



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



Foto: Hernán Pifera [Flickr]

GENERACIÓN DE INFORMACIÓN Y MONITOREO DEL FENÓMENO EL NIÑO

**Patrones espaciales de sequía en la Amazonía
asociados a eventos recientes El Niño y
calentamiento del Atlántico Tropical**

VOL. 6 N° 4 ABRIL 2019

Contenido

3 - 4

Introducción

5 - 8

Artículo de Divulgación Científica

9 - 12

Avances científicos

13 - 17

Resumen del Informe Técnico

18 - 19

Comunicados Oficiales del 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".

Lucía Ruíz
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, Gerardo Rivera

Edición: Kobi Mosquera
Diseño y Diagramación: Luis Miguel Ybañez

Carátula: Sequía en Venezuela por el fenómeno El Niño en los estados Zulia y Falcón (noroeste).
Foto: Hernán Piñera (flickr)

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, agosto de 2019

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 oceáno-atmosférico, mediante informes técnicos mensuales, que permitan la toma de decisiones a autoridades a nivel nacional y regional.

A este producto, el IGP contribuye con la actividad "Generación de 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

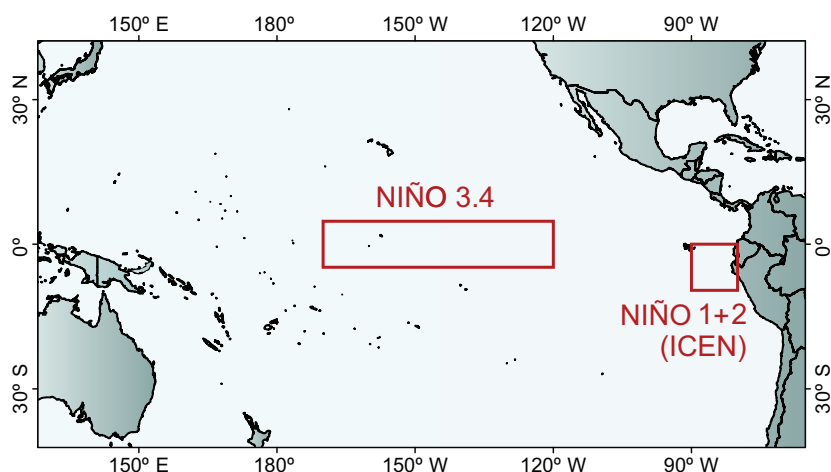
La Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), conformada por representantes de IMARPE, DHN, IGP, SENAMHI, ANA, INDECI y CENEPRED, es el ente que genera la información oficial de monitoreo y pronóstico del Fenómeno El Niño y otros asociados.

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.

Patrones espaciales de sequía en la Amazonía asociados a eventos recientes El Niño y calentamiento del Atlántico Tropical



**Juan Carlos Jiménez,
Ph.D.**

UNIVERSIDAD DE VALENCIA,
ESPAÑA

Ph.D. en Física por la Universidad de Valencia, España. Actualmente es profesor titular en el departamento de Física de la Tierra y Termodinámica en la Facultad de Física de la Universidad de Valencia y realiza su investigación en la Unidad de Cambio Global del Laboratorio de Procesado de Imágenes de esta universidad. Su investigación se centra en el campo de la Teledetección Térmica utilizando sensores de Observación de la Tierra a bordo de satélites. Recientemente su investigación está enfocada en el análisis de tendencias de anomalías de temperatura y patrones de sequía en bosques tropicales (especialmente en la Amazonía) en relación a distintos factores climáticos como ENOS o anomalías de temperatura del mar en otras regiones oceánicas.



**José Antonio
Marengo, Ph.D.**

DIRECTOR CIENTÍFICO EN
CEMADEN, SAO PAULO,
BRASIL

Ph.D. en Meteorología de la Universidad de Wisconsin-Madison, EE.UU., es ingeniero Meteorólogo de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Perú. Actualmente es Investigador titular en el Centro Nacional y Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN) y profesor de la Escuela de posgrado del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) y de la Universidad Estatal de Sao Paulo (UNESP). Es autor de numerosos artículos publicados en revistas internacionales y recientemente su investigación está enfocada en cambio climático, extremos climáticos y reducción de riesgo de desastres naturales.

INTRODUCCIÓN

El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) es la principal causa de la variabilidad interanual del clima tropical con impactos a nivel global, y su fase cálida (El Niño, EN) está relacionada con algunos eventos de sequía extrema en algunas regiones de la Amazonía. Por otra parte, algunos de estos eventos de sequía también están relacionados con anomalías cálidas de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en la región del Atlántico

Norte Tropical (ANT). Los impactos regionales durante los periodos de sequía son distintos dependiendo si las anomalías cálidas de la TSM se producen en la región del Pacífico Tropical (evento EN) o en la región del ANT, o bien cuando se produce una combinación de ambas. Incluso en el caso de un fenómeno EN, los impactos pueden ser distintos dependiendo de si la anomalía de la TSM se concentra en la región del Pacífico Este (PE) o en el Pacífico Central (PC), relacionadas con las regiones EN3 y EN4, respectivamente (Sulca et al., 2017).

Las sequías producidas durante los eventos EN se asocian a un debilitamiento de la circulación de Walker, con un aumento de la convección y precipitación en el Pacífico Este y una subsidencia compensatoria al otro lado de los Andes. Esta subsidencia inhibe la formación de lluvia en la Amazonía. En el caso de sequías asociadas a un calentamiento anómalo del ANT el proceso tiene rasgos similares. La Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) se desplaza hacia el norte respecto de su posición media, localizándose sobre la región de aguas más calientes en el ANT. Como resultado se produce un debilitamiento de la circulación de Hadley, dando lugar a una reducción del transporte de humedad desde el Atlántico hasta la región amazónica. Este proceso es más intenso durante el verano y otoño austral (Marengo et al., 2018; Marengo y Espinoza, 2016).

La Amazonía ha sufrido una serie de sequías extremas en intervalos temporales excepcionalmente cortos, aumentando la preocupación entre la comunidad científica acerca de la resistencia de los bosques tropicales amazónicos a episodios de sequía continuados. Algunos de los mayores eventos de sequía extrema en el último siglo se han producido en 2005, 2010 y 2016, dando lugar a una frecuencia excepcionalmente alta de un fenómeno extremo cada 5 años. El último episodio de

sequía en 2015-16 está relacionado con un evento EN extremo, similar en magnitud a los episodios de 1982-83 y 1997-98. Sin embargo, EN 2015-16 viene caracterizado por una fuerte componente en la anomalía del PC, en contraposición a los eventos 1982-83 y 1997-98, los cuales están caracterizados por una mayor contribución del PE. Por otra parte, las sequías de 2005 y 2010 se atribuyen a anomalías cálidas en la región de ANT. Además, la sequía de 2010 vino acompañada de un evento EN 2009-10, que se caracterizó por una fuerte contribución del PC (Jiménez-Muñoz et al., 2016; Jimenez et al., 2018).

En este artículo divulgativo se analizan brevemente los patrones espaciales de las sequías más severas ocurridas en las últimas décadas sobre la Amazonía, las cuales son asociadas tanto a eventos EN como a un calentamiento anómalo del ANT. En particular, se considera como referencia los años 1983, 1998, 2005, 2010 y 2016.

