



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Instituto  
Geofísico del Perú - IGP



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

BOLETÍN TÉCNICO



Foto: Exitosa

# GENERACIÓN DE INFORMACIÓN Y MONITOREO DEL FENÓMENO EL NIÑO

**Cambios en la distribución de la anchoveta  
durante Eventos El Niño extraordinarios  
(1982-83 y 1997-98) y El Niño Costero 2017**

VOL. 6 N° 8 AGOSTO 2019

# Contenido

3 - 4

Introducción

5 - 9

Artículo de Divulgación Científica

10 - 13

Avances científicos

14 - 17

Resumen del Informe Técnico

18 - 19

Comunicado Oficial del ENFEN

---

# Créditos

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

**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, Gerardo Rivera

Edición: Kobi Mosquera  
Diseño y Diagramación: Luis Miguel Ybañez

Carátula: Pesca de anchoveta en mar peruano.  
Foto: Exitosa

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

Lima, diciembre de 2019

# 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

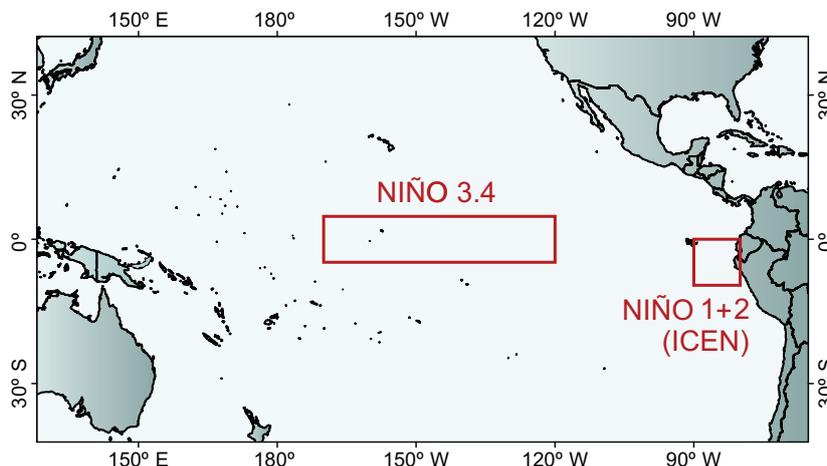
La Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), conformada por representantes de IMARPE, DHN, IGP, SENAMHI, ANA, INDECI y CENEPRED, es el ente que genera la información oficial de monitoreo y pronóstico del Fenómeno El Niño y otros asociados.

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.

# Cambios en la distribución de la anchoveta durante Eventos El Niño extraordinarios (1982-83 y 1997-98) y El Niño Costero 2017



**Dra. Marilú Bouchon Corrales**  
INVESTIGADORA CIENTÍFICA DEL INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ (IMARPE)

*Doctora en ciencias del Mar de la Universidad de Alicante-España, bióloga de la Universidad Ricardo Palma con maestría en Ciencias del Mar de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV).*

*Especialista en pesquería pelágica e impactos del evento El Niño sobre los recursos hidrobiológicos. Actualmente es coordinadora del área de recursos transzonales y altamente migratorios del IMARPE. Es autora de numerosos artículos científicos y representante del Perú en diversos en el Comité Científico del Estudio Regional del Fenómeno El Niño (ERFEN).*



**MSc. Cecilia Peña**  
INVESTIGADORA CIENTÍFICA DE LA DIRECCIÓN DE RECURSOS PELÁGICOS DEL INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ (IMARPE)



**Blgo. Gersson Roman**  
INVESTIGADOR CIENTÍFICO DE LA DIRECCIÓN DE RECURSOS PELÁGICOS DEL INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ (IMARPE)



**Ing. Julio Limache**  
INVESTIGADOR CIENTÍFICO DE LA DIRECCIÓN DE RECURSOS PELÁGICOS DEL INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ (IMARPE)

## INTRODUCCIÓN

El mar peruano se localiza en la más importante área de afloramiento del mundo, con niveles de productividad superiores a cualquier otro ecosistema marino, base de la inmensa cadena trófica, que favorece el desarrollo de grandes volúmenes de recursos pesqueros, entre los que destaca la anchoveta (*Engraulis ringens*) (Nixon & Thomas, 2001; Bakun & Weeks, 2008). Por otro lado, el ecosistema frente al Perú se caracteriza por su mayor sensibilidad a la variabilidad climática interanual y multidecadal en relación a otros ecosistemas del mundo (Chávez et al., 2008). La anchoveta, es una especie pelágica clave en la cadena alimentaria del ecosistema, tiene gran importancia en la pesquería peruana y es una importante fuente generadora de

divisas del país después de la minería (Bouchon et al., 2010).

