región Niño 1+2; frente a Piura la TSM alcanzó valores hasta 29°C a 100 millas de la costa. En el litoral, las anomalías diarias de la TSM variaron entre +4°C y +5°C entre Chimbote y Talara. En las costas de Lambayeque y La Libertad se detectó un rápido incremento de la TSM en unos 2°C en los últimos días del mes, debido a la aproximación de las aguas más cálidas a la costa. En la zona del Callao las anomalías alcanzaron +5,5°C en la tercera semana, para luego descender a +3°C en la última semana. En el sur, se registraron anomalías negativas de TSM en San Juan y Mollendo de hasta -2,0°C, mientras que en Ilo se detectó el desarrollo de ligeras anomalías positivas (+0,9°C) hacia finales del mes.

Por otro lado, las anomalías diarias del nivel medio del mar (NMM) frente a la costa norte disminuyeron con respecto a la primera semana del mes, aunque manteniéndose en un rango de +7 a +11 cm. Las temperaturas del aire en la costa norte registraron anomalías de +1,2°C en la temperatura máxima y +1,1°C en la temperatura mínima. En la costa central, las anomalías fueron de +1,9°C en la temperatura máxima y +2,0°C en la temperatura mínima; y en la costa sur las anomalías fueron de +1,1°C y +0,8°C, respectivamente.

Los vientos costeros provenientes del sur se debilitaron a lo largo de toda la costa, debido al relajamiento persistente del Anticiclón del Pacífico Sur, contribuyendo al calentamiento del mar, especialmente en la última semana. Además en los últimos días se evidenció una incursión de vientos del norte en niveles bajos de la atmósfera al menos hasta Lambayeque. La banda secundaria de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) continuó presentándose bien desarrollada, en promedio, frente a la costa norte.

Continuaron presentándose lluvias focalizadas de magnitud muy fuerte² en las zonas bajas y medias de Tumbes, Piura y Lambayeque, por efecto de las altas temperaturas del mar y condiciones atmosféricas favorables. En Moropón, Piura, el día 22 ocurrió la precipitación más alta de todo su registro histórico, que data desde 1963 (150 mm). En la última semana, las estaciones fijas de Paíta, Chicama y Callao mostraron profundización de las isoterms, probablemente asociada al arribo de la onda Kelvin cálida prevista anteriormente.

Además, el calentamiento registró en la segunda quincena una anomalía de hasta +5°C hasta los 30 metros superficiales de las estaciones fijas de Paíta y Chicama, así como hasta +4°C en Chimbote y +2°C en Callao, hasta los 20 metros superficiales. En la costa central, la fuerte estratificación térmica continuó siendo acompañada por una fuerte deficiencia de oxígeno en la capa subyacente. La proyección hacia el sur de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) de baja salinidad hasta Chimbote, la aproximación de las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) a la costa de Callao y el paso de la onda Kelvin cálida habrían contribuido al calentamiento superficial de las aguas costeras.

Para la segunda quincena, los ríos de la vertiente occidental del Perú mostraron en su mayoría hidrogramas de tipo ascendente con caudales diarios por encima de sus promedios. En la costa norte, los caudales llegaron a superar sus valores máximos históricos; el río Piura superó su nivel de emergencia (1,000 m³/s). Las reservas hídricas en la costa norte promediaron en el mes 46% respecto a la capacidad hidráulica de los principales embalses. En la costa sur los embalses mostraron una tendencia ascendente en su mayoría, operando en promedio al 59% de su capacidad hidráulica útil.

La clorofila-a, indicador de la producción del fitoplancton, que es base de la cadena alimenticia en el mar, mostró en la segunda quincena del mes una declinación de sus concentraciones superficiales frente a la costa norte hasta presentar anomalías negativas, así como anomalías positivas en la zona centro-sur.

