



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



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: Tigre Brúlent Vif

# GENERACIÓN DE INFORMACIÓN Y MONITOREO DEL FENÓMENO EL NIÑO

**Importancia de la representación del uso de  
suelos en la simulación de la precipitación en  
los Andes centrales del Perú**

VOL. 6 N° 11 NOVIEMBRE 2019

# Contenido

<b>3 - 4</b>	<b>Introducción</b>
<b>5 - 8</b>	<b>Artículo de divulgación científica</b>
<b>9 - 12</b>	<b>Talleres IGP</b>
<b>13 - 17</b>	<b>Resumen del informe técnico PP N° 068 / El Niño- IGP/2019-10</b>
<b>18 - 19</b>	<b>Comunicado oficial del ENFEN</b>

# 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 Hidrosfera

**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: Valle del Mantaro - Perú  
Foto: Tigre Brúlant Vif

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

Lima, mayo de 2020

# 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 documento 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://repositorio.igp.gob.pe/handle/IGP/4594>



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

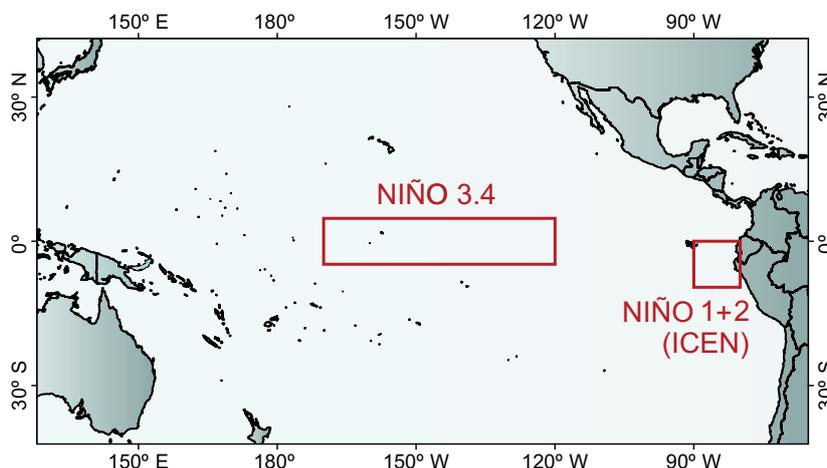
La Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), conformada por representantes de IMARPE, DIHIDRONAV, IGP, SENAMHI, ANA, INDECI y CENEPRED, es el ente que genera la información oficial de monitoreo y pronóstico del fenómeno El Niño y otros asociados.

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.

# Importancia de la representación del uso de suelos en la simulación de la precipitación en los Andes centrales del Perú



**MS.c. Miguel Saavedra Huanca**  
AGREGADO DE INVESTIGACIÓN DEL INSTITUTO  
GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP)

*MS.c en Geofísica por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y físico graduado en la misma universidad. Actualmente tiene un puesto permanente como agregado de investigación en el Instituto Geofísico del Perú (IGP). Viene desarrollando investigaciones sobre el comportamiento de la precipitación y temperaturas en los Andes del Perú mediante el uso de herramientas estadísticas y modelos numéricos. También, ha publicado artículos científicos como primer autor y en colaboración con científicos del Perú y extranjero.*



**Dra. Yamina Silva**  
INVESTIGADORA CIENTÍFICA  
PRINCIPAL DEL INSTITUTO  
GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP)

## INTRODUCCIÓN

Una de las herramientas importantes para el estudio del tiempo y clima son los modelos numéricos. Aunque una red de estaciones meteorológicas es determinante en la validación de estos, su ventaja radica en abarcar mayor cobertura espacial, inclusive temporal. Aun así, los modelos son sensibles a otros parámetros tales como la representación de la orografía y el uso de suelos (UdS) de una región específica. Por ejemplo, la orografía puede inducir la generación de precipitación tras facilitar la formación de nubes por enfriamiento de la humedad que asciende por las pendientes. Por otro lado, el UdS también juega un papel importante, ya que además de regular la temperatura del aire según el tipo de cobertura (p.e., asfalto → mayor temperatura; grass → menor temperatura), también puede controlar el flujo de humedad y calor entre la biosfera y la atmósfera (Mahmood y Hubbard, 2003; Zhang et al., 2001). Esto puede ser determinante en la generación de precipitación, ya que las zonas con abundante cobertura vegetal suelen generar climas capaces de reciclar la humedad (Van Der Ent & Savenije, 2011; Keys, 2016).

Aunque sobre el territorio del Perú, principalmente sobre los Andes, ya se han desarrollado trabajos de investigación resaltantes respecto al modelado de alta resolución espacial

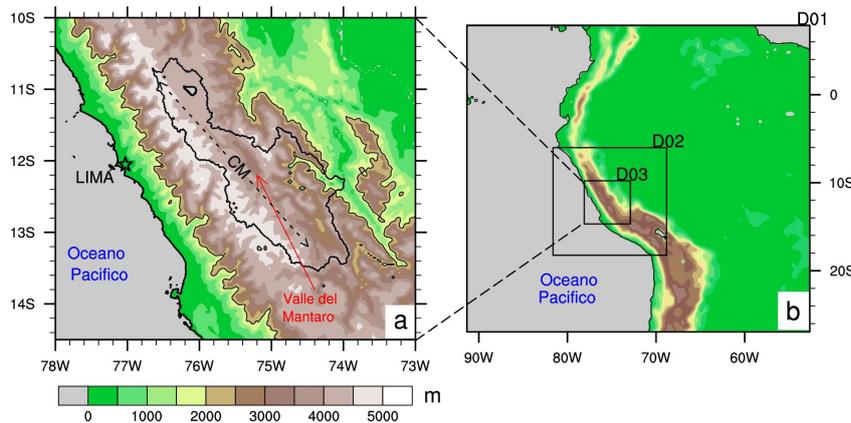
(Junquas, et al., 2018; Moya-Álvarez et al., 2018a, 2018b, 2019), aún no se ha hecho hincapié en cómo un cambio en el UdS puede impactar en variables como la precipitación. Basados en el trabajo desarrollado por Saavedra et al., (2020), que evalúa las diferencias existentes en precipitación simuladas por el modelo Weather Research and Forecasting Model (WRF) utilizando cambios de UdS, en este artículo se hace hincapié en los puntos más resaltantes y, además, se complementa con comentarios adicionales. La zona de estudio estuvo limitada a la región central del Perú (Figura 1) y se consideró el mes de enero de los años que van de 2004 al 2008.

## METODOLOGÍA

Se usó la versión 3.7.1 del modelo WRF. Este resuelve las ecuaciones físicas del sistema suelo-atmósfera mediante la discretización de dichas ecuaciones y/o parametrización de los procesos físicos (para más detalles revisar Skamarock, 2008). Debido a que la zona de estudio cubre la región costera, los Andes y parte de la Amazonía, las simulaciones se realizaron usando dominios anidados de 9 y 3 km sobre un dominio regional de 27 km (ver Figura 1) para, finalmente, realizar el análisis en función de las salidas con menor resolución. Para las condiciones iniciales y de frontera de

las simulaciones se consideró el producto Final Operational Global Analysis data (FNL) proveído por el National Center

for Environmental Prediction (NCEP), con una resolución espacial de 1-grado x 1-grado, y temporal de 6 horas.

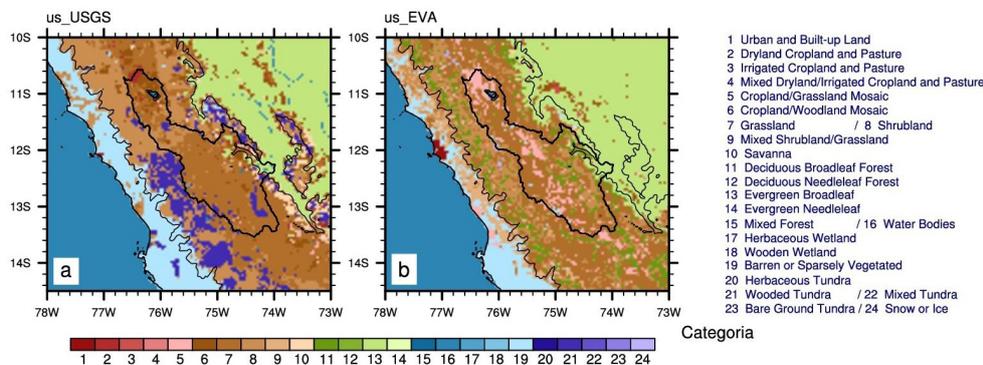


**Figura 1.** (a) Área de estudio. Se indica la cuenca del Mantaro (CM) y valle del Mantaro. La topografía corresponde al producto SRTM. (b) Ubicación de la zona de estudio en Sudamérica y dentro del dominio de 3km de resolución espacial (D03), anidado dentro de un dominio de 9km (D02) y 27 km (D01).

Para evaluar la sensibilidad del modelo WRF a los cambios de UdS se usaron dos bases de datos: la información por defecto del modelo proveniente de United States Geological Survey (us\_USGS) y el producto generado por Eva et al. (2004) (us\_EVA). Como se puede apreciar en la Figura 2, las principales diferencias de us\_EVA con respecto a us\_USGS son: Lima metropolitana se representa con una mayor área, se incrementa el área boscosa por encima y cerca a los 2000 msnm, se reduce (incrementa) el área de pastos (cultivos) en la cuenca del río Mantaro y, finalmente, se incrementan las áreas boscosas en la parte amazónica y alrededor de 12°S.

En base a este conjunto de datos se diseñaron dos experimentos (ver Tabla 1): el primero considerando us\_USGS y al que se denominó CTL, y el segundo utilizando us\_EVA para obtener la simulación llamada EXP. De esta

manera se puede analizar los impactos por cambio de UdS mediante la diferencia entre EXP y CTL de las variables tales como el índice de área foliar (LAI por sus siglas en inglés), albedo y la precipitación. El LAI y el albedo serán las variables que caracterizan el tipo de UdS según us\_USGS y us\_EVA. LAI cuantifica la superficie vegetada mediante el área cubierta por las hojas por unidad de superficie de terreno, mientras que el albedo indica el porcentaje de energía solar que no es absorbida por la cobertura del suelo. Estos dos parámetros juegan un papel importante en la disponibilidad de humedad en la atmósfera, ya que intervienen directamente en la evapotranspiración que luego puede culminar en precipitación. Por ejemplo, valores bajos del albedo sobre una superficie cubierta por vegetación involucra mayor disponibilidad de energía solar a ser invertida en la evaporación del agua.



**Figura 2.** UdS según (a) us\_USGS y (b) us\_EVA. (Derecha) 24 categorías según la clasificación USGS para la versión WRF3.7.1. Se muestra con línea negra, el nivel de los 2000 msnm.

Simulación	Orografía	UdS
CTL	h_SRTM	us_USGS
EXP	h_SRTM	us_USGS

**Tabla 1.** Simulaciones con el modelo WRF3.7.1 en base al uso de suelos según us\_USGS y us\_EVA.

## RESULTADOS

El LAI en la simulación CTL presenta un incremento en dirección oeste-este, que responde a la aparición de vegetación (gras, bosques, etc.; Figura 2) desde la costa hacia la Amazonía (Figura 3a). Por el contrario, el incremento de LAI en esa dirección, conlleva a la reducción del albedo en la misma dirección (Figura 3c). Respecto a las diferencias que conlleva la modificación del nuevo UdS en la simulación

EXP, se observa en general, en las Figuras 3b y 3d, un claro incremento de LAI y reducción del albedo, respectivamente, lo cual se debería al incremento de vegetación por bosque y cultivos. Esto es notorio sobre los 2000 msnm en la vertiente este y oeste de los Andes, sobre la cuenca y, en especial, en el valle del río Mantaro.

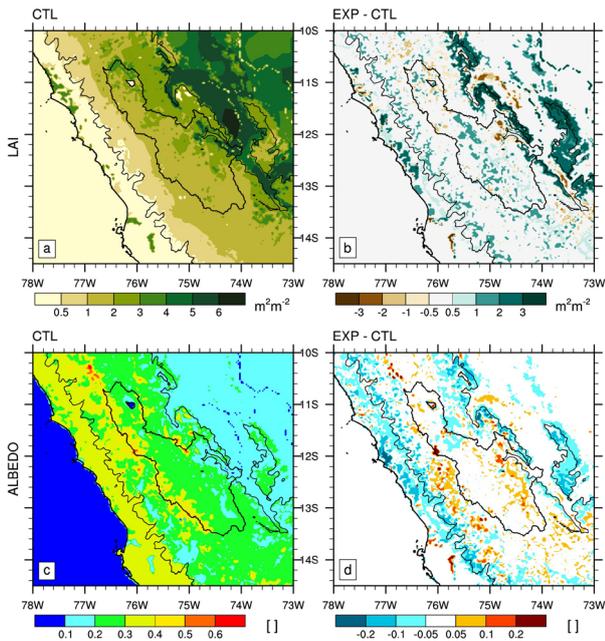


Figura 3. (a) LAI en la simulación CTL. (b) Cambios de LAI producidos por la consideración de us\_EVA en lugar de us\_USGS (EXP-CTL). (b) y (c) análogo a (a) y (b), pero para albedo. Además del área que limita la cuenca del Mantaro, se muestra la línea de 2000 msnm.

La Figura 4a muestra la precipitación en la simulación CTL y se observa en general un incremento de la lluvia desde la costa hacia la Amazonía, es decir desde la zona costera seca hasta la amazónica húmeda con valores bajos de 5 mm/día y extremos mayores a 30 mm/día, en particular alrededor de los 2000 msnm. Los máximos de precipitación sobre la pendiente oeste de los Andes se presentan en las cimas de los valles interandinos con valores de hasta 10 mm/día. Sobre la cuenca del río Mantaro, las áreas más lluviosas se encuentran en los bordes de este con valores de hasta 10 mm/día, mientras sobre los valles, como el valle del río Mantaro, los valores no superan los 3 mm/día. Estos patrones de lluvia son consistentes con valores observados en trabajos previos (Silva et al., 2008; Chavez & Takahashi, 2017; Saavedra & Takahashi, 2017; Moya-Alvarez, 2019, entre otros).

La precipitación en la simulación EXP es en general mayor que la generada en CTL. Esto se muestra en la Figura 4b y 4c, donde se observan los cambios absolutos (en mm/día) y relativos (en %) que introduce la lluvia en EXP con respecto a CTL. Se muestra un incremento de hasta 4 mm/día, o 50% sobre los 2000 msnm en la pendiente oeste de los Andes. Sobre la cuenca del Mantaro, los incrementos en EXP llegan hasta 2 mm/día o 30% de la lluvia en CTL. Por último, en la zona de transición Andes–Amazonía se muestran: un cambio asociado a un dipolo con incremento en la parte sureste y una reducción en la parte noroeste que llega hasta los 15 mm/día, o 50%.

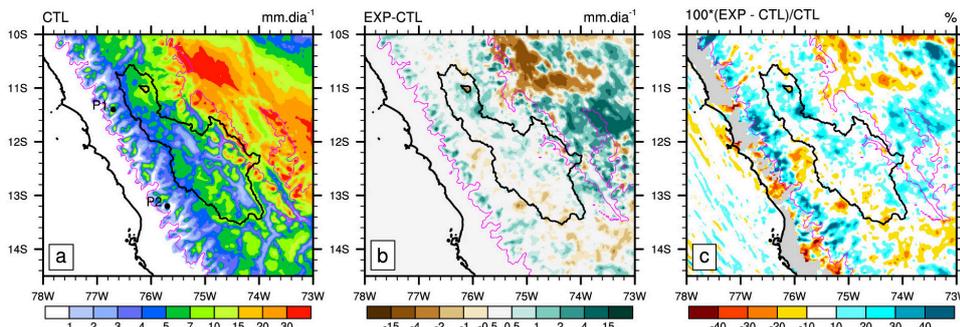


Figura 4. (a) Precipitación dada por CTL. (b) Incremento absoluto de la precipitación generada por EXP con respecto de CTL. (c) Como en (b), pero en valores relativos. P1 y P2 representan en (a) puntos entre los cuales se ha hecho un corte transversal (ver Figura 5).

Para determinar mejor la diferencia entre la precipitación en EXP y CTL, veamos la Figura 5. Esta muestra la precipitación de ambas simulaciones (arriba), así como la orografía (abajo) entre los puntos P1 y P2 mostrados en la Figura 4a. Se observa que la mayor precipitación se da sobre la cima

de las montañas y se ve más claramente cómo sobre estas cumbres (valles) la lluvia en EXP supera sustancialmente (ligeramente) a la de CTL en cantidades mayores (menores) a 2 mm/día (0.5mm/día).

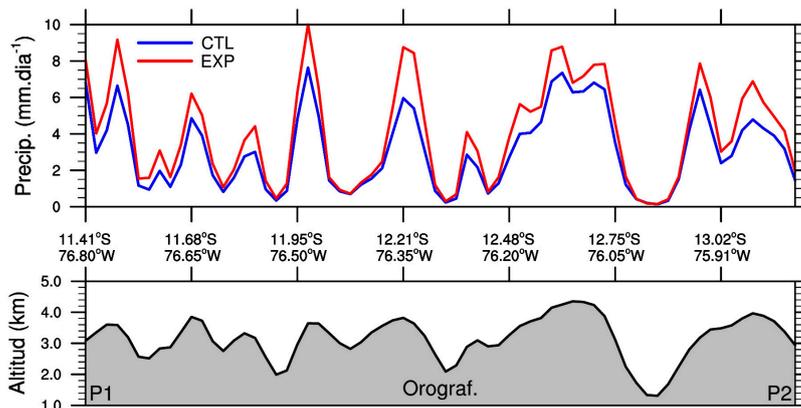


Figura 5. Precipitación en CTL y EXP (arriba), y orografía (abajo) entre los puntos P1 y P2 de la Figura 5a.

## COMENTARIOS FINALES

Mediante la simulación numérica de dos escenarios, uno con mayor cantidad de vegetación que la otra, se ha determinado que sobre zonas donde se incrementan las áreas con bosque o vegetación hay también un incremento de la precipitación. Esta relación puede ser explicada por los nexos entre la evapotranspiración, que sirve de insumo para el crecimiento de las gotas de lluvia, y la vegetación que previamente ha absorbido el agua proveniente de ríos para riego o por reciclaje de la misma precipitación. En especial, el reciclaje parece más notorio en la parte de la vertiente del Pacífico o pendiente oeste de los Andes, donde el incremento de vegetación (LAI) está asociado al incremento de la precipitación en zonas muy contiguas; es decir, durante eventos fuertes de lluvia esto podría generar un reforzamiento de la misma. Este reforzamiento es poco probable de ocurrir durante eventos como El Niño, ya que se conoce que durante este periodo se induce a un déficit de precipitación en la zona central del Perú (vertiente del Pacífico y cuenca del Mantaro. Silva et al., 2008; Lagos et al., 2008; Lavado & Espinoza, 2014). Por el contrario, eventos como La Niña serían favorables para esta retroalimentación, debido a que la lluvia tiende a incrementarse durante estos periodos.

Un trabajo futuro y complementario sería cuantificar qué cantidad del agua precipitada es reciclada durante los periodos de lluvias en la pendiente oeste de los Andes, en especial durante periodos de lluvia intensas o durante eventos como La Niña. Esto es de importancia, ya que se conoce que las crecidas en ríos pueden desencadenar deslizamientos, huaycos e inundaciones en la parte baja de las cuencas del lado del Pacífico.

## REFERENCIAS

Chavez, S.P. Takahashi, K., (2017). Orographic rainfall hot spots in the Andes-Amazon transition according to the TRMM precipitation radar and in situ data. *J. Geophys. Res.* 122, 5870–5882. doi:10.1002/2016JD026282

Eva, H.D., Belward, A.S., De Miranda, E.E., Di Bella, C.M., Gond, V., Huber, O., Jones, S., Sgrenzaroli, M., Fritz, S., (2004). A land cover map of South America. *Glob. Chang. Biol.* 10, 731–744. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2003.00774.x>

Junquas, C., Takahashi, K., Condom, T., Espinoza, J.-C., Chavez, S., Sicart, J.-E., Lebel, T., (2018). Understanding the influence of orography on the precipitation diurnal cycle and the associated atmospheric processes in the central Andes. *Clim. Dyn.* 50, 3995–4017 doi:10.1007/s00382-017-3858-8

Keys, P.W., Wang-Erlandsson, L., Gordon, L.J. (2016). Revealing invisible water: moisture recycling as an ecosystem service. *PloS one*, 11(3).

Lagos, P., Silva, Y., Nickl, E., Mosquera, K. (2008). El Niño-related precipitation variability in Peru. *Adv Geosci* 14: 231–237. HAL Id: hal-00297103.

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.

Mahmood, R., Hubbard, K.G. (2003). Simulating sensitivity of soil moisture and evapotranspiration under heterogeneous soils and land uses. *Journal of hydrology*, 280(1-4), 72-90.

Moya-Álvarez, A.S., Gálvez, J., Holguín, A., Estevan, R., Kumar, S., Villalobos, E., Martínez-Castro, D. Silva, Y. (2018a). Extreme rainfall forecast with the WRF-ARW model in the Central Andes of Peru. *Atmosphere*, 9(9), 362.

Moya-Alvarez, A.S., Martínez-Castro, D., Flores, J.L., Silva, Y. (2018b). 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.

Moya-Álvarez, A.S., Martínez-Castro, D., Kumar, S., Estevan, R., Silva, Y. (2019). Response of the WRF model to different resolutions in the rainfall forecast over the complex Peruvian orography. *Theoretical and Applied Climatology*, 137(3-4), 2993-3007.

Saavedra, M., Takahashi, K., (2017). Physical controls on frost events in the central Andes of Peru using in situ observations and energy flux models. *Agric. For. Meteorol.* doi:10.1016/j.agrformet.2017.02.019

Silva, Y., Takahashi, K., Chávez, R. (2008). Dry and wet rainy seasons in the Mantaro river basin (Central Peruvian Andes). *Adv. Geosci.* 14, 261–264. doi:10.5194/adgeo-14-261-2008.

Skamarock, W.C., Klemp, J. B., Dudhia, J., Gill, D.O., Barker, D.M., Wang, W., Powers, J.G. (2008). A description of the Advanced Research WRF version 3. NCAR Technical note-475+ STR.

Van Der Ent, R.J., Savenije, H.H.G. (2011). Length and time scales of atmospheric moisture recycling. *Atmos. Chem. Phys.* 11, 1853–1863. doi:10.5194/acp-11-1853-2011

Zhang, L., Dawes, W.R., Walker, G.R. (2001). Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale. *Water resources research*, 37(3), 701-708.

# IGP promueve talleres científicos para una adecuada gestión del riesgo de desastres en el norte del Perú

*Instituto Geofísico del Perú (IGP)*

En el año 2017 la región Lambayeque se convirtió, nuevamente, en una de las zonas más impactada por los estragos del fenómeno El Niño. Este hecho motivó a que el Instituto Geofísico del Perú (IGP) implemente estrategias que promuevan y difundan conocimientos sobre el impacto que ocasiona este tipo de peligro natural.

Es así que en el año 2019, motivados por contribuir con las acciones de prevención, se lograron realizar 3 talleres denominados: "Conocimiento sobre el fenómeno El Niño y su puesta en valor para la región

Lambayeque", actividad que reunió a representantes y autoridades regionales, entre otros.

Este evento se realizó en la región Lambayeque y estuvo organizado por la Subdirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrosfera (SCAH), a cargo de la Dra. Yamina Silva y el equipo de trabajo conformado por el Dr. Kobi Mosquera, la facilitadora Gianna Faccin, la Lic. Katherine Morón, la Lic. Alina Montes y la Ing. Gloria Marín.



*Figura 1. Inauguración del taller "Conocimiento sobre el fenómeno El Niño y su puesta en valor para la región Lambayeque".*

Los talleres se realizaron en tres oportunidades: el jueves 27 de setiembre, el viernes 25 de octubre y el viernes 15 de noviembre, en la sala de prensa de la oficina de Defensa Nacional Civil y Seguridad Ciudadana del Gobierno Regional de Lambayeque (COER). En los tres talleres se contó con la participación de más de 15 asistentes, entre autoridades, personal del COER Chiclayo, docentes de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (UNPRG) y representantes de municipalidades de la región Lambayeque.

Durante las sesiones de trabajo se lograron plasmar importantes ideas en equipo, se detectaron problemáticas, se hizo sinergia y se destacó la importancia de contar con acciones preventivas para enfrentar estos peligros naturales y, a su vez, mitigar su impacto en el norte del país.

Por ello, es importante resaltar el paso a paso de la organización y realización de esta nueva metodología que viene aplicando el IGP en favor de la prevención.

Como primera etapa se realizó un plan organizacional y comunicacional, documento que determinó todas las acciones a seguir para el desarrollo de los talleres, que se aplicaron de la siguiente manera:

Para el desarrollo de los talleres, se realizaron coordinaciones previas con el equipo organizador, quienes llegaron a la ciudad de Chiclayo días previos para visitar el local y realizar modificaciones de mesas, sillas y la logística correspondiente (compra de materiales: papelógrafos, cartulinas, plumones, cinta, tijeras, hojas de colores); asimismo, el equipo encargado se reunió con el jefe del COER para establecer el lugar de trabajo y participación de autoridades y representantes.



*Figura 2. Autoridades y representantes realizan trabajos grupales para identificar las ideas fuertes y conceptos sobre el fenómeno El Niño.*

Entre los comentarios de los asistentes se destaca el reconocimiento al IGP como una institución científica que no solo ve temas de sismos, sino también otros como volcanes, fenómeno El Niño, etc.

Luego de esta dinámica, se procedió a proyectar un video sobre la erupción del volcán en la ciudad de

## PRIMER TALLER

El viernes 27 de setiembre, se llevó a cabo el primer taller denominado: **“Conocimiento sobre el fenómeno El Niño y su puesta en valor para la Región de Lambayeque”**. El evento inició a las 8:00 a.m. cuando el equipo organizador del IGP se dirigió a la sala de prensa de Defensa Nacional Civil y Seguridad Ciudadana del Gobierno Regional de Lambayeque (COER). Una vez, en las instalaciones se comenzó a alistar los materiales para los trabajos en grupo, se prepararon los equipos audiovisuales y seguidamente se procedió a esperar a los participantes.

Cerca de las 9:30 a.m. se procedió a inaugurar el taller a cargo de la Dra. Yamina Silva, investigadora científica del IGP, quien explicó el objetivo del taller, el cual fue intercambiar experiencias y conocimientos sobre este fenómeno en la región Lambayeque. Asimismo, el comandante Ramón Becerra, jefe del COER-Chiclayo, brindó palabras de bienvenida.

Posterior a ello, la facilitadora armó grupos de 4 (5 personas por grupo), los cuales trabajaron bajo las indicaciones que se les brindó durante esta dinámica, que fueron conocer las funciones del IGP y sus líneas de investigación, asimismo, se realizaron preguntas sobre el fenómeno El Niño, como definiciones y/o conceptos que los participantes lograban reconocer de este fenómeno y que afecta la región cada año. Luego, realizaron dinámicas que consistían en colocar palabras claves en un dibujo (árbol) diseñado por la facilitadora.

En el transcurso del día, se logró trabajar y concluir la dinámica que implicó la participación de un representante de cada grupo para exponer las ideas principales y conceptos que tenían sobre el fenómeno El Niño.

Armero en Colombia, donde los asistentes reaccionaron a esta película con gran asombro, ya que el video reflejaba la poca acción de las autoridades para la evacuación de la población.

Finalmente, el Dr. Kobi Mosquera expuso el tema “Hablemos de El Niño” donde explicó los tipos

de eventos El Niño que se conocen y enseñó a los participantes a leer e interpretar el comunicado ENFEN, documento que se publica en nuestras redes sociales y se comparte con otras instituciones.



**Figura 3.** Dr. Kobi Mosquera, investigador científico del IGP explica sobre el fenómeno El Niño a las autoridades de la región Lambayeque.

## SEGUNDO TALLER

El segundo taller se llevó a cabo el día viernes 25 de octubre a las 9:00 a.m. Para este evento ya se contaba



**Figura 4.** Trabajos grupales conformado por autoridades, representantes y profesores de la región Lambayeque.

Para reforzar esta pequeña charla entre los asistentes y la facilitadora, el Dr. Kobi Mosquera, investigador del IGP dio mayores detalles con el tema : "El ICEN y el Sistema de Alerta El Niño", donde los asistentes resolvieron algunas inquietudes y reconocieron la importancia del aporte científico para la prevención.

## TERCER TALLER

Para el tercer taller, se dispuso el día viernes 15 de noviembre, el cual inició a las 9:00 a.m. con la llegada de los 15 participantes que nos acompañaron en las dos primeras jornadas.

Es así que, para el desarrollo del evento, se prepararon tres dinámicas enriquecedoras, se procedió a ubicar a

con toda la coordinación previa y logística del primer taller. El evento se inició con dinámicas diferentes que la facilitadora tenía previsto para dicho día, los asistentes formaron grupos de 3 personas y se les entregó un conjunto de noticias impresas que informaba sobre la ocurrencia de un fenómeno El Niño.

Durante la jornada, los trabajos grupales consistieron en seleccionar una noticia que anunciara el impacto del fenómeno El Niño, los asistentes se tenían que identificar con el evento y comentar si estuvieron presentes. A este primer trabajo en equipo se complementaba la pregunta: ¿qué pasó en Lambayeque durante el verano 2016 y 2017? Para ello, los grupos debatieron y plasmaron sus ideas principales en papelógrafos que después pasaron a explicar.

Continuando con el dinamismo del taller, se entregó el comunicado ENFEN a los participantes para que cada uno identifique la alerta que el documento indica. En este proceso, los asistentes manifestaron que el comunicado es de mucha ayuda, pues se emite cada 15 días, y que el fenómeno El Niño es un evento recurrente y depende de las autoridades la prevención.

los participantes en una mesa de prensa y se indicó al personal formar grupos de dos, los cuales representarían una institución (como Imarpe, ANA, Senamhi, IGP, Cenepred, DIHIDRONAV e INDECI). La dinámica se orientó a una reunión técnica – científica, específicamente las que sostiene la comisión multisectorial ENFEN, y que se realizó en el año 2017, cuando se presentó el evento El Niño costero en la región.

Cada integrante tuvo que detallar en cartillas de colores y explicar las funciones de cada institución. De esta manera, cada participante conoció y asumió el rol de la institución que se le asignó, se informaron y entendieron que ante un evento, cada institución tiene una función y responsabilidad diferente.



**Figura 5.** Autoridades de la región Lambayeque identifican el rol de las instituciones que conforman en el ENFEN.

Otra de las dinámicas fue revisar el comunicado ENFEN del 2017, año en que el fenómeno El Niño costero azotó la región. Cada grupo analizó la información y con ayuda de la facilitadora y la Dra. Silva, respondieron

sus dudas, que dieron como resultado un glosario de palabras técnicas que fueron absueltas por los científicos del IGP.

Para finalizar el taller, se procedió a realizar una dinámica que cambiaría totalmente la acción anterior, pues cada participante tendría a su cargo una responsabilidad, ser el representante de: la Iglesia, la UGEL, el cuerpo de bomberos, la policía, el gobierno local, un medio de comunicación, la universidad, el colegio, el jefe de una comunidad, el jefe del hospital y el presidente regional. Cada uno de los participantes asumió el rol que se le asignó y en una hoja con preguntas preparadas por la facilitadora, procedieron a responder con las acciones que cada uno de ellos realizarían asumiendo su rol ante un evento El Niño en su localidad.

Una vez terminado el trabajo escrito, cada uno de los participantes expuso sus ideas y acciones formando una mesa redonda de preguntas y respuestas. La dinámica se realizó de manera didáctica y motivadora, debido a que compartieron experiencias y soluciones que se podrían tomar en cuenta para un evento El Niño.



**Figura 6.** Autoridades y representantes de la región Lambayeque culminan con éxito taller "Conocimiento sobre el fenómeno El Niño y su puesta en valor para la región Lambayeque".

De manera productiva y enriquecedora el taller llegó a su etapa final con la entrega de constancias y material de difusión. Asimismo, con la preparación de estos talleres, las autoridades locales que asistieron a estas dinámicas grupales se encuentran en la capacidad de tomar decisiones en el marco de la gestión del riesgo de desastres asociadas a El Niño.

En el Instituto Geofísico del Perú sigue comprometido con estas iniciativas en favor de la prevención, para seguir haciendo ciencia para protegernos, ciencia para avanzar.

# Resumen del informe técnico PP N° 068 / El Niño- IGP/2019-10

**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 setiembre de 2019, los valores del Índice Costero El Niño (ICEN), basado tanto en los datos de ERSSTv3b (ICENV3) y OISSTv2 (ICENOI) indican la condición Fría Débil con valores de -1.03 y -1.16, respectivamente; sin embargo, el ICEN estimado con datos de ERSSTv5 (ICENV5) indica condiciones Neutras (-0.78). Los valores temporales del ICEN (ICENtmp), de ERSSTv3 y ERSSTv5 para el mes de octubre, coinciden en indicar condiciones Neutras, mientras que el estimado con OISSTv2 muestra condiciones Frías Débiles; el ICENtmp para el mes de noviembre, las tres fuentes coinciden en indicar condiciones Neutras. Con respecto al Pacífico Central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) indica condiciones Neutras para el mes de setiembre (0.14°C) y, según la información de los valores temporales, se esperaría las mismas condiciones para los meses de octubre y noviembre.

En base a los datos de altimetría satelital (producto DUACS), la señal de la onda Kelvin cálida, indicada en el informe anterior, inició su arribó a la costa peruana desde fines de octubre. Por otro lado, la onda Kelvin fría, localizada entre 160°E y 160°W, llegaría a la costa peruana a fines de diciembre.

Según el promedio de los siete modelos numéricos climáticos de NMME, inicializados con condiciones oceánicas y atmosféricas del mes de noviembre de 2019, se tendrían condiciones Neutras para el periodo que va de noviembre de 2019 a mayo de 2020, tanto para el Pacífico central como oriental.

## ÍNDICE COSTERO EL NIÑO

Utilizando los datos de Temperatura Superficial del Mar (TSM), promediados sobre la región Niño1+2 y actualizados hasta el mes de octubre 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 setiembre de 2019 y cuyos valores se muestran en la Tabla 1 (columnas 3 y 4), en donde el valor para el mes de setiembre corresponde a una condición Fría Débil. Los valores del ICEN, usando ERSST v3b, se pueden obtener del siguiente link: <http://www.met.igp.gob.pe/datos/icen.txt>.

Los valores del ICENOI, calculado de la misma forma que el ICEN pero usando los datos mensuales de OISST v2 y las climatologías de ERSST v3b, las cuales se pueden obtener del siguiente link: <http://www.met.igp.gob.pe/datos/climNino12.txt>, se muestran en la columna 5 y 6 de la Tabla 1. Estos también indican condiciones Frías Débiles para el mes de setiembre.

Otra fuente de datos para calcular el ICEN es la de ERSSTv5 (ICENV5), la cual es generada por el Climate Prediction Center (CPC) de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, EEUU, <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/ersst5.nino.mth.81-10.ascii>). Los valores de este ICEN se muestran en la columna 7 y 8 de la Tabla 1. El ICENV5 indica condiciones Neutras para el mes de setiembre.

Hay que señalar que para calcular el ICEN actual; tanto para ICENV3, ICENOI e ICENV5; se utilizan los datos que son denominados, en cada una de estas bases de datos, como "datos en tiempo real", los cuales se caracterizan por cambiar ligeramente su valor en el transcurso de los siguientes meses. Es por esto que pueden existir pequeñas discrepancias en el cálculo del ICEN para los meses anteriores cuando se use la data actualizada.

Valores del Índice Costero El Niño							
Año	Mes	ICENV3	Categoría	ICENOI	Categoría	ICENV5	Categoría
2019	Junio	-0.21	Neutra	-0.33	Neutra	-0.12	Neutra
2019	Julio	-0.62	Neutra	-0.63	Neutra	-0.54	Neutra
2019	Agosto	-0.86	Neutra	-0.97	Neutra	-0.73	Neutra
2019	Setiembre	-1.03	Fría Débil	-1.16	Fría Débil	-0.78	Neutra

**Tabla 1.** Valores recientes del ICEN obtenidos de ERSST v3b (columna 3 y 4), OISST.v2 (columnas 5 y 6) y ERSST v5 (columnas 7 y 8).

## ÍNDICE OCEÁNICO NIÑO (ONI)

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 setiembre de 2019, es de 0.14 °C, correspondiente a una condición Neutra<sup>1</sup>.

## DIAGNÓSTICO DEL PACÍFICO ECUATORIAL

Las anomalías de la TSM diaria durante el mes de octubre, según los datos observados (IR, MW, OSTIA), en la región Niño 3.4 indicaron condiciones alrededor de lo normal, observándose anomalías positivas en todo el mes, siendo las máximas (0.8 y 0.7 °C) en la tercera y cuarta semana. Para la región Niño 1+2, la ATSM continuó mostrando valores principalmente negativos, con un máximo negativo de hasta -1.7 °C en la primera semana del mes, sin embargo, para finales de mes mostró una tendencia de reducir sus anomalías negativas. En promedio, las anomalías de la TSM se mantuvieron dentro de las condiciones neutras.

Según la información de las boyas instaladas a lo largo del Pacífico Ecuatorial del proyecto TAO, en el mes de octubre, se mantienen los vientos anómalos del este (oeste) al este (oeste) de 160°W. Los vientos del oeste han disminuido en intensidad con respecto al mes anterior. La profundidad de la termoclina en promedio se mantiene positiva al este de 180° con un máximo al este de 120°W. En lo que respecta a la ATSM se mantienen

positivas al oeste de 120°W, y el máximo valor observado se localiza en la zona occidental, entre 160°E a 180°.

En la primera semana de octubre, según la información de WindSat, se observaron anomalías positivas de poca intensidad entre 130° y 155°E, y en la segunda semana entre 140° y 160E, también se observaron pequeños pulsos de vientos del este entre 160° y 170°E. En la primera semana de noviembre se observa un pulso intenso del oeste entre 135° y 155°E.

Según los datos de TAO, la profundidad de la termoclina estuvo menos inclinada de lo normal durante todo octubre, esto como consecuencia posiblemente del paso de la onda Kelvin cálida. El contenido de calor osciló dentro de sus valores normales. La boya ubicada en la región oriental (95°W) indica anomalías positivas de la profundidad de la isoterma de 20°C.

La información de OLR (relacionada con la actividad convectiva) en la zona A (170°E – 140°W, 5°S-5°N) y B (170°W – 100°W, 5°S-5°N), continúa indicando valores superiores a su climatología, lo cual está relacionado con escasa precipitación en dichas regiones.

Según los resultados de los modelos numéricos (Figura 1) y el análisis de la información satelital del nivel del mar, la señal de la onda Kelvin cálida, mencionada en el informe anterior, habría iniciado su arribo a la costa americana desde fines del mes de octubre. Se observa la presencia de una onda Kelvin fría entre 160°E y 160°W desplazándose hacia la costa americana. Por otro lado, los datos observados muestran una anomalía positiva de la profundidad de la termoclina al oeste de los 160°E, y según los modelos numéricos simples esta sería la señal de una nueva onda Kelvin cálida, la cual se formó, posiblemente, como consecuencia de la reflexión de una onda Rossby y el pulso de viento del oeste que se dio a inicios de noviembre.

<sup>1</sup> 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).

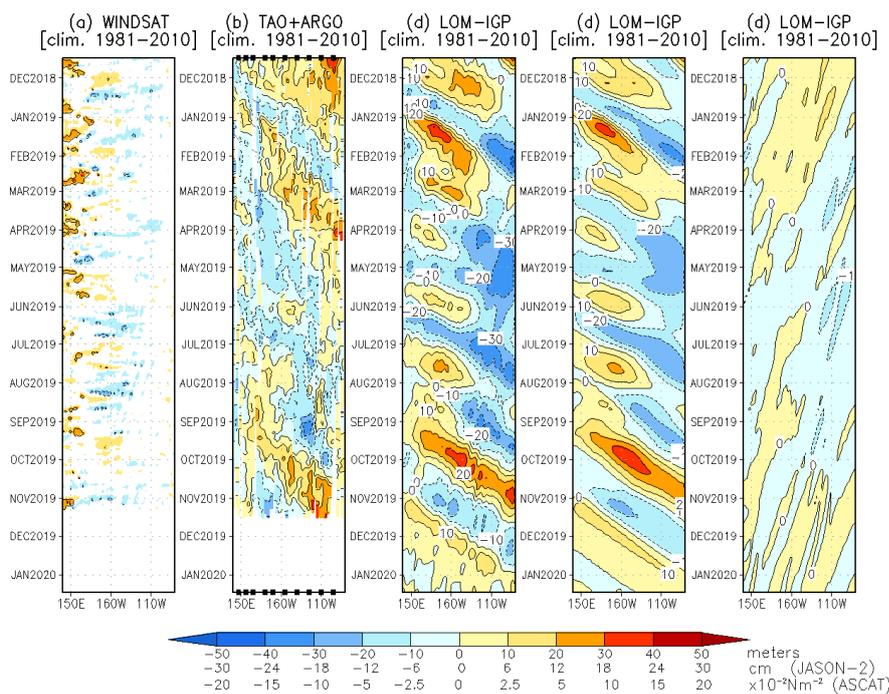


Figura 1. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de WINDSAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO y los derivados de ARGO (b), diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) y finalmente diagrama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

## ONDAS KELVIN A LO LARGO DE LA COSTA PERUANA

A lo largo de la costa peruana, la información de DUACS (basada en altimetría satelital) muestra anomalías positivas del nivel del mar desde finales de octubre, como consecuencia del arribo de la onda Kelvin cálida. Sin embargo, según la información del flotador ARGO (No. 3901231), el cual se localizó durante octubre y la primera semana de noviembre entre 84.5–82.9°W y 3.5–4.3°S (entre las 100 y 200 millas náuticas frente a la costa norte del Perú), no muestra anomalías positivas (usando climatología de SODA e IMARPE) en la parte superior de la columna de agua, sino, solo entre 300 y 500 metros de profundidad. En la parte superior solo se observa anomalías negativas aproximadamente 100 m (Figura2).

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

Se espera que la onda Kelvin cálida continúe influyendo en las variables de nivel del mar durante las siguientes semanas y es posible que también afecte la TSM y del aire. En la actualidad se observa una onda Kelvin fría ubicada entre 160°E y 160°W, y según los modelos numéricos y las proyecciones teóricas, arribaría a la costa peruana a fines de diciembre (ver figura 1). Finalmente, la onda Kelvin cálida que se encuentra al oeste de los

160°E, de mantener su energía, arribaría a la costa sudamericana en enero de 2020.

## PRONÓSTICO ESTACIONAL CON MODELOS CLIMÁTICOS

Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), según siete modelos climáticos integrantes de NMME (CFSv2, CanCM4i, GEM\_NEMO, GFDL, NASA, GFDL\_FLOR y NCAR\_CCSM4), con condiciones iniciales del mes de noviembre de 2019, se esperan en promedio condiciones Neutras entre los meses de noviembre y mayo de 2020, el modelo NASA indica condiciones frías débiles entre los meses de marzo y mayo.

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), según los mismos modelos climáticos descritos en el párrafo anterior, también indican en promedio condiciones Neutras de noviembre a mayo de 2020. Hay que resaltar que el modelo GFDL\_FLOR indica condiciones cálidas débiles de noviembre a febrero de 2020, por otro lado, el modelo de NASA indica condiciones frías débiles de marzo a mayo de 2020.

## CONCLUSIONES

1. El ICEN (SSTOI) para setiembre de 2019 fue de -1.16 (Fría débil), los ICENtmp para octubre y noviembre corresponde a condiciones frías débiles y neutras: -1.01 y -0.58, respectivamente. Usando ERSSTv3 mensual

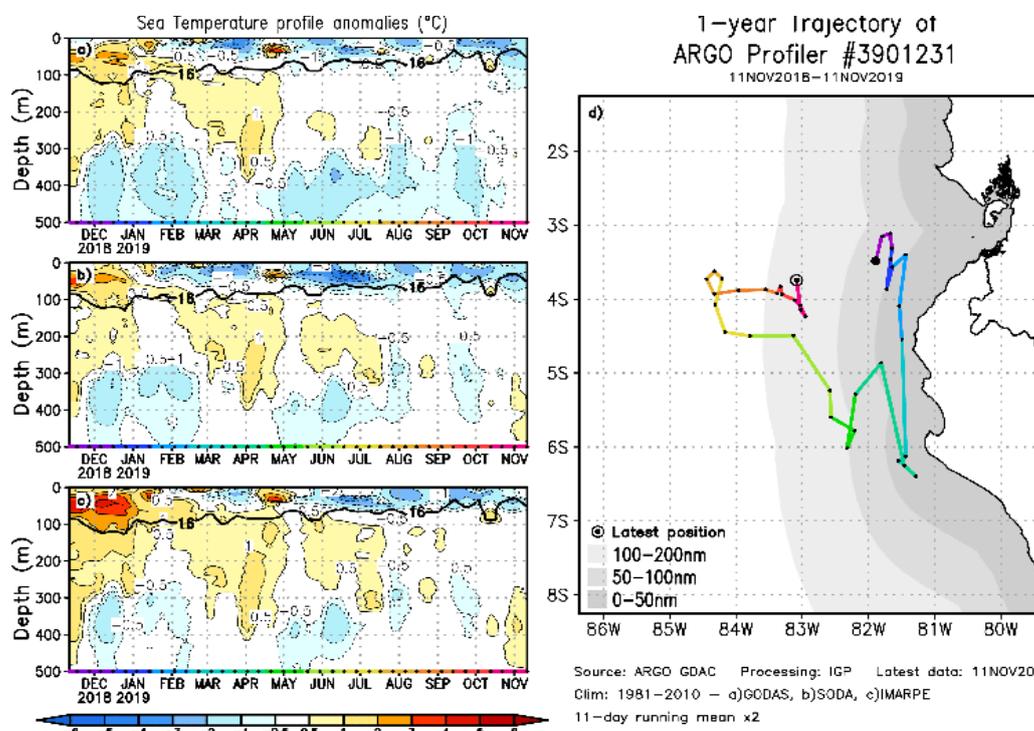


Figura 2. A la izquierda se aprecia la anomalía de la temperatura del mar hasta los 500 metros de profundidad calculada de los datos del flotador ARGO No. 3901231. Esta anomalía se calcula en base a la climatología (1981-2010) de: (a) GODAS, (b) SODA e (c) IMARPE. A la derecha se aprecia la trayectoria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

Pronóstico con modelos del ICEN CI 201911

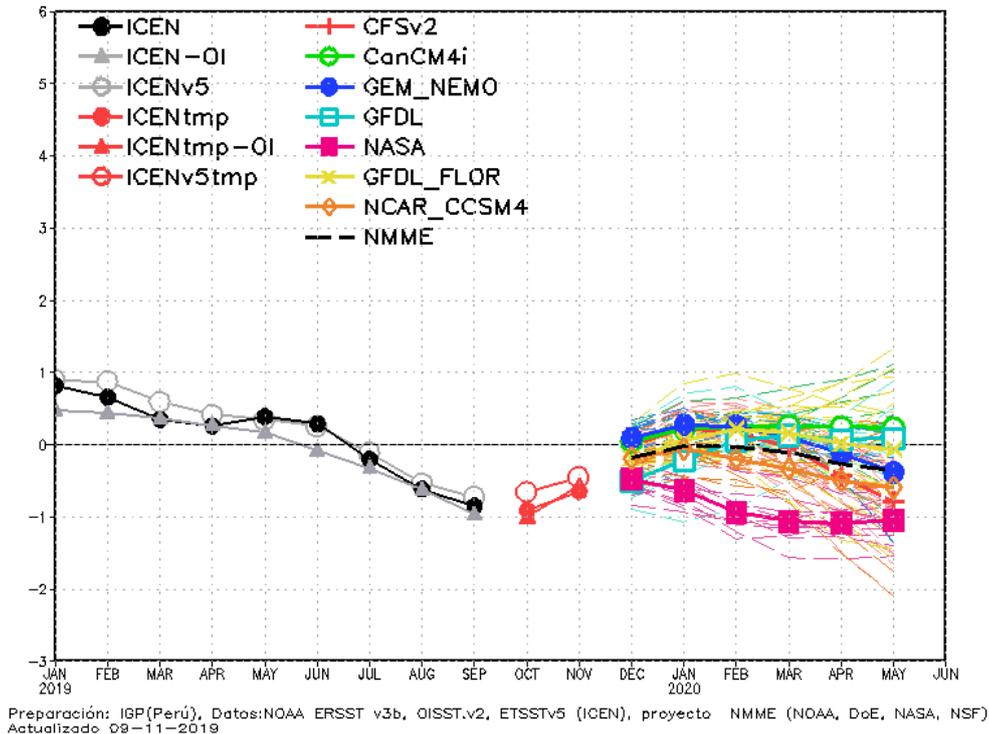


Figura 3. Índice Costero El Niño (ICEN negro con círculos llenos, fuente ERSSTv3; ICEN gris con triángulos, fuente OISSTv2; ICEN gris con círculos, fuente ERSSTv5) y sus valores temporales (ICENtmp, rojo con círculo lleno, ICENtmp-OI, rojo con triángulos llenos, ICENv5tmp, rojo con círculo). Además, 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, CanCM4i, GEM\_NEMO, GFDL, NASA, GFDL\_FLOR y NCAR\_CCSM4 tienen como condición inicial el mes de noviembre de 2019. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME).

para el cálculo del ICEN, los valores correspondientes son -1.03 (Fría Débil), y los temporales para octubre y noviembre son Neutros, -0.92 y -0.66 respectivamente. El ICEN calculado con la versión 5 de ERSST para setiembre es -0.78 (Neutro) y los temporales también se encuentran en el rango de Neutro para los meses de octubre y noviembre, -0.66 y -0.46.

2. En el Pacífico central, el ONI de setiembre (ASO) es 0.14 y corresponde a condiciones Neutras y el estimado para octubre y noviembre también corresponden a condiciones Neutras.

3. La información de OLR (relacionada con la actividad convectiva) en las regiones (170°E-140°W, 5°S-5°N) y (170°W-100°W, 5°S-5°N) indica valores superiores a su climatología, es decir existe poca o escasa precipitación.

4. Según la información de TAO en la franja ecuatorial, en el mes octubre, se mantienen los vientos anómalos del este (oeste) al este (oeste) de 160°W. Los vientos del oeste se han disminuido en intensidad con respecto al mes anterior. La profundidad de la termoclina en promedio se mantiene positiva al este de 180° con un máximo al este de 120°W. Las anomalías de la TSM se mantienen positivas al oeste 120°W, y el máximo valor observado se localiza en la zona occidental, entre 160°E a 180°.

5. A inicios de noviembre, según la información satelital y de reanalysis, se desarrolló un pulso de viento del oeste entre 150°W y la línea de cambio de fecha. Por otro lado,

el producto satelital mostró un pulso de viento del oeste al oeste de 150°W.

6. Basado en los datos de TAO, la termoclina estuvo ligeramente menos inclinada de lo normal durante todo el mes de octubre, esto como consecuencia, posiblemente, del paso de la onda Kelvin cálida. Por otro lado, el contenido de calor osciló dentro de sus valores normales.

7. Según la información de los flotadores ARGO localizados alrededor de 105°W, se mantienen las anomalías negativas en los primeros 100 metros de profundidad.

8. Los flotadores ARGO localizados entre las 100 y 200 mn de la costa y a lo largo de esta última, muestran en promedio para el mes de octubre, usando la climatología de IMARPE, condiciones frías por encima de los 100 metros. El flotador ubicado frente a Paita mostró una anomalía positiva desde noviembre por debajo de los 300 m de profundidad. Se especula que podría ser parte de la señal de la onda Kelvin cálida.

9. Según los datos observados, la onda Kelvin cálida ya habría iniciado su arribo a la costa americana desde inicios de octubre. La señal del nivel del mar satelital a lo largo de la costa peruana también muestra el incremento de esta variable durante este mismo periodo. Según la data observada y algunas simulaciones numéricas, es posible que la onda Kelvin cálida haya perdido algo de su

energía como onda Rossby reflejada como consecuencia de la inclinación de la termoclina (hipótesis).

10. Los datos observados muestran una señal de onda Kelvin fría entre 160°E y 160°W.

11. Los datos observados muestran una anomalía positiva de la profundidad de la termoclina al oeste de 160°E y los modelos numéricos simples determinan que sería la señal de onda Kelvin cálida. Esta se podría haber generado por el pulso de viento del oeste que se dio a inicios de noviembre y, también, a la reflexión de la onda Rossby.

12. Se espera que la señal de la onda Kelvin cálida se observe en la costa peruana. Por otro lado, la onda Kelvin fría debería arribar a fines de diciembre, mientras que otra onda Kelvin cálida, de mantener su energía, podría arribar en enero de 2020.

13. Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), los modelos de NMME con condiciones iniciales de noviembre, indican en promedio condiciones Neutras entre los meses de noviembre y mayo de 2020.

14. Para el Pacífico central (Región Niño 3.4), el promedio de los modelos de NMME indica condiciones Neutras entre los meses de noviembre y mayo de 2020.

## 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° 14-2019  
**Estado del sistema de alerta: No Activo<sup>1</sup>**

La Comisión Multisectorial ENFEN mantiene el sistema de Alerta "No Activo", debido a que se observan, en promedio, condiciones neutras en la temperatura superficial del mar frente a la costa peruana y considera más probable que estas se mantengan durante el próximo verano.

Se espera la llegada de una onda Kelvin fría a fines de diciembre, la cual podría contribuir a ligeras variaciones en la temperatura del mar, del aire, así como del nivel del mar frente de la costa peruana. Para el próximo verano, en el Pacífico central (región Niño 3.4) son más probables las condiciones Neutras (65%), seguidas de condiciones El Niño débil (21%); en tanto que, para el Pacífico oriental (región Niño 1+2, que incluye la costa peruana) son más probables las condiciones Neutras (66%), seguidas de condiciones El Niño débil (18%).

Si bien actualmente no se observa la presencia de un evento El Niño o La Niña, es oportuno recomendar que se realicen las labores de reducción y prevención del riesgo que permitan disminuir la vulnerabilidad frente a estos fenómenos naturales.

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 noviembre de 2019, así como sus perspectivas.

En el Pacífico ecuatorial occidental y central la temperatura superficial del mar (TSM) se mantuvo con anomalías positivas del orden de +1°C; en tanto que, en la región oriental se mantuvo con valores cercanos a lo normal. Por regiones, respecto al mes de setiembre, en la región Niño 3.4 la anomalía aumentó de 0 a +0,6°C, mientras que, en la región Niño 1+2 (la cual incluye la costa peruana) se mantuvo en -0,8°C.

El Índice Costero El Niño (ICEN) para el mes de setiembre y el ICEN temporal (ICEN-tmp) para octubre, indican condiciones frías débiles y neutras, respectivamente, frente a la costa norte y central del Perú.

En el Pacífico ecuatorial, durante octubre, la convección continuó suprimida, tanto a lo largo de la franja ecuatorial como en la región de Indonesia, intensificándose hacia la primera semana de noviembre alrededor de la línea de cambio de fecha. Esto último debido a la reciente actividad de ondas ecuatoriales atmosféricas. En niveles altos predominaron anomalías de vientos zonales del este; mientras que, en niveles bajos, se evidenciaron anomalías de vientos zonales del oeste, principalmente hacia la región oriental. Las presentes condiciones atmosféricas, junto con las oceánicas, continúan indicando condiciones neutras en esta región.

La señal indicadora de una onda Kelvin cálida, según la información satelital e in situ, habría iniciado su arribo a la costa sudamericana desde fines de octubre. Se observa la presencia de una onda Kelvin fría entre 160°E y 160°W desplazándose hacia la costa americana. Por otro lado, los datos observados muestran una anomalía positiva de la profundidad de la termoclina al oeste de los 160°E y los modelos numéricos simples indican que sería señal de la presencia de una nueva onda Kelvin cálida. Esta onda sería el resultado de la reflexión de una onda Rossby y el pulso de viento del oeste que se dio a inicios de noviembre.

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS), respecto al mes anterior, mostró espacialmente una configuración zonal y, además, estuvo debilitado en su núcleo con valores por debajo de su promedio habitual. La poca influencia del APS sobre la costa peruana mantuvo los vientos costeros anómalamente débiles frente al litoral centro y sur, no así, frente a la costa norte donde se mostraron anómalamente intensos durante todo el periodo. En particular, de acuerdo a la información satelital, durante la tercera semana de octubre y la primera de noviembre, la influencia del viento costero dentro de las 50 millas náuticas mantuvo el afloramiento costero con mayor intensidad a lo normal.

Los valores de las temperaturas extremas del aire en la costa peruana, en promedio, se mantuvieron alrededor de lo normal durante octubre y lo que va de noviembre; no obstante, en el extremo norte del país (Tumbes) estuvieron

<sup>1</sup> 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.

anómalamente cálidas. Por otro lado, se registraron temperaturas nocturnas más frías de lo normal en el extremo sur de la costa (Tacna) durante octubre.

Frente a la costa de Paita, a 230 millas náuticas, en la primera semana de octubre se observó un núcleo de anomalía negativa de la temperatura del mar (-2°C) a los 50 metros de profundidad. Luego de esto se observaron anomalías negativas y positivas, aunque dentro del rango normal hasta fines de octubre. En lo que va de noviembre, se han observado anomalías positivas de 1°C dentro de los 50 y 100 metros de profundidad y entre 250 y 350 metros de profundidad, esto último se observó entre el 8 y 10 de noviembre.

Frente a la costa norte de Perú, hasta 5°S, en la última semana de octubre se evidenció el desplazamiento de aguas cálidas ecuatoriales hacia el sur, con bajas concentraciones de salinidad y temperatura por encima del promedio (1°C), dentro de los 20 m de profundidad. Al sur de los 6°S (Punta Falsa), y sobre los 50 metros de profundidad, las condiciones permanecieron entre ligeramente frías a normales como consecuencia de los procesos de afloramiento.

En las tres primeras semanas del mes de octubre, a 10 millas náuticas de Paita y dentro de los 20 metros de profundidad, se observaron condiciones cálidas que estuvieron asociadas a aguas ecuatoriales. Esta condición cálida cambió a fría (-1°C) al término del mes de octubre y alcanzó la profundidad de 60 metros. Sin embargo, frente a la costa de Chicama y Callao las condiciones se presentaron como neutras, con salinidades propias de aguas de mezcla y costera fría, respectivamente.

En todo el litoral, desde la última semana de octubre hasta inicios de noviembre, se vienen observando, en promedio, anomalías positivas del nivel del mar, sin embargo, esto no guarda correspondencia con la anomalía de la TSM. Las anomalías positivas del nivel del mar se deberían a la llegada de la onda Kelvin cálida.

La concentración de la clorofila-a (indicador de la producción del fitoplancton) en la capa superficial presentó un comportamiento acorde al patrón histórico, con núcleos entre 2,5 a 20,0 mg.m-3 frente a Chicama-Chimbote, Huacho- Callao y al sur de Atico. Siendo la zona de Atico-Ilo donde la clorofila mostró una amplia distribución, incluso más allá de las 200 millas náuticas.

Los índices reproductivos de la anchoveta peruana del stock norte-centro en el mes de octubre, mostraron la disminución del proceso reproductivo; sin embargo el recurso aún mantiene importantes procesos de maduración gonadal y desove.

Los caudales de los principales ríos de la zona norte y centro de la región hidrográfica del Pacífico presentaron un comportamiento ligeramente ascendente, con excepción de los ríos Tumbes, Piura y Chillón, así como los ríos de la zona sur y de la región hidrográfica del Titicaca presentaron un comportamiento estable. Por otro lado, en la región hidrográfica del Atlántico los caudales de los ríos se han mantenido con un comportamiento ascendente. A la fecha,

las reservas hídricas de los principales embalses de la costa norte y sur se encuentran, en promedio, al 62 % y 45 % de su capacidad de almacenamiento, respectivamente.

En las regiones de Piura, Lambayeque y Ancash, las temperaturas diurnas con valores de normales a superiores a su climatología, favorecieron la fructificación del mango Kent, Edward y Criollo; mientras que, en la región Tacna, la prevalencia de noches frías retrasaron la floración y fructificación del olivo. En cuanto al cultivo de arroz, las temperaturas diurnas que estuvieron por encima de sus rangos normales, favorecieron las etapas reproductivas del arroz en las zonas de San Lorenzo (Piura) y La Leche (Lambayeque).

## PERSPECTIVAS

El pronóstico de los modelos climáticos de agencias internacionales para el Pacífico ecuatorial central (región Niño 3.4) y para el Pacífico oriental (región Niño 1+2, el cual incluye la costa peruana, tal como se observa en la Figura 1) continúa indicando, en promedio, condiciones neutras hasta mayo de 2020.

La Comisión Multisectorial ENFEN, por medio del monitoreo y análisis de la información proporcionada por las instituciones que la conforman, así como de la evaluación mediante el juicio experto de su grupo científico, considera que es más probable que para el próximo verano se mantengan, en promedio, las condiciones neutras a pesar de la llegada de una onda Kelvin fría a la costa peruana a fines de diciembre.

Debido a que los principales impactos de El Niño y La Niña suelen darse en la temporada de lluvias, durante el verano austral, el ENFEN proporciona una estimación de las probabilidades de ocurrencia de éstos (ver Tabla 1 y 2) para el próximo verano (diciembre 2019-marzo 2020). El análisis indica que para el Pacífico central (Niño 3.4) son más probables las condiciones Neutras (65%), seguidas de condiciones El Niño débil (21%); en tanto que, para el Pacífico oriental (Niño 1+2) son más probables las condiciones Neutras (66%), seguidas de condiciones El Niño débil (18%).

Por lo expuesto, la Comisión Multisectorial ENFEN mantiene el Estado de Alerta de El Niño en "No Activo", sin embargo recomienda que las entidades competentes realicen las labores de reducción y prevención del riesgo que permitan disminuir la vulnerabilidad frente a estos fenómenos naturales.

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 jueves 12 de diciembre de 2019.

Callao, 14 de noviembre de 2019



Instituto Geofísico del Perú

Calle Badajoz 169, Urb. Mayorazgo IV Etapa,  
Ate, Lima, Perú

Central Telefónica: [511] 317 2300

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

 <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**