Se conoce como El Niño, a una anomalía climática que dura varios meses y se desarrolla en el Pacífico Ecuatorial (Takahashi, 2017), cuya magnitud está en función del valor de la anomalía de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) que más persiste durante este evento.

Los principales impactos de El Niño en el ecosistema marino frente al Perú producen reducción del hábitat costero, afectan la fertilidad del mar, la productividad y por ende del fitoplancton; lo que afecta a la anchoveta. En este sentido, El Niño altera su

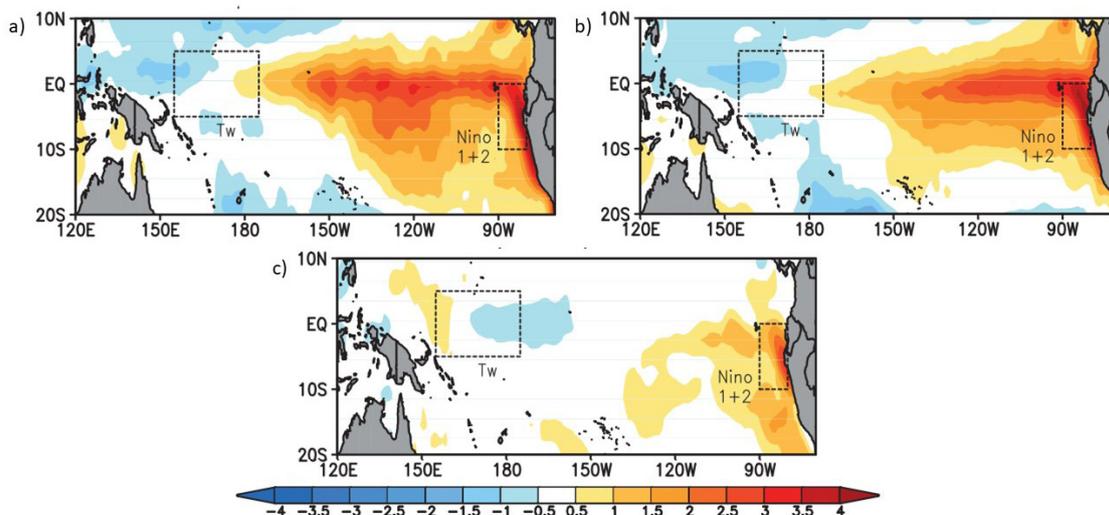
distribución, procesos biológicos, comportamiento y en forma gradual disminuye sus niveles poblacionales (Bouchon *et al.*, 2010, Bouchon *et al.*, 2015, Chávez *et al.*, 2002, Chávez *et al.*, 2003, Espino y Yamashiro 1996, Espino 1997, Jordán 1976, Perea *et al.*, 2015, Ñiquen *et al.*, 1999, Ñiquen y Bouchon 2004, Wolf y Tarazona 1988, Zuta y Guillén 1970, Zuzunaga 1985).

El paradigma del ecosistema peruano, es entender la sensibilidad de los recursos hidrobiológicos, en este caso de la anchoveta, frente a los eventos El Niño por lo que es importante contar con mayores

conocimientos sobre sus mecanismos e impactos, los que ayudaran a mejorar los modelos de predicción.

## RESULTADOS

Para comparar los cambios en la distribución espacial de la anchoveta de acuerdo al tipo de evento El Niño, se analizaron dos eventos de tipo global, El Niño 1982-83 y 1997-98 de magnitud extraordinaria, y el evento El Niño Costero 2017, respecto a las anomalías de temperatura superficial del mar (ATSM) y del Índice Costero El Niño (ICEN) (Fig 1.)



**Figura 1.** Distribución espacial de las anomalías de temperatura superficial del mar (ATSM) durante los eventos El Niño global a) 1982-83 y b) 1997-98, y c) el evento El Niño Costero 2017. Fuente: IGP.

## DISTRIBUCIÓN LATITUDINAL

La anchoveta es una especie propia de aguas frías, su hábitat óptimo está determinado por las características de las Aguas Costeras Frías (ACF) de bajas temperaturas (14°-18°C) y alto contenido de nutrientes. De manera general, la distribución de esta especie en la región norte-centro del Perú, muestra que las mayores concentraciones se presentan dentro de las 50 millas de la costa y a menor distancia en la región sur (Jordán, 1976, Ñiquen *et al.* 2000). Una de las características del impacto de los eventos El Niño en el litoral peruano, es el repliegue de los cardúmenes de anchoveta hacia la costa y la proyección de áreas de alta agregación de esta especie hacia el sur, lo que evidencia su desplazamiento (Santander y Zuzunaga, 1984, Ñiquen y Bouchon, 2004, Ñiquen, *et al.* 1999; Zuzunaga, 1985).

### Eventos El Niño Global 1982-83 y 1997-98:

Durante estos eventos de categoría extraordinarios, la distribución de la anchoveta fue muy cercana a la costa, con núcleos dispersos de baja concentración y un marcado desplazamiento hacia la región centro-sur del Perú, impactando la pesquería en el corto plazo. La cobertura latitudinal y el repliegue hacia la costa presentaron diferente magnitud en los dos eventos, en el EN 1982-83 los cardúmenes se localizaron principalmente al sur del Callao (12°S) y dentro de las 10 millas náuticas. Mientras que en el EN 1997-98, si bien el mayor contingente se ubicó dentro de las 5 mn de distancia a costa, la cobertura del recurso fue más amplia, desde Chicama (07°S) hacia el extremo sur del mar peruano. La recuperación de la abundancia de la anchoveta, fue más rápida luego de El Niño 1997-98 debido a las condiciones frías y a buenos reclutamientos del recurso (Fig.2).

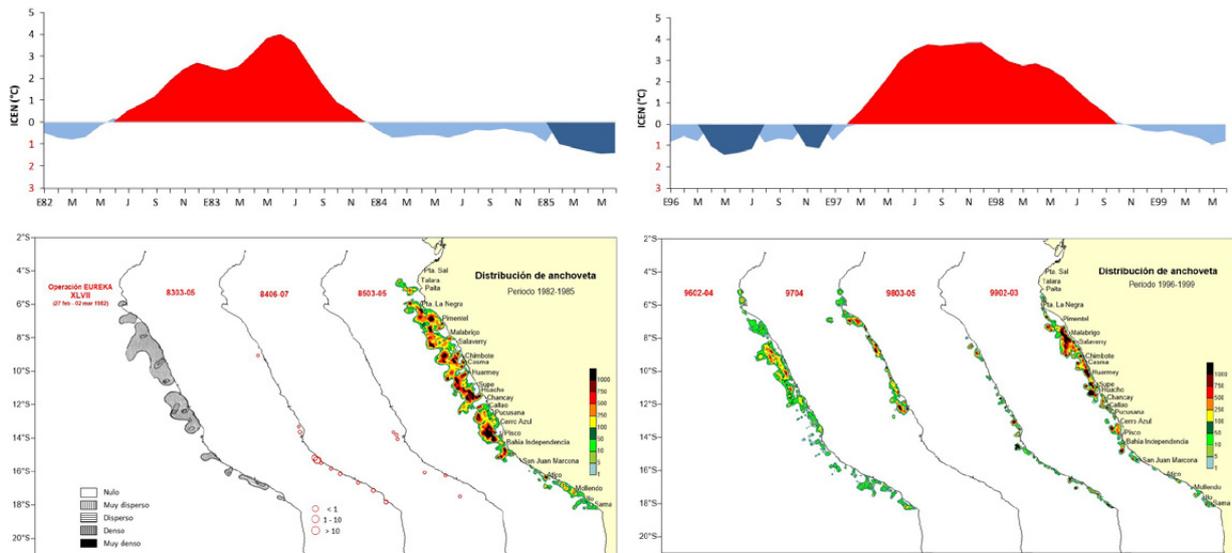


Figura 2. Distribución espacial de la anchoveta durante los eventos El Niño global y su relación con el ICEN, a) 1982-83 y b) 1997-98. Fuente: IMARPE e IGP.

### Evento El Niño Costero 2017:

En este evento, que fue de corta duración y circunscrito a la región norte del Perú, la distribución de anchoveta fue más amplia latitudinalmente, con mayores concentraciones hacia el sur de Huarmey (10°S), que permitió que la actividad pesquera no fuera mayormente impactada, continuando con la pesquería. Sin embargo, sí se registró cambios en su biología, observando una baja actividad reproductiva en el verano del 2017. En este evento el repliegue hacia la

costa solo se observó en la zona norte, mientras que la zona central a partir de Cerro Azul (14°S) la anchoveta se distribuyó en un área más amplia hasta las 50 millas de la costa. Cabe resaltar, que la aplicación del manejo adaptativo con un permanente monitoreo, la buena condición somática del recurso y el rápido reestablecimiento de las condiciones normales, ayudaron a la recuperación de la especie, registrándose una biomasa superior a los 10 millones de toneladas en la región norte – centro en el verano del 2018. (Fig.3).