MÉTODOS

Como indicador de sequía hemos utilizado el índice scPDSI (self-calibrated Palmer Drought Severity Index) elaborado por la unidad CRU (Climate Research Centre)

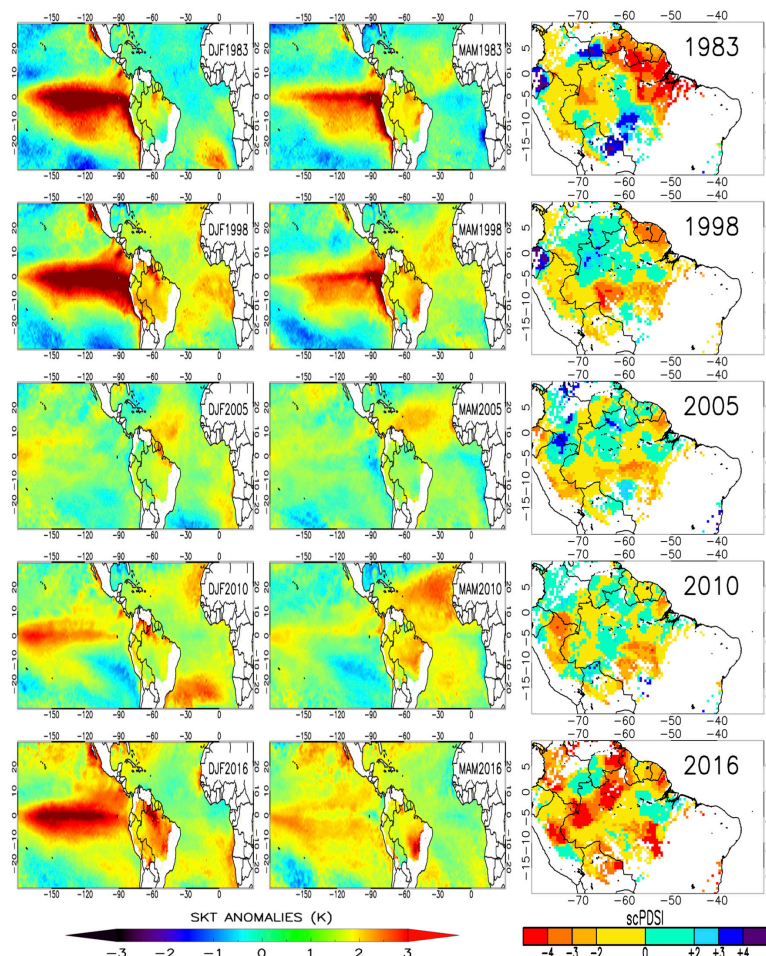


Figura 1. Índice anual de sequía scPDSI (self-calibrated Palmer Drought Severity Index) para distintos eventos El-Niño extremos (1983, 1998, 2016) y eventos de calentamiento anómalo del Atlántico Tropical Norte (2005, 2010). Se incluye también anomalías de temperatura superficial (tanto para mar como bosques amazónicos) para las estaciones DJF y MAM.

a partir de la última versión de datos de precipitación y temperatura (van der Schrier et al., 2013; Barichivich et al., 2018). En trabajos anteriores se ha utilizado también este índice empleando otras bases de datos de precipitación y evapotranspiración (Jiménez-Muñoz et al., 2016; Jiménez-Muñoz et al., 2018).

Para el cálculo de anomalías de TSM se ha utilizado el reciente producto de reanálisis ERA5 (Albergel et al., 2018). Para las series temporales de precipitación se ha utilizado la base de datos históricas CRU versión 4.03 (Harris et al., 2014), comparándose también con los datos de precipitación CHIRPS (versión 2.0) disponibles desde el año 1981 (Funk et al., 2014). Los datos de precipitación y sequía se han complementado con datos de nivel de agua del Río Negro medidos en la zona de Manaus en Brasil. Para mostrar los resultados sobre la Amazonía se ha seleccionado únicamente aquellas áreas correspondientes a bosques tropicales según la clasificación "Evergreen Broadleaf Forest".

RESULTADOS

Patrones espaciales de sequía

La Figura 1 muestra la distribución espacial del índice de sequía scPDSI anual para los años 1983, 1998, 2005, 2010 y 2016, incluyendo también el estado de las anomalías de la TSM (y de la temperatura superficial del bosque amazónico) para las estaciones DEF y MAM de esos mismos años. Durante el evento de

1983 la sequía fue más severa en la Amazonía central y del este. Se observa también una zona de sequía en Perú, especialmente en la zona sur. En general se observa un patrón espacial parecido durante el año 1998, aunque el grado de severidad parece en general menos intenso que en 1983. En 1998 la sequía afectó prácticamente a toda la región este de la Amazonía de Brasil, mientras que en 1983 la zona de sequía se centró más en la parte norte de la región. En 2005 la sequía afectó especialmente el suroeste de la Amazonía, y vino asociada a un calentamiento anómalo del ANT, con anomalías de alrededor de 1°C (Marengo et al., 2018). En 2010 la sequía fue intensa en Perú y casi toda la Amazonía central y sur. En este año El Niño fue en general menos intenso que en 1983 o 1998, aunque la contribución del PC fue mayor. Por otra parte, durante el periodo MAM se observa un fuerte calentamiento del ATN. Durante el reciente EN de 2016 la sequía afectó de forma severa y extensa prácticamente a toda la Amazonía. La Figura 1 muestra por tanto que cada sequía tiene una distribución espacial diferente, ya sean asociadas a un fenómeno EN o al calentamiento de ATN, o a una combinación de ambos (como el caso de 2010).

Series temporales de lluvia

El análisis de la variación temporal a largo término de la precipitación (Figura 2) muestra una gran variabilidad interanual, aunque no se observa en principio una tendencia clara. La cantidad de precipitación es más elevada en la parte norte de la Amazonía que en la

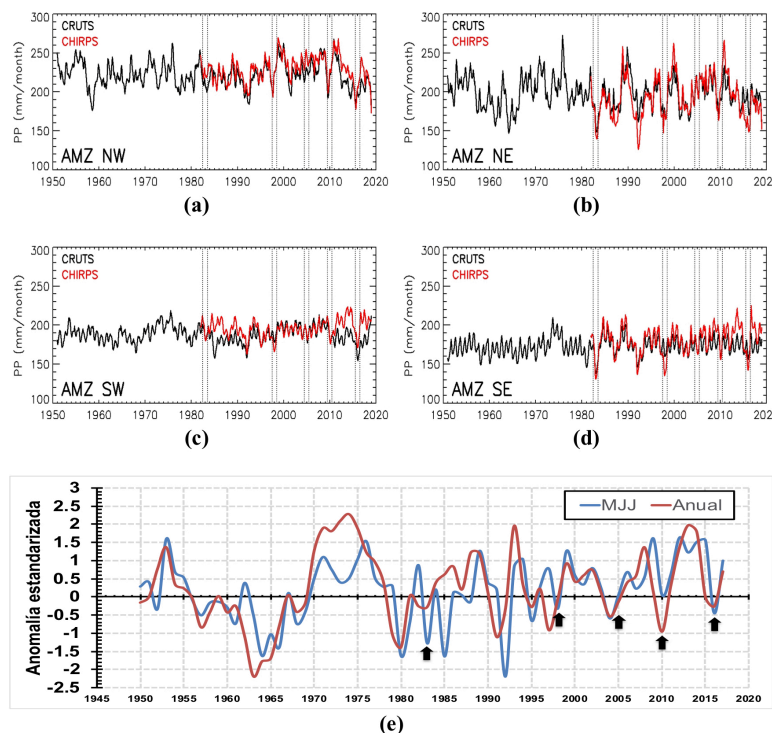


Figura 2. Series temporales de precipitación para distintas regiones de la Amazonía: (a) noroeste, (b) noreste, (c) suroeste y (d) sureste. Los valores se han representado como media móvil con un periodo de 12 meses. Se han utilizado datos CRU desde 1950 y datos CHIRPS desde 1981. (e) Anomalia estandarizada para el nivel de agua de Río Negro en Manaus (Brasil). La anomalia se ha calculado en base a un periodo de referencia 1903-2017. Las líneas verticales en las figuras (a), (b), (c) y (d), y las flechas en la figura (e) indican los años 1983, 1998, 2005, 2010 y 2016.

parte sur, así como lo son sus variaciones. Los picos de precipitación mínima se corresponden bien con los fenómenos indicados anteriormente de EN o calentamiento en el ATN. Se observa también que las dos fuentes de datos de precipitación son consistentes en promedio sobre las distintas regiones, si bien los datos CHIRPS proporcionan valores mayores de precipitación en las zonas sur de la Amazonía. Los resultados anteriores se complementan con las anomalías del nivel de agua del Río Negro en Manaus (Figura 2e), donde se observan también algunos picos mínimos en coincidencia con eventos EN y/o calentamiento ANT, que corresponden a años con anomalías negativas de la lluvia en la región norte y central de la Amazonía (regiones NW y NE en las Figuras 2a y 2b). Hay que tener en cuenta que debido a la ubicación de la cuenca del Río Negro (en la Amazonía norte y central), los niveles de agua no se corresponden con todos los eventos de sequía (Marengo et al., 2008).