Los indicadores reproductivos de la anchoveta en la región norte-centro mostraron una disminución en la actividad desovante y también del contenido graso con respecto al mes de enero. Durante la Operación EUREKALXIX (21-23 de febrero) se observó que la anchoveta se encontró restringida al sur de Huarmey (10°S) y dentro de las 30 millas, debido a la proyección de las AES hasta Chimbote y el acercamiento de las ASS a la costa. Asimismo, la distribución vertical de los cardúmenes estuvo por encima del patrón promedio, asociada a la posición somera de la capa mínima de oxígeno en esta región. La disminución del contenido graso, estaría relacionada a cambios en la composición de la dieta, que no proporciona la misma energía, así como al mayor costo energético ocasionado por el calentamiento.

Por otro lado, se registró presencia de caballa entre Salaverry y Casma, de 30 a 70 millas de la costa y persistió la presencia de especies oceánicas, indicadoras de aguas cálidas, como agujilla, bonito y barrilete, cerca de la costa y principalmente en el norte. La múnida, indicadora de aguas frías, se detectó en la región central y sur cerca de la costa.

PERSPECTIVAS

Se estima que el Niño Costero en curso se extendería hasta abril. Para las próximas semanas, se espera que la TSM frente a la costa norte continúe presentando valores de 28°C y de hasta 29°C, contribuyendo a la alta probabilidad de lluvias muy fuertes en las zonas medias y bajas principalmente en Tumbes, Piura y Lambayeque. Sin embargo, su ocurrencia dependerá de las condiciones atmosféricas locales. Este pronóstico está asociado a la tendencia del calentamiento observado, a la influencia acumulativa de las ondas Kelvin cálidas, de las cuales la más reciente ya está impactando la costa central y norte, a la persistencia de la banda secundaria de la ZCIT observada frente a la costa norte, a las anomalías de vientos del norte y del oeste, y a los procesos de retroalimentación océano-atmósfera en el Pacífico Oriental. Esto es consistente con la mayoría de los modelos climáticos internacionales. Si bien hay una onda Kelvin fría desplazándose hacia la costa sudamericana, esta no tendría mayor impacto. En conjunto, estas condiciones aumentan la probabilidad de que El Niño costero alcance una magnitud moderada.

De acuerdo con los modelos climáticos de las agencias internacionales, en la región Niño 1+2 continuarían las condiciones cálidas al menos hasta otoño, mientras que para la región Niño 3.4 continuarían las condiciones neutras hasta el mes de mayo, para luego evolucionar a condiciones cálidas. Cabe indicar que los pronósticos para otoño en adelante no son tan confiables debido a la barrera de predictibilidad. Tomando en consideración el monitoreo y los resultados de los modelos de las agencias internacionales, El Comité Multisectorial ENFEN prevé la continuación del evento El Niño costero al menos hasta el mes de abril inclusive, con magnitud entre débil y moderada.

Comité Multisectorial ENFEN
Callao, 02 de marzo de 2017

¹Definición de "Alerta de El Niño costero": Según las condiciones recientes, usando criterio experto en forma colegiada, el Comité ENFEN considera que el evento El Niño costero ha iniciado y/o el valor del ICENTmp indica condiciones cálidas, y se espera que se consolide El Niño costero. 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 (Nota Técnica ENFEN 01-2015). Se denomina "Evento El Niño en la región costera de Perú" o "El Niño costero" al período en el cual el Índice Costero El Niño (ICEN), que es la media corrida de tres meses de las anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (TSM) en la región Niño 1+2, indique "condiciones cálidas" (>+0,4°C) durante al menos tres (3) meses consecutivos (Nota Técnica ENFEN 01-2012).

²"Lluvias muy fuertes" se define como el percentil 95% de la precipitación diaria; "lluvias extremas" se definen como el percentil 99% de la precipitación diaria.





© Instituto Geofísico del Perú
Calle Badajoz 169, Urb. Mayorazgo IV Etapa, Ate, Lima, Perú
Central Telefónica: (511) 317 2300

<http://www.igp.gob.pe>

 <http://www.facebook.com/igp.peru>

 http://twitter.com/igp_peru

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

En el marco del:

