



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Instituto  
Geofísico del Perú - IGP



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

BOLETÍN TÉCNICO

# GENERACIÓN DE INFORMACIÓN Y MONITOREO DEL FENÓMENO EL NIÑO

Procesos hidro-geomorfológicos en Perú  
y su relación con la circulación atmosférica  
y las diferentes fases del ENSO

VOL. 5 N° 3 MARZO 2018

# Contenido

3 - 4

Introducción

5 - 9

Artículo de Divulgación Científica

10 - 12

Avances Científicos

13 - 17

Resumen del Informe Técnico

18 - 19

Comunicado Oficial ENFEN

---

# Créditos

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

**Fabiola Muñoz**

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, Andréé Galdós

Edición: Katherine Morón

Diseño y Diagramación: Luis Miguel Ybañez

Carátula: Desprendimiento de tierra y piedras a causa de lluvias intensas en distrito de Santa Teresa (Cuzco) bloquea tránsito en vía alterna a Machu Picchu ( Marzo 2018). Foto: Andina

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, Junio de 2018

Hecho el Depósito Legal en la

Biblioteca Nacional del Perú N° 2014-02860

# Introducción

El Programa Presupuestal por Resultados (PPR) es una estrategia de gestión pública que vincula la asignación de recursos a productos y resultados medibles a favor de la población. Dichos resultados se vienen implementando progresivamente a través de los programas presupuestales, las acciones de seguimiento del desempeño sobre la base de indicadores, las evaluaciones y los incentivos a la gestión, entre otros instrumentos que determina el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) a través de la Dirección General de Presupuesto Público, en colaboración con las demás entidades del Estado.

El Instituto Geofísico del Perú (IGP) viene participando en el Programa Presupuestal por Resultados 068: "Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres". A partir del año 2014, algunas de las instituciones integrantes de la Comisión Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) participan en este PPR con el producto denominado "Estudios para la estimación del riesgo de desastres", que consiste en la entrega en forma oportuna de información científica sobre el monitoreo y pronóstico de este evento natural 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

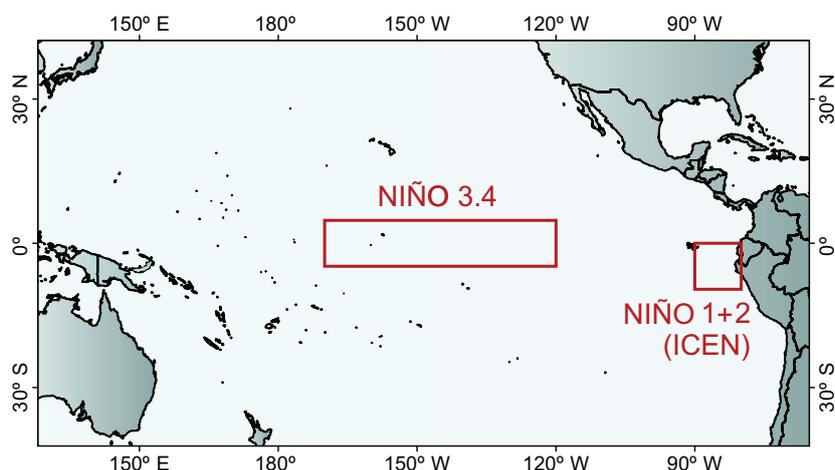
La Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), conformada por representantes de IMARPE, DHN, IGP, SENAMHI, ANA, INDECI y CENEPRED, es el ente que genera la información oficial de monitoreo y pronóstico del Fenómeno El Niño y otros asociados.

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.

# Procesos hidro-geomorfológicos en Perú y su relación con la circulación atmosférica y las diferentes fases del ENSO



**Clara Rodríguez Morata,  
Ph.D. (c)**

ESTUDIANTE DE DOCTORADO Y ASISTENTE DE INVESTIGACIÓN EN LA UNIVERSIDAD DE GINEBRA (SUIZA)

*Máster en Riesgos Geológicos y Licenciada en Geología, con especialización en Geodinámica Externa por la Universidad Complutense de Madrid (España). Actualmente, es estudiante de doctorado en Impactos y Riesgos Asociados al Clima de la Universidad de Ginebra (Suiza). Autora de varios artículos en revistas internacionales, cuyas principales líneas de investigación son la dendrocronología, la hidroclimatología y los procesos geomorfológicos asociados principalmente en zonas de montaña.*



**Dr. Jhan Carlo Espinoza**  
INVESTIGADOR CIENTÍFICO DEL INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP)



**Dr. Juan Antonio Ballesteros Canovas**  
COLABORADOR CIENTÍFICO DE LA UNIVERSIDAD DE GINEBRA (SUIZA)



**Dr. Mario Rohrer**  
INVESTIGADOR SENIOR DE LA UNIVERSIDAD DE GINEBRA (SUIZA)



**Dr. Martin Beniston**  
PROFESOR HONORARIO DE LA UNIVERSIDAD DE GINEBRA (SUIZA)



**Prof. Dr. Markus Stoffel**  
PROFESOR E INVESTIGADOR PRINCIPAL DE LA UNIVERSIDAD DE GINEBRA (SUIZA)

## INTRODUCCIÓN

Los procesos de origen hidro-geomorfológico (POHG), como deslizamientos, huaicos e inundaciones han generado cuantiosas pérdidas socioeconómicas en Perú. Entre los años 1970 y 2006, más de 12.000 POHG han tenido lugar en el país causando la pérdida de 5.146 vidas y afectando a más de 100.000 propiedades (Tabla 6 en: Comunidad Andina, 2008). El origen de estos procesos está asociado con las características fisiográficas y geológicas del Perú y a la ocurrencia de intensas lluvias durante la estación húmeda,

principalmente en los meses de verano. Tradicionalmente, el fenómeno El Niño ha sido considerado como uno de los principales responsable de los POHG en Perú (Lavado-Casimiro et al., 2013; Rau et al., 2017; Takahashi, 2004; Waylen & Caviedes, 1986). Los impactos reportados a lo largo del país durante los últimos eventos de El Niño avalan esta afirmación (Takahashi y Martínez, 2017; Garreaud, 2018).

En los últimos años, una enorme cantidad de información sobre estos procesos e impactos asociados en Perú ha sido generada gracias al esfuerzo de documentación, desde diversos puntos de vista (climático, geodinámico,

social y económico), de instituciones peruanas como INDECI, INGEMMET, SENHAMI e IGP; así como a una mayor cobertura del periódico nacional *El Comercio*. La base de datos DesInventar (DesInventar, 2015) recopila mucha de esta información, ofreciendo una nueva oportunidad para reflejar una realidad actualizada en la ocurrencia de POHG en ausencia de El Niño. De hecho, tanto las evidencias históricas como los eventos recientes sugieren que muchos POHG han ocurrido en ausencia de eventos extraordinarios de El Niño. Dos factores podrían ser determinantes en el origen de estos eventos; por un lado, la complejidad de las diversas facetas de los fenómenos El Niño y La Niña (Takahashi et al., 2011); y por otro, la variabilidad de baja frecuencia de la temperatura superficial del mar (TSM) en el Pacífico (Segura et al., 2016). Ambos factores modulan la variabilidad e intensidad de las lluvias en el Perú (Lavado-Casimiro y Espinoza, 2014; Segura et al., 2016; Sulca et al., 2018). No obstante, en la actualidad existe poca información sobre las situaciones sinópticas de la circulación atmosférica que origina POHG, en particular durante eventos La Niña y bajo condiciones neutras de la TSM en el Océano Pacífico tropical.

En este artículo presentamos un breve resumen de Rodríguez-Morata et al. (2018), en el que se analizan y definen patrones atmosféricos de gran escala mediante la técnica denominada Mapas auto-organizados o 'Self-Organizing Maps' (SOM; Kohonen, 2001). Luego, estos patrones son asociados a POHG específicos, permitiendo determinar las condiciones climáticas asociadas a su ocurrencia y que describen a los diferentes tipos de El Niño y La Niña (incluyendo los de tipo costero y central) y las condiciones neutras en el Pacífico. Las diversas facetas de los eventos El Niño/La Niña son definidas mediante los índices E y C (Takahashi et al., 2011) que sintetizan la variabilidad de la TSM en el Océano Pacífico Este y Central, respectivamente. Estos índices han mostrado ser bastante útiles para discriminar los impactos de los diferentes tipos de El Niño en las lluvias en el Perú (e.g. Lavado-Casimiro y Espinoza, 2014; Rau et al., 2017; Sulca et al., 2018). Finalmente, se evalúa la frecuencia de ocurrencia de los POHG durante el período de 1970-2013 en las diferentes regiones naturales del Perú.

## PATRONES DE GRAN ESCALA ASOCIADOS A DESASTRES DE ORIGEN HIDRO-GEOMORFOLÓGICOS EN PERÚ

Mediante la técnica de SOM se han identificado patrones atmosféricos empleando un algoritmo iterativo de agrupamiento o 'clustering' (Hewitson and Crane, 2002). El resultado se presenta en un grupo de nodos (o neuronas) que representan estados sinópticos de la circulación atmosférica, los cuales están ordenados topológicamente dentro

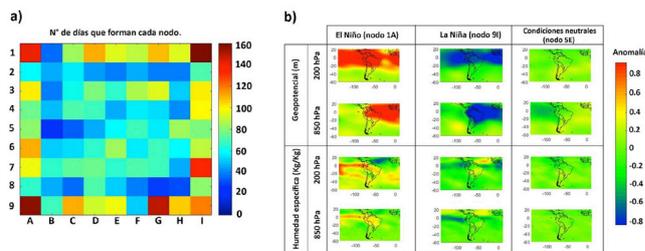


Figura 1. a) Proyección de los días del periodo diciembre a abril de 1979-2017 en el mapa de Kohonen construido a partir de anomalías de altura de geopotencial y humedad específica a 200 y 850 hPa en la región mostrada en b. b) anomalías de altura de geopotencial y humedad específica a 200 y 850 hPa en los nodos A1 (caracterizado por condiciones El Niño, ver Figura 2), I9 (caracterizado por condiciones La Niña) y E5 (caracterizado por condiciones neutras).

del mapa de Kohonen (Fig. 1a). Esto permite que estados atmosféricos similares se encuentren en nodos próximos, mientras que estados opuestos se encuentran en los extremos del mapa de Kohonen. Para más detalles relacionados a SOM y su aplicación en América del Sur, puede verse Rodríguez-Morata et al. (2018); Espinoza et al. (2013) y Paccini et al. (2017).

En el presente estudio, los patrones de circulación son definidos mediante datos diarios de anomalías de geopotencial y humedad específica del aire a 200 y 850 hPa provenientes del reanálisis ERA-Interim (Dee et al., 2011) sobre la región 60°S-20°N y 140°W-10°E, y considerando los meses de diciembre a abril del período 1979-2017. El mapa de Kohonen resultante muestra 81 nodos (9x9) que definen situaciones atmosféricas bien

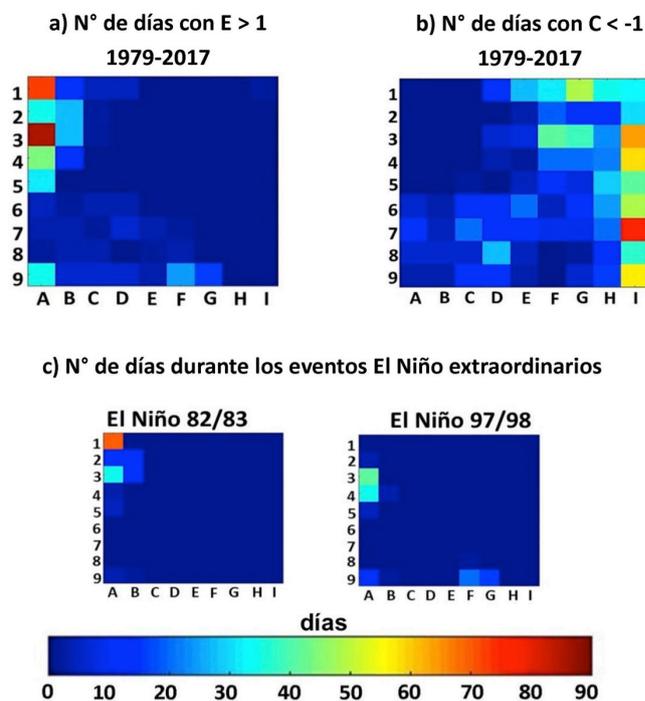


Figura 2. Mapa de Kohonen definido con valores diarios de altura de geopotencial y humedad específica a 850 y 200 hPa en la región 20°N-60°S y 140°W-10°E, considerando los meses de diciembre a abril, en el período 1979-2017. a) Proyección de los días donde se observaron valores del índice E>1. b) proyección de los días donde se observaron del índice C<-1. c) Proyección de los días durante los eventos extremos de 1982-83 y 1997-97 en el mapa de Kohonen.

diferenciadas en los extremos del mapa topológico (Fig. 1b y 2). Por ejemplo, la Figura 2a, muestra la proyección en el mapa de Kohonen de los días registrados durante los eventos El Niño, caracterizados por valores del índice E superiores a 1 (los que incluyen los años 1982-83 y 1997-98, Figura 2c). Estos eventos se ubican en la esquina superior izquierda (nodos A1, A2, A3, A4 y A5) del mapa de Kohonen y la Figura 1b muestra las situaciones atmosféricas registradas en el nodo A1. Por otro lado, la Figura 2b muestra que los eventos ocurridos durante condiciones La Niña centrales, caracterizados por valores del índice C inferiores a -1, se proyectan en el lado inferior derecho del mapa de Kohonen (nodos I3, I4, I7 e I9). Las características de la circulación atmosférica asociados a al nodo I9 se observa en la Figura 1b.

La Figura 3a ilustra anomalías de radiación saliente de onda larga (OLR) promedio de los nodos A1, A2, A3 y A4, mientras que la Figura 3b muestra las respectivas anomalías para el promedio de los nodos I3, I4, I7 e I9. Anomalías negativas de OLR son frecuentemente interpretadas como presencia de convección y ocurrencia de lluvias. Los valores de anomalías negativas de OLR mostrados en la Figura 3a sugieren la ocurrencia de eventos convectivos y presencia de precipitación desde la costa de Perú y Ecuador hasta el Pacífico central (hasta 180°W aproximadamente), mientras que menos nubosidad y menor precipitación se observa en la región Amazónica y el Nordeste de Brasil. En la Figura 3b observamos que los nodos "I" se caracterizan por anomalías positivas de OLR, que se interpretan como ausencia de precipitaciones en el Pacífico ecuatorial oeste (entre 150°W y 150°E), mientras que anomalías negativas predominan en la región Amazónica y en los Andes peruanos.

## DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS POHG

Con la finalidad de sintetizar los POHG ocurridos en Perú, se definieron 5 grandes dominios que incluyen 3 zonas en la vertiente del Pacífico: Pacífico Norte (PN), Pacífico Central (PC) y Pacífico Sur (PS) y 2 zonas

en la región Andino-Amazónica de la vertiente del Amazonas: Andes-Amazónica Norte (AN) y Andes-Amazónica Sur (AS). La definición de estas regiones se detalla en la Figura 4a. Los días en los que se reportaron POHG en cada una de estas zonas durante 1970-2013 son proyectados en el mapa de Kohonen (Figura 4b), lo que nos permite identificar qué tipo de situación atmosférica está asociada a los POHG reportados en cada una de las regiones en Perú.

La Figura 4b muestra que durante eventos con valores de los índices C y E superiores a 0.5, los POHG son principalmente reportados en el norte y centro de la vertiente del Pacífico. En particular, en la región norte el 58% de los POHG se reportaron durante eventos del índice E>0.5. En las zonas de Pacífico Central y Sur (PC y PS) los reportes de POHG durante eventos con E>0.5 son menos frecuentes que en el norte (35% y 22%, respectivamente), pero son más frecuentes durante eventos con C>0.5 y C<-0.5. En efecto, en las zonas PC y PS se reportaron 22% y 24%, respectivamente de POHG durante eventos caracterizados por C<-0.5, lo cual estaría asociado a más precipitación en la parte alta de las cuencas en estas regiones durante eventos La Niña centrales (Lavado-Casimiro y Espinoza, 2014; Sulca et al., 2018). Las dos regiones ubicadas en los Andes-Amazónica son las que reportan más POHG durante eventos con C<-0.5 (alrededor de 30% durante eventos con C ó E <-0.5); sin embargo, estas regiones también registran frecuentes POHG durante eventos con C>0.5 (alrededor de 40%).

A escala de país, los resultados muestran que 36% de los POHG reportados durante los meses de diciembre a abril en el período de 1970-2013 no han sido atribuidos a eventos El Niño, 25% de ellos ocurrieron durante condiciones La Niña (principalmente en la región Andino Amazónica) y 11% durante condiciones neutrales en el Pacífico (principalmente en la costa sur).

Estos resultados son coherentes con previos estudios en la región Andino-Amazónica, donde se documenta que las precipitaciones no solo dependen de la variabilidad de la TSM en el Océano Pacífico, sino también en

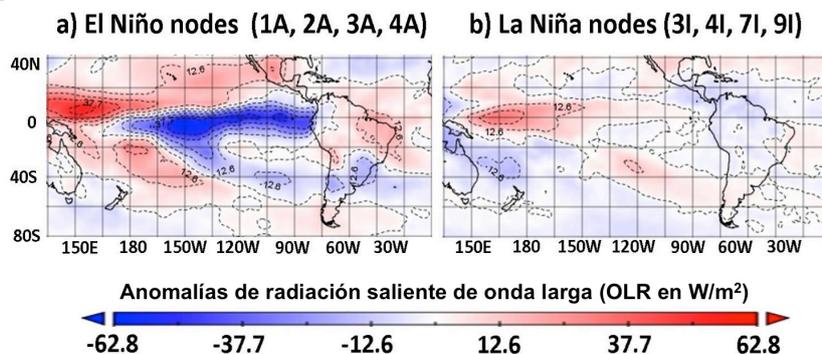
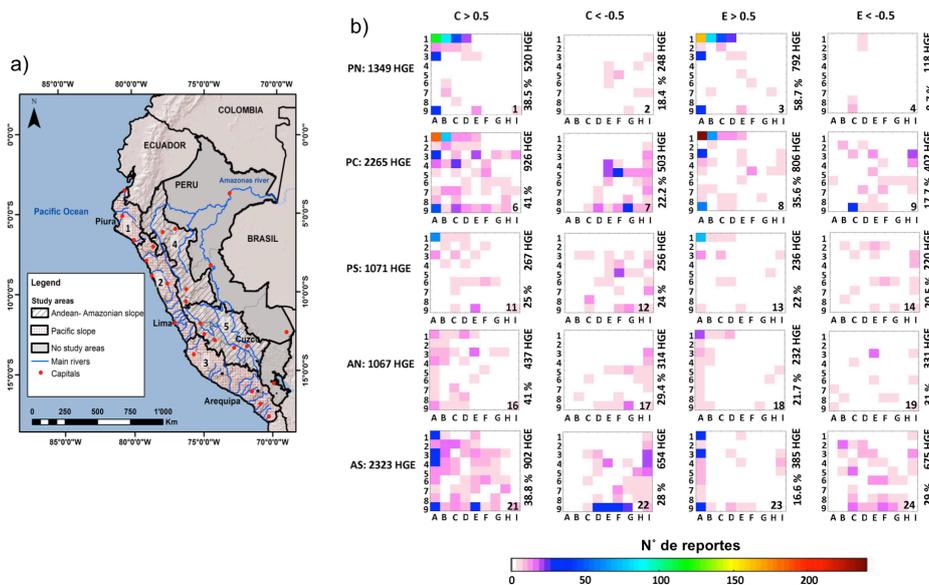


Figura 3. Promedio de anomalías de radiación saliente de onda larga (OLR) en los nodos del mapa de Kohonen caracterizados por: a) valores del índice E>1 y b) valores del índice C<-1. El periodo de análisis comprende los meses de diciembre a abril entre 1979-2017.



**Figura 4.** a) Mapa del Perú identificándose las 5 zonas de estudio: 1-Pacífico norte (PN, Tumbes, Piura y Lambayeque), 2-Pacífico centro (PC, La Libertad, Ancash y Lima), 3- Pacífico sur (PS, Ica, Arequipa, Moquegua, Tacna, Huancavelica y Ayacucho), Andes-Amazonía norte (AN, Amazonas, Cajamarca, San Martín, Huánuco y Pasco) y Andes-Amazonía Sur (AS, Apurímac, Cusco, Huancavelica y Junín). b) Mapa de frecuencias de desastres de origen hidro-geomorfológicos (DOHG) relacionados a valores específicos de los índices de El Niño E y C para cada región de estudio en Perú proyectados en el mapa de Kohonen. Se indica el número total de DOHG reportados por DesInventar durante diciembre y abril en el periodo 1979-2013.

el Océano Atlántico tropical (Espinoza et al., 2009; Lavado-Casimiro et al., 2012). En relación a ello, sequías extremas e inundaciones en esta región también están asociadas a cambios en la TSM en el Atlántico Tropical (Espinoza et al., 2011; Marengo y Espinoza, 2016). En coherencia con ello, Rodríguez-Morata et al. (2018) reportan POHG durante anomalías de la TSM en el Atlántico Tropical.

## COMENTARIOS FINALES Y CONCLUSIÓN

En este artículo se presenta un breve resumen de los resultados reportados en Rodríguez-Morata et al. (2018), en el que se brindan nuevos alcances sobre la relación entre condiciones climáticas de gran escala de verano y la ocurrencia de procesos de origen hidrogeomorfológicos (POHG) que han tenido impactos negativos en Perú reportados en la base de datos DesInventar. Para ese propósito se utiliza una innovadora técnica basada en mapas autoorganizados (SOM) que permite identificar patrones atmosféricos de gran escala y relacionarlos con los POHG ocurridos en Perú. Los resultados permiten asociar la ocurrencia de POHG con los diferentes tipos de El Niño y con La Niña, revelándose que a nivel nacional más del 60% (25%) de los POHG ocurrieron durante condiciones El Niño (La Niña). En total, 21% de los POHG ocurrieron durante los eventos El Niño de 1972-73, 1982-83 y 1997-98 (principalmente concentrados en la costa norte del Perú, en las regiones de Tumbes, Piura y Lambayeque), mientras que 25% de los POHG han sido reportados durante condiciones La Niña, principalmente en la región Andino-Amazónica. Estos resultados revelan

que los POHG reportados durante eventos La Niña y condiciones neutrales del océano Pacífico (40 %) impactan también de manera severa en el territorio peruano, con pérdidas económicas estimadas en US\$ 40 millones y más de 2000 pérdidas humanas registradas entre 1970 y 2013 (DesInventar, 2015).

Concluimos que este estudio da una nueva perspectiva a nivel regional sobre la ocurrencia de POHG en Perú, indicando su independencia de la fase del ENSO activa en cada momento (El Niño, La Niña o condiciones neutrales). Sin embargo creemos que futuras investigaciones deberían enfocarse, a un nivel más local, en estimar umbrales de precipitación capaces de generar POHG teniendo en cuenta las características sociales, climáticas, orográficas, geológicas y de usos del suelo concretas de cada lugar.

## REFERENCIAS

Comunidad Andina. 2008. Pérdidas por desastres en Perú entre 1970–2006. <http://www.comunidadandina.org/predecan/doc/r2/osso/Cons025-2006-CorporacionOSSO-Articulo-Peru.pdf>

Dee, D. P., Uppala, S. M., Simmons, A. J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., ... Vitart, F. (2011). The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 137, 553–597.

DesInventar. 2015. DesInventar – Inventory system of the effects of disasters, Corporación OSSA, Cali, Colombia. <http://desinventar.org>. Accessed 12 December 2015

- Espinoza JC., J. Ronchail, J.L. Guyot, Cocheneau G., N Filizola, W. Lavado, E. de Oliveira, R. Pombosa and P. Vauchel. 2009. Spatio – Temporal rainfall variability in the Amazon Basin Countries (Brazil, Peru, Bolivia, Colombia and Ecuador). *International Journal of Climatology*, 29, 1574-1594
- Espinoza, JC., Ronchail J., Guyot J.L., Junquas C., Vauchel P., Lavado W.S., Drapeau G., Pombosa R. 2011. Climate variability and extremes drought in the upper Solimões River (Western Amazon Basin): Understanding the exceptional 2010 drought. *Geophys. Res. Lett.*, 38, L13406, doi:10.1029/2011GL047862.
- Espinoza, JC., Ronchail J., Lengaigne M., Quispe, N., Silva Y., Bettolli, ML., Avalos G., Llacza A. 2013. Revisiting wintertime cold air intrusions at the East of the Andes: Propagating features from subtropical Argentina to Peruvian Amazon and relationship with large-scale circulation patterns. *Climate Dynamics* 41, 1983-2002. doi: 10.1007/s00382-012-1639-y.
- Garreaud, R. 2018. A plausible atmospheric trigger for the 2017 coastal El Niño. *International Journal of Climatology*. doi: 10.1002/joc.5426
- Hallegate, S., Vogt-Schilb, A., Bangalore, M., Rozenberg, J. 2017. Unbreakable: Building the resilience of the poor in the face of natural disasters Climate change and development series. Washington, DC: World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1003-9>
- Hewitson, B., & Crane, R. 2002. Self-organizing maps: Applications to synoptic climatology. *Climate Research*, 22, 13–26.
- Huggel, C., Raissig, A., Rohrer, M., Romero, G., Diaz, A., & Salzmann, N. 2015. How useful and reliable are disaster databases in the context of climate and global change? A comparative case study analysis in Peru. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15, 475–485.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2016. Informe técnico: Evolución de la Pobreza Monetaria, 2009–2015. Lima, Peru.
- Kohonen, T. 2001. *Self-organizing maps*. New York, NY: Springer.
- Lavado-Casimiro, W., Ronchail, J., Labat, D., Espinoza, J., & Guyot, J. 2012. Basin-scale analysis of rainfall and runoff in Peru (1969–2004): Pacific, Titicaca and Amazonas drainages. *Hydrological Sciences Journal*, 57(4), 625–642. <https://doi.org/10.1080/02626667.2012.672985>
- Lavado-Casimiro WS, Felipe O, Silvestre E, Bourrel L. 2013. ENSO impact on hydrology in Peru. *Adv. Geosci.* 33: 33-39.
- Lavado-Casimiro, W., & Espinoza, J. (2014). Impactos de El Niño y La Niña en las llluvias del Perú (1965–2007). *Revista Brasileira de Meteorología*, 29, 171–182.
- Marengo, J. A., & Espinoza, J. (2016). Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: Causes, trends and impacts. *International Journal of Climatology*, 36(3), 1033–1050. <https://doi.org/10.1002/joc.4420>
- Paccini, L., Espinoza, J. C., Ronchail, J., & Segura, H. (2018). Intra-seasonal rainfall variability in the Amazon basin related to large-scale circulation patterns: a focus on western Amazon–Andes transition region. *International Journal of Climatology*, 38, 2386–2399. <https://doi.org/10.1002/joc.5341>
- Rau P, Bourrel L, Labat D et al., 2017. Regionalization of rainfall over the Peruvian Pacific slope and coast. *Int. J. Climatol.* doi: 10.1002/joc.4693
- Rodriguez-Morata, C., Ballesteros-Canovas JA., Rohrer M., Espinoza JC., Beniston M., Stoffel M. 2018. Linking atmospheric circulation patterns with hydro geomorphic disasters in Peru. *Int. Journal of Climatology*. doi: 10.1002/joc.5507
- Segura, H., Espinoza, J., Junquas, C., & Takahashi, K. 2016. Evidencing decadal and interdecadal hydroclimatic variability over the central Andes. *Environmental Research Letters*, 11(9), 094016. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/9/094016>
- Sulca, J., Takahashi, K., Espinoza, J., Vuille, M., & 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, 420–435. <https://doi.org/10.1002/joc.5185>
- Takahashi, K. 2004. The atmospheric circulation associated with extreme rainfall events in Piura, Peru, during the 1997–1998 and 2002 El Niño events. *Annales Geophysicae* 22(11): 3917-3926. DOI: 10.5194/angeo-22-3917-2004.
- Takahashi, K., Montecinos, A., Goubanova, K., & Dewitte, B. 2011. ENSO regimes: Reinterpreting the canonical and Modoki El Niño. *Geophysical Research Letters*, 38, L10704. <https://doi.org/10.1029/2011GL047364>
- Takahashi, K., & Martínez, A. G. 2017. The very strong coastal El Niño in 1925 in the far-eastern Pacific. *Climate Dynamics*. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3702-1>
- Waylen PR, Caviedes CN. 1986. El Niño and annual floods on the north Peruvian littoral. *J. Hydrol.* 89: 141-156.

# Balance de salinidad en la región Niño 1 y Niño 2

*Víctor Rojas e Ivonne Montes*  
*Instituto Geofísico del Perú*

La salinidad es una de las propiedades físicas del océano que está referida a la cantidad total de material disuelto en gramos por kilogramos de agua de mar. Su importancia radica en que el contenido de sal modifica algunas propiedades del mar, como por ejemplo, la densidad, la compresibilidad, la temperatura de congelación y la conductividad (Stewart, 2009). Además, los cambios de estas propiedades influyen en la biodiversidad marina (Wang and Fiedler, 2006), el nivel del mar (Steele y Ermold, 2007) y la capacidad del océano para almacenar calor (IPCC, 2007).

A nivel global, la salinidad varía de un lugar a otro; por ejemplo las salinidades altas se localizan en las regiones subtropicales del océano donde la evaporación excede a la precipitación y, por otro lado, las salinidades bajas se localizan en las regiones tropicales y latitudes altas donde la precipitación excede a la evaporación (Yu, 2011), tal como se puede observar en la Figura 1. En gran medida, la distribución de salinidad horizontal del océano en la superficie refleja el intercambio de agua dulce debido al balance entre la precipitación y la evaporación. Sin embargo, la circulación oceánica, que favorece el transporte de propiedades de un lugar a otro, también afecta la distribución regional (IPCC, 2007), a lo cual se le suma los procesos verticales tipo mezcla ("entrainment" o arrastre entre capas interiores del océano) desarrollados en la capa más activa del océano, es decir la capa de mezcla (Curry et al., 2003; Ren y Riser, 2009). Por tanto, la salinidad obedece

a un balance complejo de procesos dinámicos y termodinámicos, los cuales se desarrollan en diferentes escalas espacio-temporales y que puede ser un importante indicador de cambios locales o remotos.

En la última década, la mayor atención ha sido dada al estudio de la salinidad del océano debido a que se han registrado cambios globales de esta variable en la superficie y que está relacionado a una fuerte intensificación del ciclo hidrológico global del agua, entre 1950 y 2000 (Durack et al., 2012). Esta relación permite que el cambio en la salinidad sea empleada como un indicador del calentamiento global, así como de la variabilidad climática (IPCC, 2007). Respecto a la región Niño 1 y Niño 2 (ver Figura 1), aunque se han hecho esfuerzos para tener una figura general (e.g., Yu, 2011), la escasa distribución espacio-temporal de datos no ha permitido tener evidencia clara respecto a los cambios de la salinidad y los procesos que modulan su variabilidad.

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es identificar y entender los mecanismos que gobiernan la dinámica estacional de la salinidad en las regiones Niño 1 y Niño 2 bajo condiciones promedio y la influencia de la variabilidad interanual; esto se hace siguiendo la metodología de Yu (2011) y Ren y Riser (2009). Dicha metodología establece los principales términos responsables de los cambios temporales de la salinidad ( $\frac{\partial S}{\partial t}$ ) que tienen lugar dentro de la

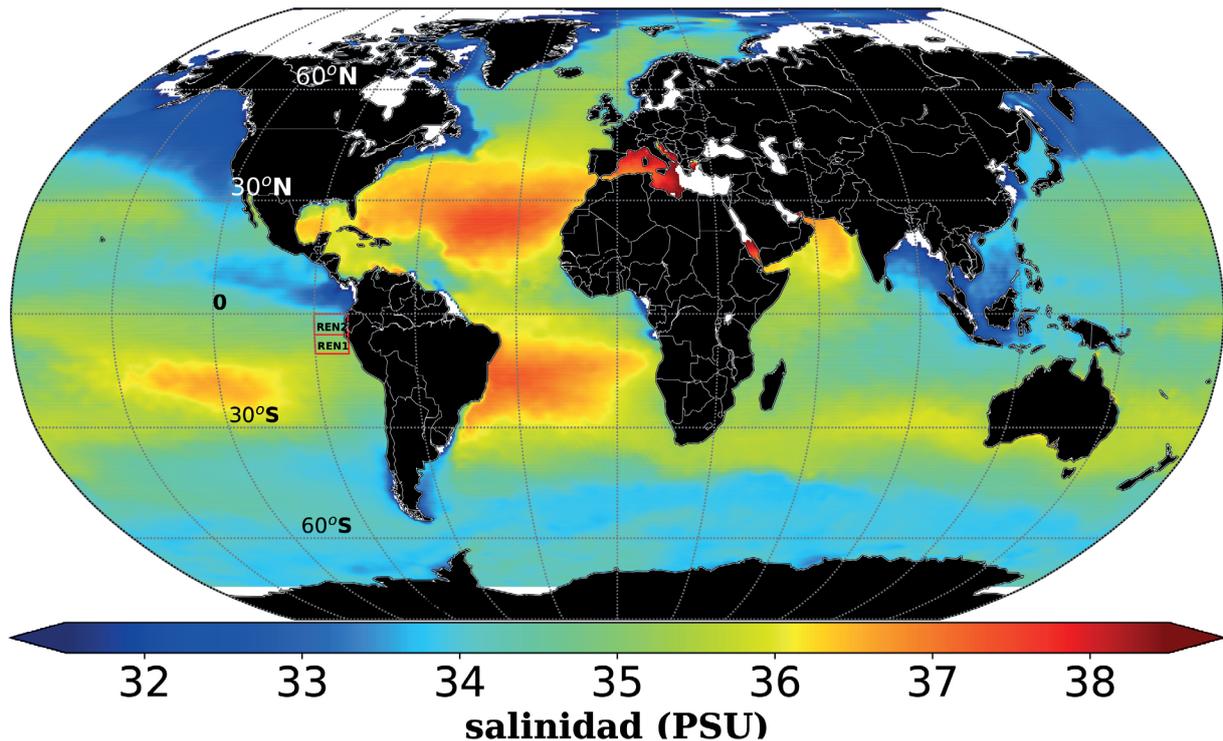


Figura 1. Promedio anual de la distribución horizontal de la salinidad superficial del mar extraído de la base de datos CARS 2009. Los cuadros de color rojo en la costa oriental de América del Sur indican la región Niño 1 (REN1) y Niño 2 (REN2).

capa de mezcla ( $h_m$ ); los cuales están asociados a los flujos superficiales de agua fresca ( $\frac{(E-P) \cdot S}{h_m}$ ) debido a la precipitación (P) y evaporación (E), la advección de salinidad debido al transporte horizontal de Ekman y geostrofia ( $U \cdot \nabla S$ ) y la advección vertical de salinidad ( $\frac{w_e \cdot \Delta S}{h_m}$ ) a causa del arrastre ( $w_e$ ) sobre la base de la capa de mezcla. Para ello, se calcula cada término de la ecuación 1 utilizando los datos climatológicos provenientes de fuentes internacionales (temperatura y salinidad de CSIRO Atlas Of Regional Seas (CARS, 2009); evaporación y precipitación del International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set ICOADS (Smith, 1968) y la velocidad geostrofica de GEKCO (Sudre et al., 2013)).

$$\frac{\partial S}{\partial t} = \frac{(E-P) \cdot S}{h_m} - U \cdot \nabla S - \frac{w_e \cdot \Delta S}{h_m} \quad (1)$$

Los resultados preliminares de la aplicación de la metodología propuesta por Yu (2011) y Ren y Riser (2009) muestran que, bajo las condiciones promedio, si bien ambas zonas tropicales (Niño 1 y Niño 2) se encuentran influenciadas por un fuerte gradiente horizontal de salinidad, por anomalías de temperatura superficial del mar y por un complejo sistemas de corrientes oceánicas, los procesos que determinan

la variabilidad de la salinidad son muy diferentes. En términos del balance de salinidad, en promedio, ambas regiones presentan un balance negativo; sin embargo, exhiben órdenes de magnitudes diferentes, tal como se observa en la Figura 2. La advección es el proceso dominante para la remoción de sal en ambas regiones mientras que, el término de evaporación-precipitación favorece al almacenamiento de sal.

## REFERENCIAS

CARS (cars2009a v1.1, 12 July 2009). [www.marine.csiro.au/atlas](http://www.marine.csiro.au/atlas). Csiro atlas of regional seas

Curry, R., Dickson, B., and Yashayaev, I. (2003). A change in the freshwater balance of the atlantic ocean over the past four decades. *Nature*, 426(6968), 826.

Durack, P. J., Wijffels, S. E., and Matear, R. J. (2012). Ocean salinities reveal strong global water cycle intensification during 1950 to 2000. *science*, 336(6080):455–458.

Foltz, G. R., Grodsky, S. A., Carton, J. A., and McPhaden, M. J. (2004). Seasonal salt budget of the northwestern tropical atlantic ocean along 38°W. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 109(C3).

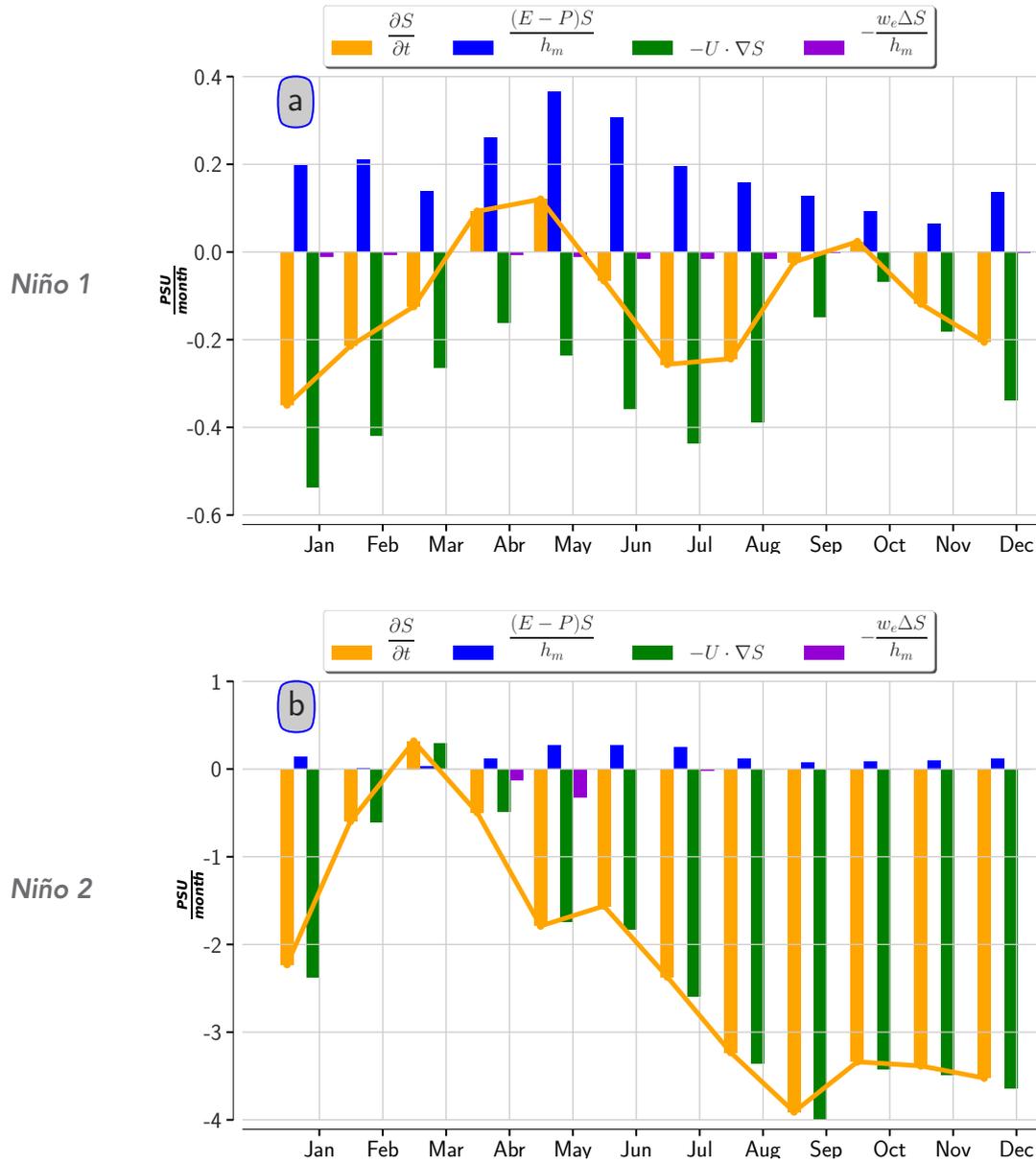


Figura 2. Balance de salinidad mensual promedio para la región Niño 1 (a, REN1) y Niño 2 (b, REN2).

N. L. Bindoff et al., in Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of the Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, S. Solomon et al., Eds. (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2007), pp. 385–432.

Ren, L. and Riser, S. C. (2009). Seasonal salt budget in the northeast Pacific ocean. Journal of Geophysical Research - Oceans, 114(C12).

Stewart, R. (2009). Introduction to physical oceanography. University Press of Florida, 9781616100452.

Steele, M. and Ermold, W. (2007). Steric sea level change in the northern seas. Journal of Climate, 20(3):403–417.

Sudre, J., Maes, C., and Garçon, V. (2013). On the global estimates of geostrophic and Ekman surface currents. Limnology and Oceanography: Fluids and Environments, 3(1), 1–20.

Wang, C. and Fiedler, P. C. (2006). ENSO variability and the Eastern tropical Pacific: A review. Progress in Oceanography, 69(2-4), 239–266.

Yu, L. (2011). A global relationship between the ocean water cycle and near-surface salinity. Journal of Geophysical Research - Oceans, 116(C10).

# Resumen del Informe Técnico PP N° 068 / El Niño- IGP/2018-02

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

## RESUMEN

Para el mes de enero de 2018 el valor del Índice Costero El Niño (ICEN), basado en los datos de ERSST v3b, indicó la condición climática Fría Fuerte (-1.71), mientras que el valor del ICENOI, estimado con datos de OISSTv2, mostró la condición Fría Débil (-1.08). Los valores temporales del ICEN (ICENtmp) y el ICENOI (ICENOItmp) para el mes de febrero son Frías Débiles y Neutras, respectivamente, y para el mes de marzo ambas fuentes coinciden con condiciones Neutras. En lo que respecta al Pacífico Central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI) de la NOAA indica que enero de 2018 tuvo una condición Fría Débil; los índices temporales estimados para febrero y marzo, también indican condiciones Frías Débiles.

Según el promedio de los siete modelos numéricos de NMME, inicializados con condiciones del mes de marzo de 2018, se predice, a pesar de mostrar anomalías ligeramente negativas, condiciones del tipo Neutral en el Pacífico oriental hasta el mes de setiembre de 2018.

En la región del Pacífico central ecuatorial, el promedio de los modelos de NMME muestran condiciones Frías Débiles en el mes de abril de 2018, mientras que a partir de mayo se observa condiciones neutras hasta el mes de setiembre.

Se espera la llegada de una onda Kelvin cálida para finales de marzo e inicios del mes de abril, aunque se ha observado que aparentemente se ha debilitado por la presencia de una onda Kelvin fría, producto de un pulso de viento del este a fines de febrero.

## ÍNDICE COSTERO EL NIÑO

Utilizando los datos de Temperatura Superficial del Mar (TSM) promediados sobre la región Niño1+2; actualizados hasta el mes de febrero de 2018 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 2018 y cuyos valores se muestran en la Tabla 1. El valor de enero corresponde a una condición Fría Fuerte.

Año	Mes	ICEN (°C)	Condiciones
2017	Octubre	-1.17	Fría Débil
2017	Noviembre	-1.54	Fría Fuerte
2017	Diciembre	-1.70	Fría Fuerte
2018	Enero	-1.71	Fría Fuerte

**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 febrero y de marzo de 2018 las condiciones serían Fría Débil y Neutro, respectivamente. El ICEN de febrero será confirmado cuando se disponga del valor de ERSST para el mes de marzo de 2018.

Por otro lado, para el Pacífico Central (Niño 3.4), el ONI (*Ocean Niño Index* en inglés; <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/oni.ascii.txt>), actualizado por la NOAA al mes de enero de 2018, es de  $-0.87^{\circ}\text{C}$ , correspondiente a condición Fría Débil<sup>1</sup>.

## DIAGNÓSTICO DEL PACÍFICO ECUATORIAL

Durante el mes de febrero, las anomalías de la TSM diaria, según los datos (IR, MW, OSTIA), en el Pacífico central presentaron valores dentro el rango de condiciones frías, manteniéndose en el orden de  $-0.5^{\circ}\text{C}$  a  $-1.1^{\circ}\text{C}$  y con una tendencia positiva en los últimos días del mes. Para la región Niño 1+2, la anomalía de la TSM también indica valores negativos, en el orden  $-1^{\circ}\text{C}$  a  $1^{\circ}\text{C}$ , con una tendencia negativa para fines de mes.

El promedio mensual de las anomalías de esfuerzo de viento zonal en el Pacífico central ( $160^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{W}$ ;  $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$ ) continuó con anomalía del este, mostrando menor magnitud que el mes anterior, cerca de sus condiciones normales; las máximas anomalías negativas se observaron en la tercera y cuarta semana

del mes entre ( $170^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{W}$ ;  $2^{\circ}\text{S}-2^{\circ}\text{N}$ ), por otro lado, también se observaron anomalías positivas en la primera semana del mes entre ( $145^{\circ}\text{E}-165^{\circ}\text{E}$ ;  $2^{\circ}\text{S}-2^{\circ}\text{N}$ ). La actividad convectiva en el Pacífico ecuatorial central-oriental, continuó inferior a su climatología y el patrón anómalo de convección ecuatorial siguió indicando un desplazamiento hacia el Pacífico occidental, consistente con condiciones atmosféricas tipo La Niña. La carga/descarga durante el mes de febrero mostró un proceso ligero de carga, y la inclinación de la termoclina ecuatorial estuvo un poco más inclinada de lo normal.

Según los datos del nivel del mar satelital la onda Kelvin fría, formada durante el mes de enero por un pulso de viento del este (al oeste de  $160^{\circ}\text{W}$ ), se muestra debilitada en la profundidad de la termoclina aunque se espera su llegada a partir de marzo. La onda Kelvin cálida, formada por la combinación de pulsos de viento del oeste durante el mes de febrero y la aparente reflexión de ondas Rossby en el extremo occidental, continuó su desplazamiento hacia el continente americano, esto según los datos observados, es decir altimetría y profundidad de la termoclina (Figuras 1).

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

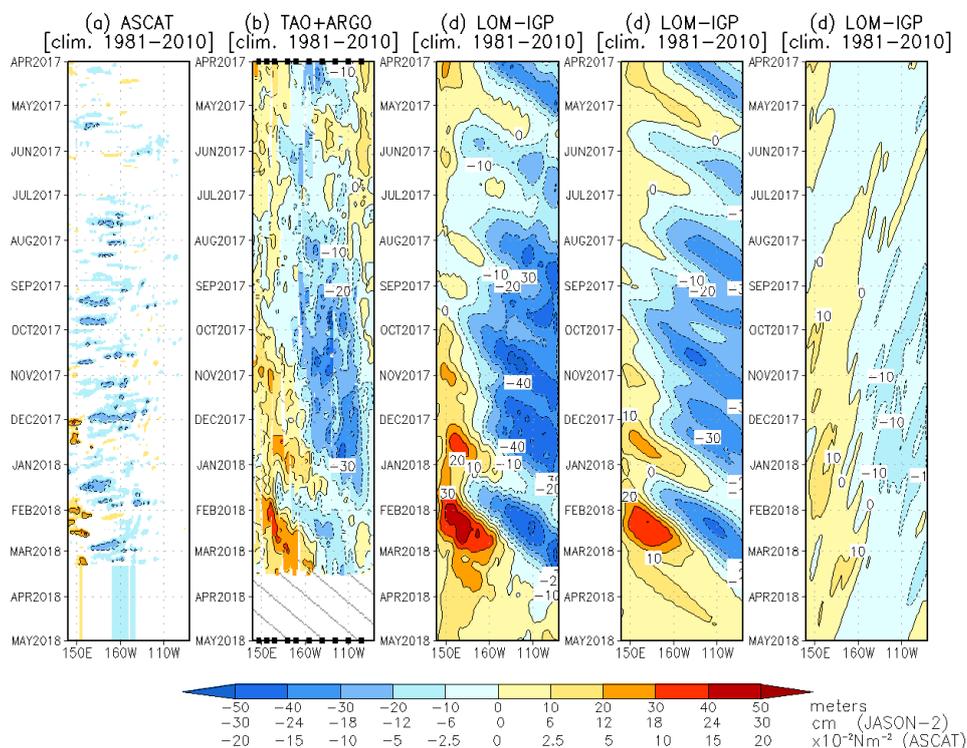


Figura 1. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de  $20^{\circ}\text{C}$  datos de TAO y los derivados de ARGO (b), diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la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

## PRONÓSTICO A CORTO PLAZO CON MODELO DE ONDAS Y OBSERVACIONES

La señal en la profundidad de la termoclina de la onda Kelvin cálida, que se formó en febrero, debe llegar a la costa peruana entre fines de marzo e inicios de abril (Figuras 1). La presencia de un pulso de viento del este a fines del mes de febrero podría haberse proyectado en una onda Kelvin fría que habría provocado una aparente disminución de la intensidad de la onda Kelvin cálida mencionada líneas arriba. Según el pronóstico de vientos del modelo GFS en el Pacífico ecuatorial, se observa vientos del este de baja intensidad en el Pacífico central para los siguientes 10 días.

## 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 de marzo, indican en promedio condiciones neutras de marzo a setiembre de 2018, (Fig. 2). Sin embargo, estos índices son negativos hasta el mes de julio. Hay que resaltar que el nuevo modelo NASA\_GEOS5v2, añadido al grupo de los modelos de NMME, indica mayores anomalías negativas que los otros 6 modelos.

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), según los modelos de NMME inicializados en marzo, los 7 modelos indican para el mes de marzo condiciones frías débiles, para el mes de abril 1 de 7 modelos indican condición fría moderada, 1 de 7 modelos condiciones frías débiles y 5 modelos indican condiciones neutras. El pronóstico promedio de los modelos de NMME indican la finalización del evento La Niña en el mes de abril.