CONCLUSIONES

Las sequías en la Amazonía causan grandes daños ambientales y a la población, favoreciendo además que los incendios forestales sean más intensos y cubran áreas mayores en la región, contribuyendo por tanto a una mayor emisión de carbono (Aragao et al., 2018). Los incendios liberan también gran cantidad de humo que afecta a la salud de la población y a las actividades comerciales. Durante las sequías extremas se producen niveles extremadamente bajos de los ríos Amazónicos, aunque estas variaciones dependen en gran medida de la ubicación de la cuenca del río. La disminución de lluvia en la región ha sido relacionada a eventos EN y/o a un calentamiento anómalo del ANT, como en 1983, 1998, 2005, 2010 y 2016, tal y como se muestra en este trabajo. En el caso de 1983 y 1998, se trata de fenómenos El Niño muy fuertes, con una mayor contribución del Pacífico Este, mientras que el 2016 viene caracterizado también por un evento El Niño muy fuerte pero con mayor contribución del Pacífico Central. En el caso de 2005 y 2010, nos encontramos ante un fenómeno de calentamiento anómalo del ANT, si bien en el caso de 2010 hay que añadir también un evento El Niño de fuerte contribución en el Pacífico Central. Existen también otros episodios de sequía severa no considerados en este trabajo, como en 1925-26 y 1986-87. En resumen, no todas las sequías en la Amazonía ocurren en relación a un evento El Niño, y aquellas relacionadas con un evento El Niño dan lugar a distintas distribuciones geográficas de áreas afectadas por sequía debido a la diversidad de cada El Niño.

REFERENCIAS

Albergel, C, Dutra, E, Munier, S, Calvet, J-C, Munoz-Sabater, J, de Rosnay, P, and Balsamo, G. 2018. ERA-5 and ERA-Interim driven ISBA land surface model simulations: which one performs better? *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 22, 3515-3532.

Aragao, LEOC, Anderson, LO, Fonseca, MG, Rosan, TM, Vedovato, LB, Wagner, FH, et al. (2018). 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. *Nature Communications*, 9, 536.

Barichivich, J, Osborn, TJ, Harris, I, van der Schrier G., and Jones, PD. (2018). Drought [in "State of the Climate in 2018"]. *Bulletin of the American Meteorological Society*, under review.

Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Rowland, J., Romero, B., Husak, G., Michaelsen, J., and Verdin, A. 2014. A quasi-global precipitation time series for drought monitoring. *US Geological Survey Data Series 832*. <http://dx.doi.org/10.3133/ds832>.

Harris, I, Jones, PD, Osborn, TJ, and Lister, DH (2014). Updated high-resolution grids of monthly climatic observations – the CRU TS3.10 Dataset. *International Journal of Climatology*, 34(3), 623-642.

Jiménez-Muñoz, JC., et al. (2016) .Record-breaking warming and extreme drought in the Amazon rainforest during the course of El Niño 2015-2016. *Sci. Rep.* 6, 33130. (doi:10.1038/srep33130)

Jimenez-Muñoz, JC., et al. (2018) .Spatio-temporal patterns of thermal anomalies and drought over tropical forests driven by recent extreme climatic anomalies. *Phil. Trans. R. Soc. B*. DOI:10.1098/rstb.2017-0300.

Marengo, JA., Nobre, CA., Tomasella, J., Oyama, MD., de Olivera, GS., de Oliveira, R., Camargo, H., Alves, LM., and Foster Brown, I. (2008) .The drought of Amazonia in 2005. *Journal of Climate*, 21(3), 495-516. Doi: 10.1175/2007JCLI1600.1

Marengo, J. A., and Espinoza, J. C. (2016). Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. *Int. J. Climatol.* 36, 1033-1050. doi:10.1002/joc.4420

Marengo, JA., Jr, Souza, C., Thonicke, K., Burton, C., Halladay, K., Betts, RA., Alves, LM., and Soares, WR (2018). Changes in Climate and Land Use Over the Amazon Region: Current and Future Variability and Trends. *Front. Earth Sci.* 6:228. doi: 10.3389/feart.2018.00228

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. *International Journal of Climatology*, 38(1), 420-435. <https://doi.org/10.1002/joc.5185>

Van der Schrier, G., Barichivich, J., Briffa, KR, and Jones PD. (2013). A scPDSI-based global data set of dry and wet spells for 1901-2009. *J. Geophys. Res. Atmos.* 118, 4025-4048.

Radar de lluvias en Piura para observar El Niño

Rodolfo Rodríguez, Antonio Mabres, Gaston Cruz, Raúl La Madrid, Ruetger Rollenbeck, Danny Scipión y Yamina Silva.

Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura (UDEP), Piura, Perú

Departamento de Geografía de la Universidad de Marburg, Marburg, Alemania

Instituto Geofísico del Perú (IGP)

INTRODUCCIÓN

Piura, es una de las regiones más impactadas por fuertes lluvias y tormentas durante la ocurrencia de un evento El Niño (Rollenbeck, 2015). Los mecanismos de formación, distribución y dinámica de las lluvias en esta región cuentan con poca información. Por ello, no se tiene un algoritmo o modelo que permita estimar la magnitud de las lluvias, la crecida de quebradas, ríos y posibles inundaciones en las cuencas de los ríos Chira y Piura, de tal manera que ayude a mitigar daños y pérdidas en la población.

Eventos de El Niño de extraordinaria magnitud ocurrieron en 1982-1983 y 1997-1998 e impactaron fuertemente a dicha región (Mugica, 1984). La súbita aparición de El Niño costero del 2017, produjo en gran parte de la costa del Perú fuertes lluvias que causaron serios daños en varias regiones costeras, especialmente las del norte. En Piura se dieron fuertes lluvias entre los meses de febrero y marzo de dicho año que causaron la crecida de quebradas y ríos que produjeron inundaciones en pueblos y campos de cultivo (Takahashi, 2017).

El mismo año y después de las emergencias vividas, la Universidad de Piura (UDEP) formuló y ganó el proyecto de equipamiento científico en la convocatoria 04-EC-2017 de INNOVATE PERU (contrato 290-INNOVATE PERU-EC-2017) para la implementación de un radar de lluvias con la finalidad de detectarlas en tiempo real y con buena resolución espacial y temporal, y que se mejore el estudio de su mecanismo de formación, distribución y dinámica en la región Piura. Este proyecto se realizó en colaboración con el Instituto Geofísico del Perú (IGP) e inició en el 2017 y culminó el 2019 con la instalación del radar.

Por su parte el IGP a fines del año 2015, instaló en su sede de Huancayo un radar perfilador de nubes y precipitación en banda Ka (MIRA35C), también con un proyecto de equipamiento científico financiado por INNOVATE PERU. Asimismo, gracias al MIRA 35C se han realizado diversas

investigaciones sobre la dinámica, física y microfísica de las lluvias en los Andes (Martínez-Castro, et al., 2019, Flores et al., 2019, Moya-Álvarez et al., 2018), así como validación de los algoritmos de cuantificación de las lluvias por radar (Valdivia, 2018; Villalobos, 2016) que serán la base para los estudios que se realizarán usando este radar.

PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN DE UN RADAR DE LLUVIAS PARA PIURA

Este proyecto de equipamiento científico fue ejecutado por el equipo técnico y científico de la UDEP culminando con la exitosa implementación en abril del 2019 con un radar de lluvias en el campus de la UDEP (05° 10' 14.0" LS; 80° 38' 18.6" LO, 45 m s.n.m.). Este radar es el primero de su categoría que en forma permanente funcionará en nuestro país, tiene un alcance de 100 km y detecta lluvias en gran parte de la región Piura, principalmente en las provincias costeras de Talara, Paita, Sullana, Piura, Sechura y Morropón, abarcando varias subcuencas y microcuencas de los ríos Chira y Piura (Figura 1).

La detección de lluvias con dicho sistema se realiza en tiempo real y se reporta con buena resolución temporal y espacial, pues lo hace cada 5 minutos y con una resolución espacial de 500 metros en promedio, lo que equivale a tener una red de pluviómetros de 500 metros de distancia promedio entre ellos. Esto permitirá ver la dinámica de desplazamiento de las lluvias y la evolución de sus intensidades en el tiempo.

Además, a corto plazo este sistema funciona como un sistema de alerta temprana que ayudaría a prevenir avenidas e inundaciones y ayudar a localizar emergencias. A largo plazo mejora las observaciones en investigaciones atmosféricas, climáticas e hidrológicas para entender el mecanismo de formación, distribución y dinámica de lluvias regionales.



Figura 1. Mapa de la Región Piura. El círculo de color negro indica el alcance del radar meteorológico, el cual es de 100 km de radio.

El equipo técnico y científico de este proyecto está conformado principalmente por profesores y estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la UDEP, quienes se vienen capacitando en la implementación de técnicas modernas de observación atmosférica como es la detección remota y en radares para ser aplicadas en investigaciones de áreas como la meteorología e hidrología.

CONFIGURACIÓN DEL RADAR DE LLUVIAS

La infraestructura para el radar de lluvias tiene dos partes bien definidas, una torre metálica y cabina de seguimiento. En la parte superior de la torre metálica de 10 metros de altura se ha instalado una antena parabólica de 1.2 metros de diámetro y la unidad principal de transmisión y recepción, protegidas por un domo semiesférico de fibra de vidrio. Mientras que en la cabina de seguimiento se han instalado los equipos electrónicos del sistema como la unidad interface y las PCs de procesamiento de señales e imágenes (Figura 2).

El software de funcionamiento de este sistema está conformado por dos principales programas que son suministrados por el proveedor de equipamiento:

RainView: Controla el funcionamiento de todo el sistema incluyendo la exhibición en pantalla de los datos en tiempo real.

RainView Analyser: Procesa los datos y permite visualización de los productos.

Entre los productos que se obtienen con dicho software están: (a) Plano indicador de posición (PPI), (b) Velocidad de la lluvia (RR), (c) Precipitación acumulada (PAC), (d) Calibración de lluvia total (RGRT), (e) Acumulación en subcuencas (RSA) y Trayectoria de la lluvia (RTR).



Figura 2. A la izquierda se muestra la torre metálica de 10 metros de altura, con la antena parabólica en su parte superior, y a la derecha la cabina de seguimiento con los equipos electrónicos del radar de lluvias.

PRIMERAS OBSERVACIONES

El radar entró en operación el 4 de abril de 2019, y entre los meses de abril y mayo se hicieron las primeras observaciones comprobando su correcta instalación y funcionamiento. Dado que en esos meses no suele llover en la región de Piura, inicialmente no se detectó reflectividad propiamente de lluvias, en cambio se detectó la reflectividad (clutter) debido a objetivos fijos cercanos (hasta aproximadamente 15 km) a la ubicación de la antena del radar, tales como edificios, torres metálicas, cerros o lomas, tanques de agua, etc., en la ciudad de Piura o cercanos a ella (Figura 3). También, se ha detectado la aproximación de aviones en el aeropuerto de Piura.

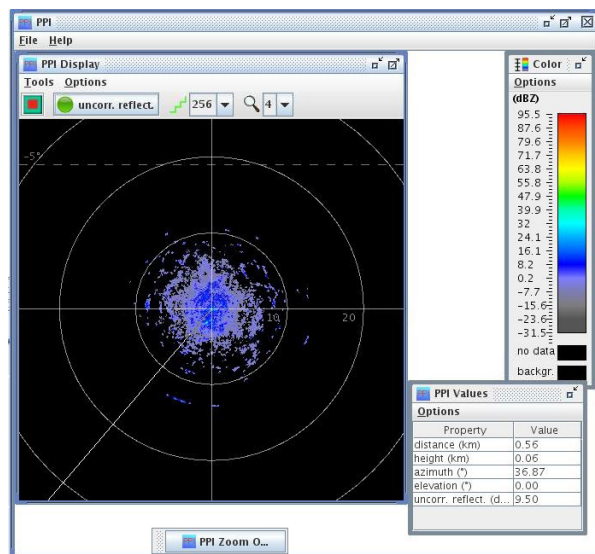


Figura 3. PPI de la reflectividad debido a objetos fijos cercanos detectados por el radar.

La primera detección de lluvia ocurrió el martes 14 de mayo en horas de la mañana. Fueron lluvias de baja intensidad (garúas) que ocurrieron en algunos distritos de la zona costera de Piura (Figura 4).

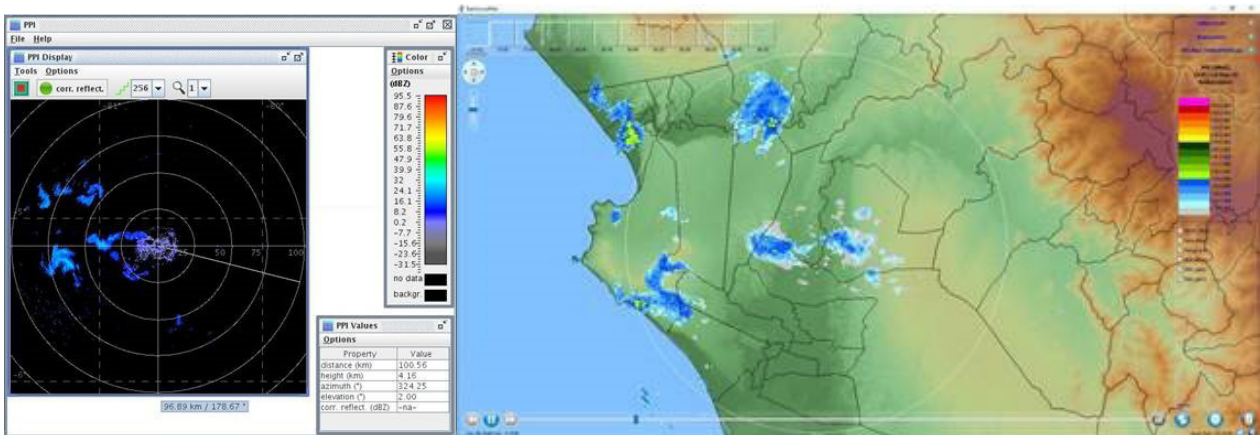


Figura 4. La figura de la izquierda muestra el PPI y la de la derecha la distribución espacial de lluvias de baja intensidad ocurridas el martes 14 de mayo 2019 en la costa de la región Piura.

Según esas primeras observaciones las lluvias se presentaron en algunos poblados de distritos de las provincias costañas de Talara, Sullana, Paita y Piura, observándose también su dinámica con desplazamiento de Este a Oeste.

Con estas primeras observaciones se ha podido comprobar las prestaciones del sistema radar implementado que es una tecnología moderna de medición y detección de los parámetros meteorológicos que los reportan a tiempo real y con los que se mejorarán las investigaciones atmosféricas en la región.

En colaboración con investigadores del Instituto Geofísico del Perú (IGP) y la Universidad de Marburg, se han formulado los siguientes temas de investigaciones:

- Seguimiento espacial y temporal de las precipitaciones en la costa de la región Piura con determinación del efecto orográfico que hace la cordillera de los Andes en su distribución espacial.
- Complementación de medición de lluvias con la red NIÑO5 de estaciones meteorológicas de la región Piura instalada el 2010 para estudios ecológicos y atmosféricos del norte del Perú.
- Constitución de un sistema de alerta temprana de inundaciones y avenidas para la región Piura.
- Estudio del mecanismo de trasvase amazónico a través de los Andes.
- Comprobación de la existencia del Chorro Costero de Baja Altura (CCBA) como un mecanismo de disipación de energía que causa el gradiente eco-climático entre la costa y la sierra de la región Piura.
- Complementación con los radares del sur de Ecuador para conformar una cadena binacional de radares de lluvias para observaciones regionales.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

La siguiente tabla resume las especificaciones de los principales componentes del radar de lluvias (Selex, 2019)

Fabricación
País: Alemania Marca: Selex Modelo: RS120 Alcance: 100km
Antena
Diámetro: 1.2m Ganancia: 38.5 dB Lóbulo lateral de elevación: -27dBc Anchura de haz de azimut: 2° Anchura de haz de elevación: 2° Tasa de rotación: 12 r.p.m. Precisión de azimut: ±0.5°
Transmisor
Potencia de pico: 25 KW Frecuencia: 9410 (±30 MHz) Frecuencia de repetición del pulso (PRF): 833 – 1500 Hz Duración del pulso: 500 -1200ns Longitud del pulso (resolución): 75 – 180 m.
Receptor
Ancho de Banda (1200ns/500ns): 3 MHz / 7 MHz Mínima señal detectable: - 100dBm Rango dinámico: 70 dB Figura de Ruido: 6 dB
Procesador de señales
CPU: Intel Pentium Dual Core Sistema operativo: LINUX Memoria RAM: 2 GB Disco duro: Mínimo 30 GB (rango de temperatura extendido) Interfaces: COM1, COM2, Parallel, 4x USB 2.0, PS2 Interface de red: Ethernet rápida de 100 Mb/s Convertidor A/D de radar: 14 bit, 20 MS/s

Transmisor
Potencia de pico: 25 KW Frecuencia: 9410 (±30 MHz) Frecuencia de repetición del pulso (PRF): 833 – 1500 Hz Duración del pulso: 500 -1200ns Longitud del pulso (resolución): 75 – 180 m.
Receptor
Ancho de Banda (1200ns/500ns): 3 MHz / 7 MHz Mínima señal detectable: - 100dBm Rango dinámico: 70 dB Figura de Ruido: 6 dB
Procesador de señales
CPU: Intel Pentium Dual Core Sistema operativo: LINUX Memoria RAM: 2 GB Disco duro: Mínimo 30 GB (rango de temperatura extendido) Interfaces: COM1, COM2, Parallel, 4x USB 2.0, PS2 Interface de red: Ethernet rápida de 100 Mb/s Convertidor A/D de radar: 14 bit, 20 MS/s
Requerimientos de Energía Eléctrica
Radar: 100VA /70W Procesador de señales: 100VA / 90W Potencia total incluido refrigeración y UPS: Max 500 VA / 500W

PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN EN COLABORACIÓN CON EL IGP

El radar de la UDEP permitirá realizar diversas investigaciones, por ejemplo: 1) para evaluar los algoritmos que permita cuantificar las lluvias obtenidas con el radar y del satélite GPM (Global Precipitation Measurement mission), siguiendo los resultados de Valdivia (2018) y Villalobos (2016); 2) estudiar los mecanismos que desencadenan tormentas en la costa norte, siguiendo las metodologías propuestas por Flores et al. (2019) y Kumar et al. (2019), así como la validación de los modelos de pronóstico de lluvias (Moya-Alvarez, et al., 2018). Ello se logrará en estrecha colaboración con los investigadores del IGP.

Es importante dar un agradecimiento muy especial a las entidades que hicieron posible la ejecución de este proyecto. Al programa INNOVATE PERU del Ministerio de la Producción por su apoyo financiero. También a PETROPERU, a la Asociación de Productores y Exportadores de Mango (APEM) y a la Universidad de Marburg de Alemania por su valiosa cooperación.

REFERENCIAS

Flores, J. L., Alvarez, A., Kumar, S., Martínez, D., Villalobos, E., y Silva, Y. (2019). Analysis of Possible Triggering Mechanisms of Severe Thunderstorms in the Tropical Central Andes of Peru, Mantaro Valley. *Atmosphere*, 10 (6), 301.

Kumar, S., Silva-Vidal, Y., Moya-Álvarez, A. S., & Martínez-Castro, D. (2019). Effect of the surface wind flow and topography on precipitating cloud systems over the Andes and associated Amazon basin: GPM observations. *Atmospheric Research*, 225, 193-208.

Daniel Martinez-Castro, Shailendra Kumar, Jose Luis Flores Rojas, Aldo S. Moya-Álvarez, Jairo M. Valdivia Prado, Elver Villalobos Puma. 2019. Sensitivity of cloud microphysics scheme to simulate a convective rainfall event using WRF-ARW over the complex topography of the Andes. *aceptado em Atmosphere*.

Moya-Álvarez, A. S., Martínez-Castro, D., Flores, J. L., y Silva, Y. (2018). Sensitivity study on the influence of parameterization schemes in WRF_ARW model on short- and medium-range precipitation forecasts in the Central Andes of Peru. *Advances in Meteorology*, 2018.

Mugica, R. El fenómeno de El Niño. Piura 1983, Universidad de Piura, 1984.

Rollenbeck, R., Bayer, F., Münchow, J., Richter, M., Rodriguez, R., & Atarama, N (2015). Climatic cycles and gradients of the El Niño core region in North Peru. *Advances in Meteorology*, 2015, 10. <https://doi.org/10.1155/2015/750181>

Selex ES GmbH. Gematronik Weather Radar System, Operating and Service manual, 2019.

Valdivia, J., 2018. Cuantificación de Lluvias usando el Radar Perfilador de Banda Ka MIRA 35C. Tesis para optar el título de INGENIERO AMBIENTAL. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Perú. Disponible en <http://repositorio.igp.gob.pe/handle/IGP/4276>

Villalobos, E., 2016: Validación del algoritmo de estimación de precipitación del radar de frecuencia dual (DPR) abordo del satélite GPM, usando datos de precipitación in situ sobre el valle del río Mantaro. Tesis para obtener el título de Licenciado en Física de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Disponible en <http://repositorio.igp.gob.pe/handle/IGP/926>.

Takahashi, K. (2017). Fenómeno El Niño: "Global" vs "Costero." *Avances En La Ciencia Del El Niño: Colección de Artículos de Divulgacion Científica* 2017, 4(4), 4–7.

Resumen del Informe Técnico PP N° 068 / El Niño- IGP/2019-03

Advertencia: El presente informe sirve como insumo para la Comisión Multisectorial encargada del 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

El valor del Índice Costero El Niño (ICEN), basado en los datos de ERSSTv3b y el estimado con datos de OISSTv2 (ICENOI), indicaron que para el mes de febrero del 2019 se presentó una condición climática Neutra con valores de ICEN = 0.34 °C y ICENOI= 0.36 °C. Por el contrario el ICEN estimado con los datos de ERSSTv5 (ICEN-ERSSTv5) indica condiciones Cálidas Débiles (0.59). Los valores temporales del ICEN (ICENtmp) e ICEN-ERSSTv5tmp, para los meses de marzo y abril, coinciden en condiciones Neutras y el ICENOI (ICENOItmp) indican condiciones Neutras y Cálidas Débiles. En lo que respecta al Pacífico Central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI) de la NOAA indica que en febrero de 2019 se mantuvo la condición Cálida Débil (0.84 °C); según los estimados temporales, para el mes de marzo la condición también sería Cálida Débil.

Respecto a la segunda onda Kelvin cálida indicada en el informe anterior, esta continúa presente en el extremo oriental afectando la profundidad de la termoclina y el nivel del mar. Asimismo, en la profundidad de la termoclina se observa la presencia de una onda Kelvin fría cerca a los 160°W.

Según el promedio de los siete modelos numéricos climáticos de NMME, inicializados con condiciones del mes de abril 2019, para el Pacífico oriental se esperan condiciones Cálidas Débiles entre los meses de mayo a setiembre. En la región del Pacífico central ecuatorial, el promedio de los modelos de NMME indican condiciones Cálidas Débiles de mayo a octubre de 2019. En relación a los pronósticos de los modelos numéricos, hay que tener en cuenta que la barrera de predictibilidad le daría menos confianza a los resultados de estos modelos para otoño e invierno.

ÍNDICE COSTERO EL NIÑO

Utilizando los datos de Temperatura Superficial del Mar (TSM) promediados sobre la región Niño1+2; actualizados hasta el mes de marzo de 2019 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 febrero de 2019 y cuyos valores se muestran en la Tabla 1. El valor de febrero corresponde a una condición Neutra.

Año	Mes	ICEN (°C)	Condiciones
2018	Noviembre	0.54	Cálida Débil
2018	Diciembre	0.81	Cálida Débil
2019	Enero	0.65	Cálida Débil
2019	Febrero	0.34	Neutra

Tabla 1. Valores recientes del ICEN (ERSST v3b).
(Descarga: <http://www.met.igp.gob.pe/datos/icen.txt>)

Según los valores del ICENtmp, se estima que en los meses de marzo y abril de 2019 las condiciones serían del tipo Neutra. El ICEN de marzo será confirmado cuando se disponga del valor de ERSSTv3 para el mes de abril de 2019.

DIAGNÓSTICO DEL PACÍFICO ECUATORIAL

Según los datos observados (IR, MW, OSTIA) las anomalías de la TSM diaria en la región Niño 3.4, en el mes de marzo continuaron dentro de las condiciones cálidas débiles, manteniéndose en el orden de 0.8 a 1.1 °C. Para la región Niño 1+2, la anomalía de la

TSM indicó valores entre 0.6 a -0.2 °C, alcanzando anomalías positivas en los primeros días de abril.

El promedio mensual de las anomalías de esfuerzo de viento zonal en el Pacífico central (160°E-160°W; 5°S-5°N), para el mes de marzo, mostró anomalías del este, próximo a su climatología según los datos de NCEP-NCAR. En la segunda semana de marzo se observaron anomalías positivas en el Pacífico oeste (130-150°E) al igual que en la cuarta semana y primera semana de abril (130°E -160°E), siendo de mayor intensidad. Por otro lado, se observaron ligeras anomalías negativas intensas entre 110°-90°W, según WINDSAT(Figura 1a)

La inclinación de la termoclina ecuatorial, y el contenido de calor han mostrado una tendencia a la normalización. Esto se debería a que la señal de la onda Kelvin cálida ha disminuido. Se observa la isoterma de 20°C cerca de su posición climatológica, después de haber mostrado una profundización en los primeros días del mes de marzo (95°W,2°S-2°N). La información

de OLR (relacionada con la actividad convectiva) en la zona (170°E – 140°W, 5°S-5°N) mostró valores inferiores a su normal, lo cual indica que se desarrollaron lluvias convectivas anómalas en la región (170°W – 100°W, 5°S-5°N) la información del OLR está próximo a su normal .

La información de altimetría del producto DUACS y los resultados de los modelos numéricos indican que la señal de la onda Kelvin cálida aún está presente en el extremo oriental afectando la termoclina y el nivel del mar. Asimismo, en la profundidad de la termoclina se observa la presencia de una onda Kelvin fría cerca de los 160°W.

Frente a la costa norte del Perú, según la información del flotador ARGO No.3901231, se aprecia que en los primeros 50 metros la temperatura del mar se encuentra por debajo de su promedio, mientras que entre 120 y 400 m de profundidad la anomalía alcanzó valores máximos entre 1 y 2°C. La anomalía negativa se podría deber al paso de una onda Kelvin fría formada por la anomalía de vientos del este en el extremo Oriental del Pacífico. Por otro lado, las anomalías positivas podrían ser consecuencia del paso de la onda Kelvin cálida que se mencionó en el informe anterior.

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).

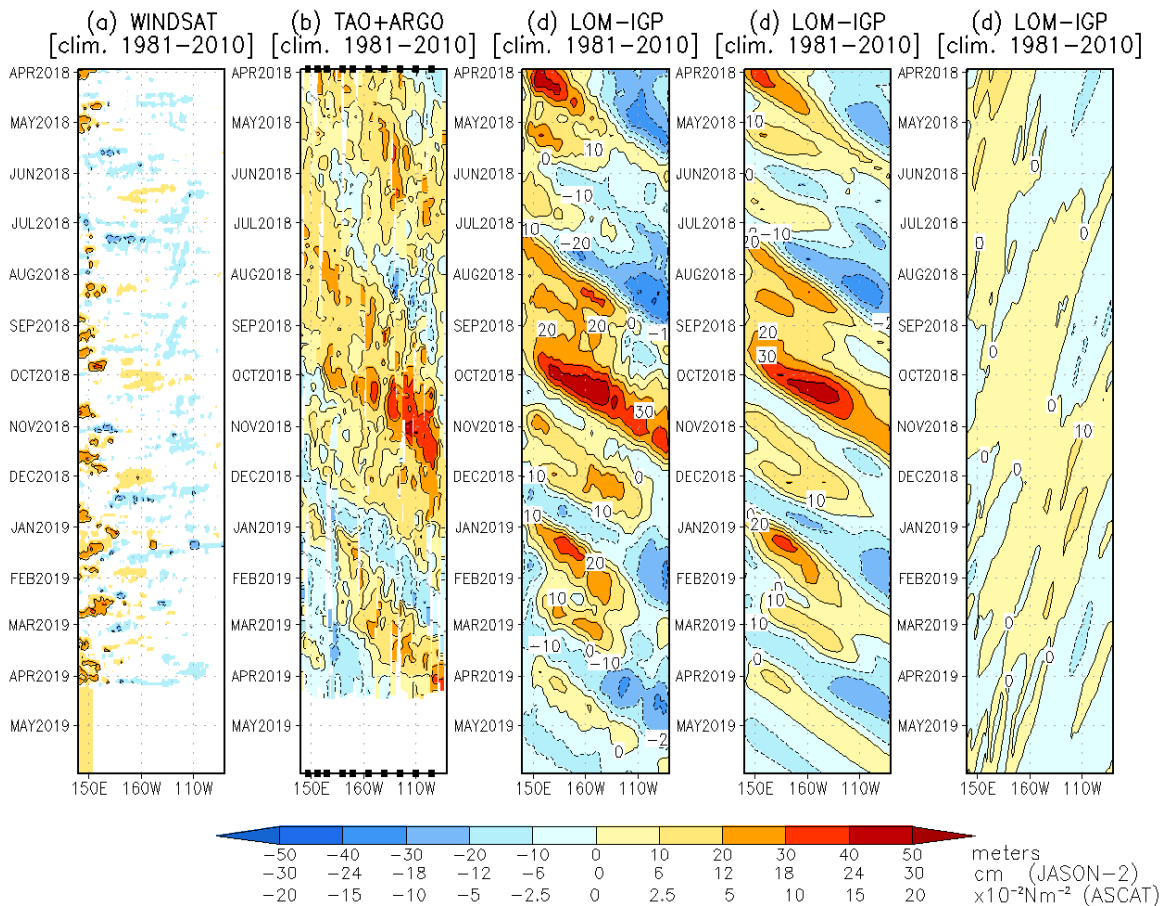


Figura 1. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de WINDSAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO y los derivados de ARGO (b), diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) y finalmente diagrama de la onda Rossby, calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por WINDSAT, 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)

PRONÓSTICO A CORTO PLAZO CON MODELO DE ONDAS Y OBSERVACIONES

La proyecciones teóricas sobre los datos observados sugieren que aún se espera la presencia de la señal de la onda Kelvin cálida en la siguiente semana con una tendencia a disminuir. Es muy probable que no tenga impacto en la TSM, como se ha dado en las últimas semanas. Asimismo, se espera que a partir de mayo arribe a la costa una onda Kelvin fría, esto según los modelos y las proyecciones teóricas (ver Figura1).

PRONÓSTICO ESTACIONAL CON MODELOS CLIMÁTICOS

Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), según los 7 modelos climáticos de NMME (CFSv2, GFDL_CMC2.1, GFDL_FLOR, NASA_GEOS5v2, NCAR_CCM4, CMC1 y CMC2), con condiciones iniciales del mes de abril de 2019, se indica, en promedio condiciones Cálidas Débiles entre los meses de mayo y setiembre y codiciones neutras para octubre. (Fig. 3).

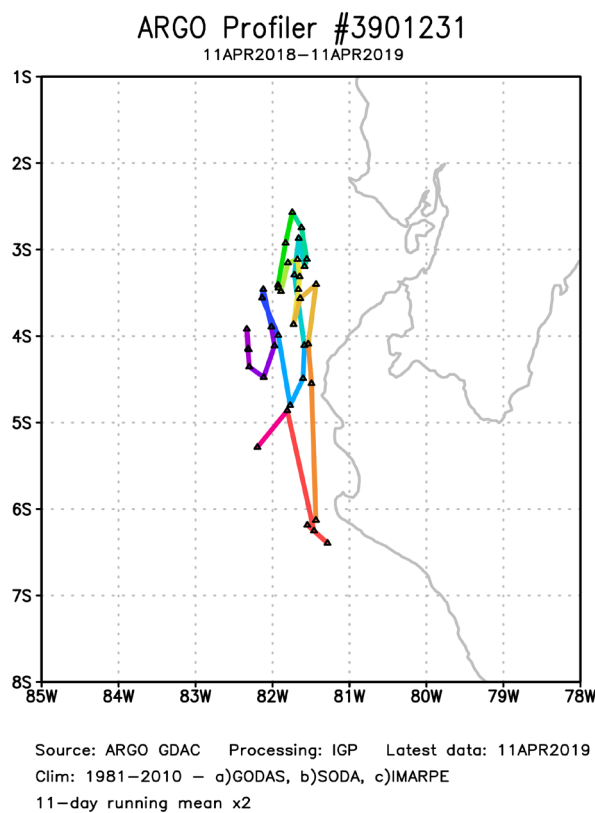
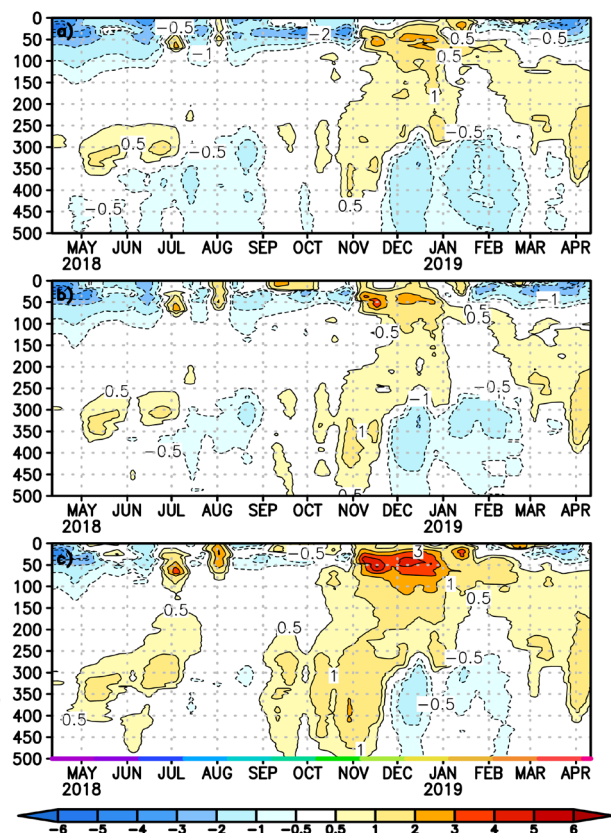


Figura 2. A la derecha se aprecia la anomalía de la temperatura del mar hasta los 500 metros de profundidad calculada de los datos del flotador ARGO No. 3901231. Esta anomalía se calcula en base a la climatología (1981-2010) de: (a) GODAS, (b) SODA e (c) IMARPE. A la izquierda se aprecia la trayectoria del flotador en el último año. Cada color indica un periodo de aproximadamente 30 días.

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), según los modelos de NMME inicializados en abril, el promedio de los 7 modelos indican condiciones Cálidas Débiles de mayo a octubre de 2019.

CONCLUSIONES

1. El ICEN (SSTOI) para febrero de 2019 fue de 0.36 (Neutro), los ICENtmp para marzo y abril son 0.36 y 0.46, respectivamente, siendo condiciones Neutras y Cálidas Débiles. Usando ERSSTv3 mensual para el cálculo (ICEN), los valores correspondientes son 0.34 (Neutro) y los temporales para marzo y abril son Neutro (0.20 y 0.38). El ICEN calculado con la versión 5 de ERSST para febrero es 0.59 (Cálida Débil) y los temporales están dentro del rango de Neutro(coinciden en 0.38).
2. En el Pacífico central, el ONI de febrero (EFM) es 0.84 y corresponde a condiciones Cálida Débil y el estimado para marzo y abril también sería de la misma condición.
3. La información de OLR (relacionada con la actividad convectiva) en la zona (170°E – 140°W, 5°S-5°N) y (170°W – 100°W, 5°S-5°N) mostró valores inferiores a su normal, lo cual indica que se desarrollaron lluvias convectivas anómalas en la zona. En la zona oriental se desarrolló la segunda banda de la ZCIT.



Pronóstico con modelos del ICEN CI 201904

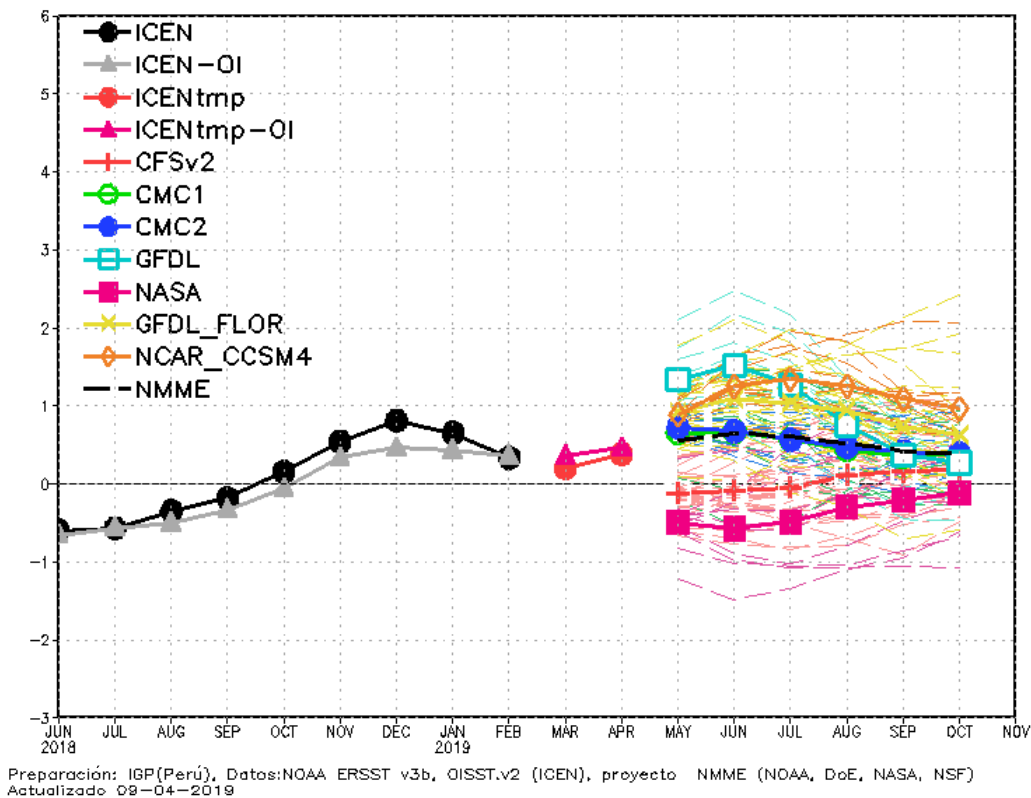


Figura 3. Índice Costero El Niño (ICEN negro con círculos llenos, fuente ERSSTv3; ICEN gris con triángulos, fuente OISSTv2) y sus valores temporales (ICENtmp, rojo con círculo lleno y ICENtmp- OI, rojo con triángulos llenos). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA_GEOS5v2 GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 tienen como condición inicial el mes de abril de 2019. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME).

4. Según la información de TAO, en el mes de marzo, en promedio, se intensificaron los vientos del este en el extremo oriental. Este patrón de vientos se observa desde la costa americana hasta los 130°W y se debe, según la información diaria, a la presencia de un pulso de viento del este. Por otro lado, desde 130°W hacia el oeste, se mantienen los vientos del oeste con su máximo valor alrededor de la línea de cambio de fecha. Al igual que lo descrito líneas arriba, esta anomalía se debería a un pulso de viento del oeste en el extremo occidental. Sin embargo, el patrón anómalo del oeste, en la última semana, tiende a reducirse y se localiza al oeste de la línea de cambio de fecha.

5. Basado en los datos de TAO, la inclinación de la termoclina ecuatorial y el contenido de calor ha mostrado una tendencia a la normalización. Esto se debería a que la señal de la onda Kelvin cálida ha disminuido.

6. Según la información de los flotadores ARGO de la última semana, la temperatura del mar alrededor de 105°W muestra una tendencia negativa en los primeros 120m mientras que la información en alrededor de 95°W indica que se ha extendido verticalmente la anomalía de la temperatura del mar hasta los 100m, aunque se podría deber a la poca información que existe en dicha región y la ubicación hacia el norte de los flotadores.

Para el caso de la región Niño 1+2, se observa una anomalía negativa en los primeros 40 metros. Tomando la información de un flotador ubicado frente a la región de Piura y Tumbes, se puede observar una anomalía negativa en los primeros 60 metros mientras que por debajo se observa un núcleo positivo entre 1° y 2°C entre los 200 y 300 metros. Esto podría deberse al paso de la onda Kelvin cálida.

7. La información observacional y de modelos de ondas indican que la señal de la onda Kelvin cálidas aún está presente en el extremo oriental afectando la termoclina y el nivel del mar. Asimismo, en la profundidad de la termoclina se observa la presencia de una onda Kelvin fría cerca a los 160°W.

8. Si bien los modelos de ondas, por su simplicidad, no indican la presencia de la señal de la onda Kelvin en los siguientes días, las proyecciones teóricas sobre los datos observados sugieren que aún se espera la presencia de la señal de la onda Kevin cálida en la siguiente semana con una tendencia a disminuir. Es muy probable que no tenga impacto en la TSM, como se ha dado en las últimas semanas. Asimismo, se espera que a partir de mayo arribe a la costa americana una onda Kelvin fría, esto según los modelos y las proyecciones teóricas.

9. Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), los modelos de NMME con condiciones iniciales de abril en promedio indican condiciones cálidas enter los meses de mayo y setiembre y condiciones neutras para octubre.

10. Para el Pacífico central (Región Niño 3.4), el promedio de los modelos de NMME indican condiciones Cálidas Débiles de mayo a octubre.

BIBLIOGRAFÍA

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 Meteorologia, 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° 07-2019
Estado del sistema de alerta: No Activo¹

La Comisión Multisectorial ENFEN cambia el estado del sistema de Alerta a No Activo debido a que se observan condiciones neutras en la temperatura superficial del mar frente a la costa peruana y se considera más probable su persistencia en al menos los próximos dos meses.

De continuar las condiciones actuales de El Niño débil en el Pacífico central hasta el invierno, el ENFEN no descarta el desarrollo de episodios cálidos en la costa peruana para más adelante, aunque no se espera que estos generen precipitaciones por su estacionalidad.

La Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) se reunió para analizar la información oceanográfica, atmosférica, biológico-pesquera e hidrológica hasta la primera semana de abril de 2019, así como sus perspectivas.

La anomalía de la temperatura superficial del mar (ATSM) en el Pacífico ecuatorial, en marzo, se incrementó respecto al mes anterior de +0,7 a +1°C en la región central (Niño 3.4) y se mantuvo en +0,3°C para la región oriental (Niño 1+2); sin embargo, para lo que va de abril estas anomalías presentan una ligera tendencia negativa.

Las diferentes fuentes utilizadas para estimar el Índice Costero El Niño (ICEN) indican, en promedio, que El Niño frente a la costa peruana habría presentado un debilitamiento en febrero para alcanzar condiciones neutras en marzo. Por consiguiente, El Niño Costero 2018-19 habría finalizado con una duración de 4 meses, desde noviembre de 2018 hasta febrero de 2019, alcanzado la magnitud de Cálida Débil.

La convección y anomalías de vientos zonales del oeste en el Pacífico ecuatorial central siguen siendo consistentes con las condiciones de El Niño del Pacífico central.

Según la información observacional, se habría formado una onda Kelvin fría en la región oriental como consecuencia de la intensificación anómala de los vientos alisios en dicha región desde mediados de marzo hasta inicios de abril. Si bien la señal de la onda Kelvin cálida, pronosticada anteriormente, aún está

presente en el extremo oriental del Pacífico ecuatorial afectando la profundidad de la termoclina y el nivel del mar, su impacto en el mar peruano habría sido disminuido, e incluso revertido, por los vientos alisios del sureste y el paso de la onda Kelvin fría. Por otro lado, se observa el desplazamiento hacia el continente americano de la onda Kelvin fría formada en el Pacífico occidental a inicios de marzo, la cual se ubica alrededor de 150°W.

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se fortaleció entre la tercera y cuarta semana de marzo, generando una sustantiva intensificación de los vientos alisios del sureste y el afloramiento costero por encima de su normal. Durante la última semana de marzo e inicios de abril, el alejamiento anómalo hacia el sur del APS resultó en vientos costeros más débiles que lo habitual.

Las temperaturas extremas del aire durante marzo mantuvieron una tendencia hacia sus valores normales en comparación a meses anteriores. Por otro lado, durante la primera semana de abril se observó una reducción de las anomalías positivas de la temperatura del aire de normales a negativas, principalmente en la costa norte.

Las anomalías de la temperatura superficial del mar (ATSM) frente a la costa disminuyeron a valores negativos desde la segunda quincena de marzo debido al incremento de los vientos alisios y al arribo de la

¹ El Estado del 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.



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ



IGP
INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ



Senamhi
SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA
E HIDROLOGÍA DEL PERÚ



DIHIDRONAV
DIRECCIÓN DE HIDROGRAFÍA Y NAVEGACIÓN
MARINA DE GUERRA DEL PERÚ



INDECI
INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL



ANA
Autoridad Nacional del Agua



CENEPRED
CENTRO NACIONAL DE ESTUDIOS Y PRONÓSTICOS DE FENÓMENOS DE ESCALA REGIONAL

onda Kelvin fría formada en la región oriental, tal como se describe párrafos arriba. En lo que va de abril, las ATSM se han incrementado a valores en el rango neutro a positivo, mientras que la anomalía del nivel del mar aumentó hasta +15 cm en la costa centro-norte, por el paso de la onda Kelvin cálida.

En la tercera semana de marzo, debajo de la superficie del mar, frente a Paita (05°S) se manifestó un enfriamiento sobre los 50 m profundidad y condiciones neutras a mayor profundidad; mientras que, más al sur, frente a Chicama (07°S), se registraron condiciones frías principalmente en la zona costera. Las concentraciones de sales indicaron la presencia de aguas del oeste hasta las 50 millas de la costa frente a Chicama y aguas de mezcla hasta la línea de costa. A 10 millas de Paita, en la última semana, se detectó el cambio de anomalías térmicas negativas sobre los 50 m, a anomalías positivas hasta al menos los 100 m de profundidad. En cambio frente a Chicama y a Callao las condiciones subsuperficiales fueron ligeramente frías y neutras respectivamente en la última semana.

La concentración de la clorofila-a (indicador de la producción del fitoplancton) presentó anomalías positivas frente a la costa en el mes de marzo; resaltando la zona entre Callao y Pisco, donde se presentaron las mayores concentraciones.

Los indicadores reproductivos de la anchoveta peruana del stock norte-centro mostraron que el recurso se encuentra desovando. Por otro lado, continúa la amplia distribución y disponibilidad de especies oceánicas como el bonito y el barrilete.

Los ríos de la costa norte mostraron un comportamiento fluctuante, mientras que los ríos de la costa centro y sur, un comportamiento en promedio descendente y por debajo de sus valores normales. Las reservas hídricas de los principales embalses de la costa norte y sur se encuentran en promedio al 97 % y 83 % de su capacidad de almacenamiento, respectivamente.

El comportamiento normal de las temperaturas del aire continúa promoviendo el crecimiento vegetativo del arroz y del mango en la costa norte; mientras que, en la costa sur, las condiciones térmicas de normales a cálidas vienen favoreciendo la fructificación y maduración del olivo.

PERSPECTIVAS

Los modelos climáticos internacionales pronostican para el Pacífico oriental (Niño 1+2, ver Figura 1), que incluye la costa norte del Perú, y el Pacífico Central (Niño 3.4), condiciones cálidas débiles de mayo a

setiembre. Esto implicaría que, si bien debido a la estacionalidad las temperaturas descenderán durante el periodo de otoño, estas se mantendrán ligeramente por encima de su promedio. Hay que tener en cuenta que los pronósticos de los modelos internacionales para otoño, y más aún para invierno, presentan mayor incertidumbre.

La Comisión Multisectorial ENFEN, a través del monitoreo y análisis de la información proporcionada por las instituciones que la conforman y la evaluación mediante el juicio experto de su grupo científico, considera que en al menos los siguientes dos meses persistirán, en promedio, las condiciones térmicas neutras frente a la costa peruana, ante la ausencia de arribos de ondas Kelvin cálidas y a que se espera la intensificación de los vientos alisios del sureste de acuerdo a su estacionalidad. No obstante, de continuar las condiciones actuales de El Niño débil en el Pacífico central, podrían formarse nuevas ondas Kelvin cálidas más adelante que afectarían el Pacífico oriental en el invierno, aunque dichos episodios no tendrían impacto en las lluvias en la región debido a la estacionalidad.

Por lo expuesto, la Comisión Multisectorial ENFEN concluye que el Estado de Alerta de El Niño cambia a "No Activo". No obstante, el ENFEN recomienda que las entidades competentes consideren siempre la vulnerabilidad para la preparación ante el riesgo y adopten las medidas que correspondan frente a un evento El Niño o La Niña.

La Comisión Multisectorial ENFEN continuará monitoreando e informando sobre la evolución de las condiciones actuales y actualizando las perspectivas cuando sean requeridas.

La emisión del próximo comunicado ENFEN será el día de 13 mayo de 2019.

Callao, 12 de abril de 2019

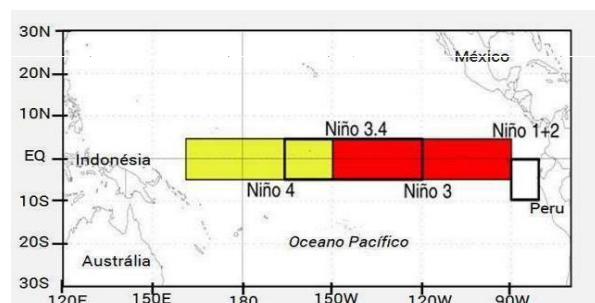


Figura 1. Áreas de monitoreo, Región Niño 3.4 (5°N-5°S/170°W-120°W) y Región Niño 1+2 (0°-10°S/90°W-80°W) Fuente: NOAA.




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:



EL PERÚ PRIMERO