## CONCLUSIONES:

1. El ICEN para enero de 2018 fue de -1.71 (Fría Fuerte) y el ICENTmp para febrero y marzo de 2018 es -1.04 (Fría Débil) y -0.70 (Neutro). Usando OI mensual para el cálculo (ICENOI), los valores correspondientes son

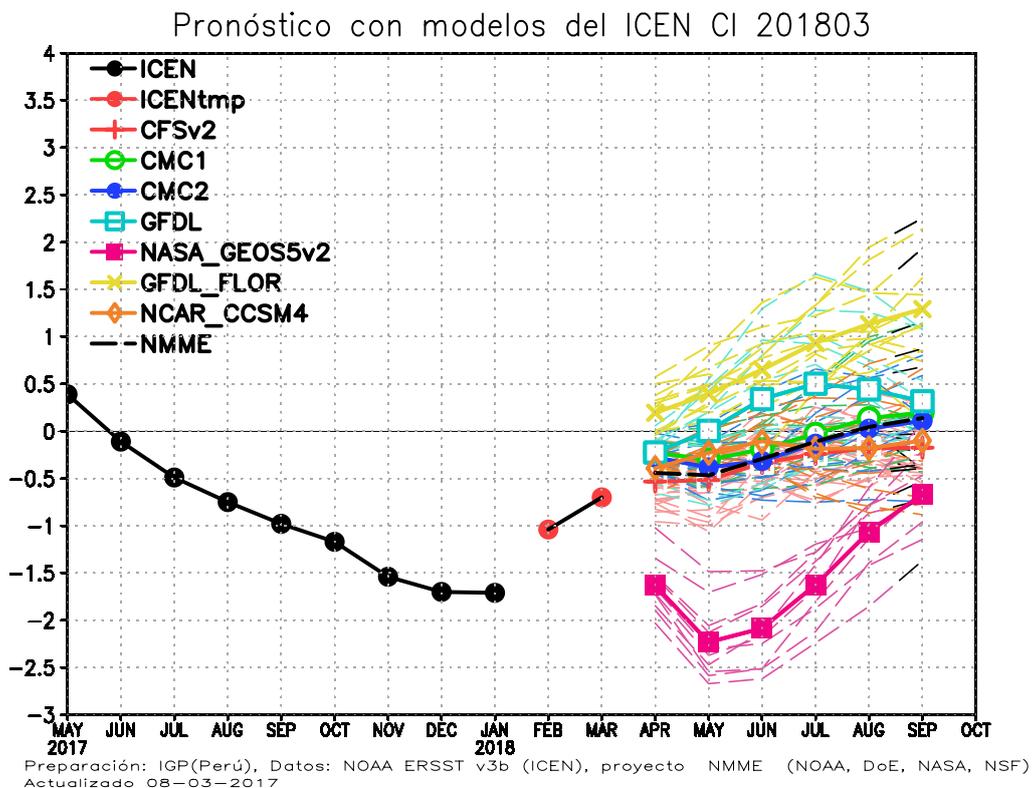


Figura 2. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y su valor temporal (ICENTmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA\_GEOS5v2 GFDL\_FLOR y NCAR\_CCSM4 tienen como condición inicial el mes de marzo de 2018. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME).

-1.08 (Fría Débil), y los temporales para febrero y marzo son neutros -0.54 y -0.47 respectivamente.

2. Hasta el momento La Niña costera habría alcanzado la magnitud fuerte (ERSSTv3) y moderada (OI).

3. En el Pacífico central, el ONI de enero (DEF) es (-0.87) correspondieron a condiciones Frías Débiles y el estimado para febrero también sería de condiciones Fría Débil. La ATSM en la región Niño 3.4, fue, en promedio, -0.8.

4. Durante el mes de febrero, según TAO, el viento zonal ecuatorial mantuvo, en promedio, una anomalía del este a lo largo del Pacífico ecuatorial. Solo se observaron dos zonas con vientos del oeste: a) al oeste 160°W y b) al este de 110°W.

5. Durante el mes de febrero, según los datos de ASCAT, NCEP y TAO; se observaron pulsos de viento del oeste al oeste de 160°E. Por otro lado, se desarrolló un pulso de viento del este a fines de febrero alrededor de la línea de cambio de fecha.

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

7. La inclinación de la termoclina ecuatorial se presentó ligeramente más inclinada de lo normal y con proceso de carga.

8. La señal de la onda Kelvin en el nivel del mar indica que la onda llegó a inicios del mes de febrero a la costa peruana, mientras que la señal de esta onda en la profundidad de la termoclina (producto ARGO+TAO) llegó a partir de la quincena del mismo mes.

9. La onda Kelvin fría producida por los pulsos de viento del este (al oeste de 160°W) durante el mes de enero, se muestra debilitada en la profundidad de la termoclina aunque se espera su llegada a partir de marzo.

10. La onda Kelvin cálida, formada por la combinación de pulsos de viento del oeste durante el mes de febrero y la aparente reflexión de ondas Rossby en el extremo occidental, continuó su desplazamiento hacia el continente americano, esto según los datos observados (altimetría y profundidad de la termoclina), así como de las simulaciones numérica.

11. La presencia de un pulso de viento del este a fines del mes de febrero podría haberse proyectado en una onda Kelvin fría que habría provocado la disminución de la intensidad de la onda kelvin cálida indicada en el párrafo anterior.

12. En lo que respecta a la onda Kelvin fría que se habría formado por vientos del este en el mes de enero, se estima que estaría impactando la costa peruana durante el mes de marzo.

13. La onda Kelvin producida por el pulso de viento del oeste en el extremo occidental, según los modelos de ondas, llegaría a la costa peruana a fines de marzo e inicios de abril, aunque estaría debilitada por el pulso de viento del este a fines del mes de febrero.

14. Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), los modelos de NMME en promedio indican condiciones Neutras de marzo a setiembre de 2018; sin embargo, este promedio continua siendo negativos hasta el mes de julio. Para el mes de marzo uno de los 7 modelos indica condición fría moderada y 6 modelos condiciones neutras. Para los meses de abril y mayo 1 de 7 modelos indican condiciones frías fuertes, y 6 modelos indican condiciones neutras.

15. Para el Pacífico central (Región Niño 3.4), el promedio de los modelos de NMME indican para los meses de marzo y abril condiciones frías débiles, en los siguientes meses se esperarían condiciones neutras.

## REFERENCIAS

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

Cravatte, S., W. S. Kessler, N. Smith, S. E. Wijffels, Ando, K., Cronin, M., Farrar, T., Guilyardi, E., Kumar, A., Lee, T., Roemmich, D., Serra, Y, Sprintall, J., Strutton, P., Sutton, A., Takahashi, K. y Wittenberg, A. 2016. First Report of TPOS 2020. GOOS-215, 200 pp. [<http://tpos2020.org/first-report>]

DiNezio, P. 2016. Desafíos en la predicción de La Niña, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, 3 (9), 4-8.

ENFEN 2012. Definición operacional de los eventos "El Niño" y "La Niña" y sus magnitudes en la costa del Peru. 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° 04 - 2018  
**Estado del sistema de alerta: No Activo<sup>1</sup>**

*La Comisión Multisectorial ENFEN prevé la normalización de la temperatura superficial del mar frente a la costa peruana en los próximos dos meses.*

*Se espera que las condiciones de La Niña en el Pacífico central persistan por lo menos hasta el mes de abril del 2018. El arribo de la onda Kelvin cálida prevista para fines del mes de marzo, se estaría retrasando para fines del mes de abril y podrían favorecer la ocurrencia de algunas lluvias aisladas en la costa norte.*

La Comisión encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) se reunió para analizar la información de las condiciones meteorológicas, oceanográficas, biológico-pesqueras e hidrológicas actualizadas a la primera quincena de marzo 2018.

Se mantienen las condiciones frías en la mayor parte del Pacífico ecuatorial. En la región central (área Niño 3.4), la anomalía de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) se mantuvo alrededor de  $-0,9^{\circ}\text{C}$  (Figura 1b). Por otro lado, la onda Kelvin cálida continúa su propagación hacia el este, ubicándose actualmente cerca al Pacífico central.

En el Pacífico Oriental (región Niño 1+2) que abarca la zona norte del mar peruano la anomalía promedio de la TSM también disminuyó respecto al mes anterior, de  $-0,81^{\circ}\text{C}$  a  $-0,57^{\circ}\text{C}$  (Figura 1a). Por otro lado, en enero el Índice Costero El Niño (ICEN) tomó valores de  $-1,08^{\circ}\text{C}$  (fuente NCEP OI SST v2) y  $-1,71^{\circ}\text{C}$  (fuente ERSST v3) correspondiente a condiciones fría moderada y fría fuerte, respectivamente. El ICEN estimado preliminar con diferentes fuentes correspondiente a febrero, indica condiciones de neutrales a frías débiles.

El Anticiclón del Pacífico Sur para el mes de febrero, mantuvo una configuración zonal con valores de presión próximos a su patrón climático, asociados a vientos débiles costeros del sur (menor a 4 m/s) principalmente en las regiones de la costa central y sur. Por otro lado, la intensificación de una Oscilación de Baja Frecuencia favoreció la presencia de vientos del oeste y convergencia en niveles altos de la atmósfera suprimiendo las lluvias en la región norte de la costa peruana.

Las anomalías de la TSM en el litoral norte (Talara y Paita) cambiaron de valores negativos en enero ( $-1,5^{\circ}\text{C}$ )

a valores positivos en febrero ( $+0,7^{\circ}\text{C}$ ) y en lo que va del mes de marzo se registró valores negativos; mientras que en el litoral centro y sur, durante el mes de febrero, los promedios se mantuvieron negativos con valores de  $-1,4^{\circ}\text{C}$  y  $-0,5^{\circ}\text{C}$  respectivamente. El nivel medio del mar se mantuvo dentro de sus valores normales, aunque en los primeros días del mes de marzo se registró un ligero incremento asociado a en el periodo del arribo de la onda Kelvin cálida.

Por otro lado, se observó la presencia de Aguas Tropicales Superficiales hasta Puerto Pizarro, Aguas Ecuatoriales Superficiales hasta Punta La Negra ( $6^{\circ}\text{S}$ ) y Aguas Subtropicales Superficiales por fuera de las 40 millas de Chicama y Chimbote, de acuerdo a la distribución de las masas de agua durante el verano.

En cuanto a la temperatura sub-superficial, frente a la costa norte (Paita y Puerto Pizarro), se observó dentro de las 80 millas un calentamiento sobre los 20 metros de profundidad. Mientras que dentro de las 100 millas entre los 20 y 60 metros de profundidad continuaron las condiciones frías con anomalías de  $-1^{\circ}\text{C}$  y entre las 100 y 200 millas anomalías de hasta  $-3^{\circ}\text{C}$ . Dentro de las 10 millas, frente a Paita, debido a la influencia de la onda Kelvin cálida, se presentó un incremento térmico sobre los 50 metros de profundidad, generando anomalías positivas

<sup>1</sup>Definición de estado de Sistema de alerta "No activo": Se da en condiciones neutras o cuando la Comisión ENFEN espera que El Niño o La Niña costeros están próximos a finalizar; "Vigilancia de La Niña costera": Según los modelos y observaciones, usando criterio experto en forma colegiada, el Comité ENFEN estima que es más probable que ocurra La Niña costera a que no ocurra (Nota Técnica ENFEN 01-2015). Se denomina "Evento La Niña en la región costera de Perú" o "La Niña Costera" al periodo en el cual el ICEN indique "condiciones frías" durante al menos tres (3) meses consecutivos. (Nota Técnica ENFEN 01-2012).



**IMARPE**  
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ



de hasta +2,0°C. Por otro lado, frente a Chicama y Callao las anomalías negativas fueron alrededor de -1,0°C sobre los 50 metros de profundidad.

Las temperaturas del aire continuaron registrando valores dentro del rango normal. Sin embargo, en la costa norte se observaron temperaturas nocturnas más frías de lo usual, alcanzando anomalías negativas de -1,5°C en la estación de Puerto Pizarro (Tumbes) y -1,4°C en Lambayeque (Ver Cuadro 1).

En el norte, los ríos presentaron caudales por debajo de sus promedios históricos con una tendencia descendente; en las regiones centro, sur y amazónica los ríos presentaron caudales y niveles con tendencias ascendentes, en algunos casos superando el umbral de riesgo. Los reservorios en la costa norte alcanzaron en promedio el 58% de su capacidad máxima, mientras que en el sur, el sistema hidráulico Colca-Chili (Arequipa) alcanzó el 81% y Pasto Grande (Moquegua) el 48%. En promedio, a nivel nacional las reservas se encuentran al 76%.

La concentración de clorofila-a, indicador de la productividad del fitoplancton, mostró una ligera disminución de las anomalías positivas frente a la costa peruana (4°S - 16°S) respecto a lo observado en enero. Por su parte, los indicadores reproductivos de la anchoveta del stock norte – centro, indicaron que el recurso continuaba en su periodo secundario de desove, de acuerdo al patrón. En la región sur, la anchoveta, presentó una distribución costera entre Ático e Ilo, con registros de camaroncito rojo o múnida, especie asociada a aguas frías.

En la costa norte, los cultivos de arroz instalados entre diciembre y enero se encuentran en buen estado, en tanto que en los cultivos instalados tardíamente (febrero) vienen siendo afectados por las bajas temperaturas nocturnas de las últimas semanas, lo que ha extendido las fases vegetativas del cultivo. En relación al mango, la deficiencia de lluvias disminuyó la presencia de problemas fitosanitarios, favoreciendo la calidad de la fruta.

## PERSPECTIVAS

El evento La Niña Costera continúa su fase de declinación. Tomando en consideración el monitoreo y el análisis de la Comisión Multisectorial ENFEN así como los pronósticos de las Agencias Internacionales, se espera que entre marzo y abril se normalicen las condiciones en la temperatura de la superficie del mar en la región Niño 1+2. Asimismo, se espera la continuación de las condiciones frías en el Pacífico Central (Niño 3.4) por lo menos hasta inicios del otoño 2018.

Por otro lado, el arribo de la onda Kelvin cálida prevista para fines del mes de marzo, se estaría retrasando para fines del mes de abril y dependiendo de la magnitud del calentamiento asociado y las condiciones atmosféricas,

podrían favorecer la ocurrencia de algunas lluvias aisladas en la costa norte.

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

Callao, 15 de marzo de 2018

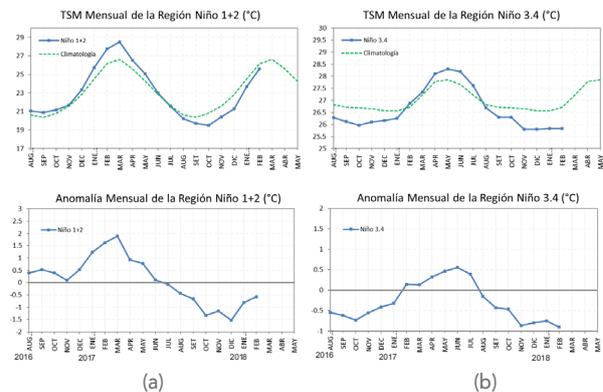


Figura 1. Temperatura y anomalía superficial del mar mensual: a) Región Niño 3.4 (5°N - 5°S) / (170°W - 120°W), agosto 2016 - febrero 2018. b) Región Niño 1+2 (0° - 10°S) / (90°W - 80°W), agosto 2016 - febrero 2018. Fuente: Gráfico DHN, Datos: OISST.V2/NCEP/NOAA.

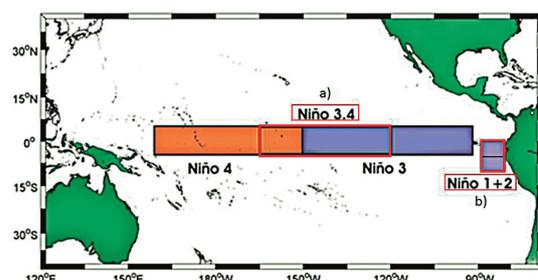
Cuadro 1. Anomalía media mensual de las temperaturas extremas del aire (a) máxima y (b) mínima desde FEBRERO 2017 a FEBRERO 2018 para las regiones costeras norte, centro y sur del litoral peruano. Fuente: SENAMHI.

Región	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE 2018	FEB
Costa Norte	1,2	1,0	0,9	1,2	1,0	0,9	0,6	0,6	0,5	-0,6	0,0	-0,2	0,2
Costa Centro	1,9	2,2	1,5	2,2	1,6	0,3	0,5	0,0	0,3	-0,2	-0,1	-0,4	0,5
Costa Sur	1,2	1,0	0,8	1,6	0,9	0,5	0,6	-0,4	-0,5	-0,6	-0,4	-0,2	0,2

Región	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE 2018	FEB
Costa Norte	1,1	1,4	1,2	1,3	0,4	0,1	0,2	-0,1	-0,1	-1,2	-0,6	-1,3	-1,2
Costa Centro	2,0	2,4	2,0	3,1	1,8	1,1	0,7	0,4	0,4	0,0	0,2	-0,2	-0,2
Costa Sur	0,8	1,0	1,2	1,7	1,4	0,9	0,1	0,0	0,1	0,7	-0,6	-1,1	-0,5

Áreas de monitoreo a) Región Niño 3.4 (5°N-5°S / 170°W-120°W) y b) Región Niño 1+2 (0°-10°S / 90°W-80°W)





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](http://twitter.com/igp_peru)

[https://www.youtube.com/c/igp\\_videos](https://www.youtube.com/c/igp_videos)

En el marco del:



**EL PERÚ PRIMERO**