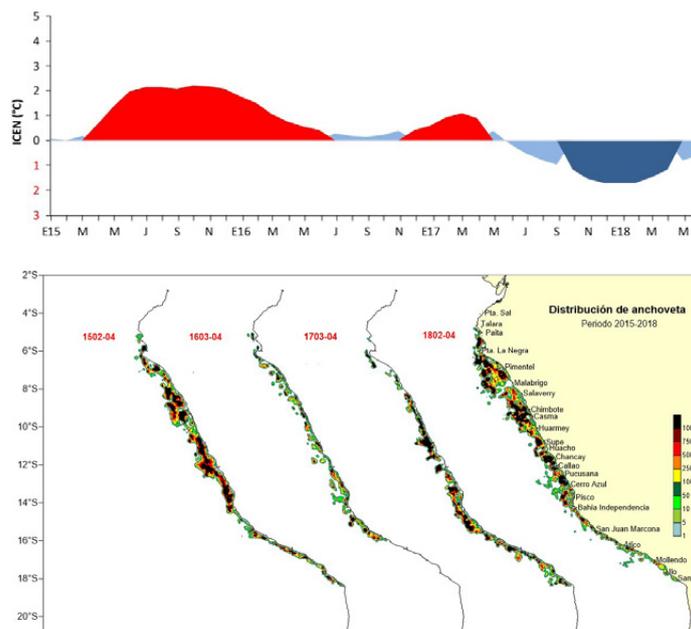


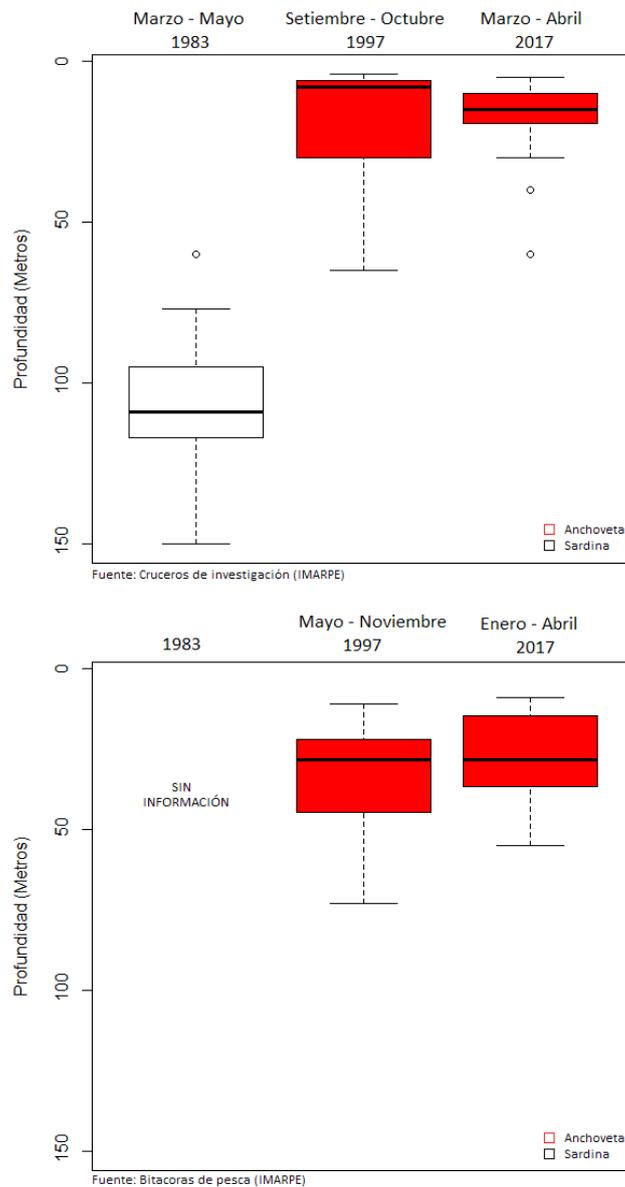
Figura 3. Distribución espacial de la anchoveta durante el evento El Niño Costero 2017 y su relación con el ICEN. Fuente: IMARPE e IGP.

## DISTRIBUCIÓN VERTICAL

La distribución vertical de la anchoveta, está relacionada con las condiciones ambientales y la amplitud de la plataforma continental (Tsukayama, 1983). En el día se encuentra hasta los 100 metros (m) de profundidad y durante la noche por encima de los 50 m. (Jordán 1971).

La información de los Cruceros de Evaluación y del Programa de Observadores a Bordo Bitácoras de Pesca del IMARPE, permiten conocer la distribución vertical de los cardúmenes de anchoveta en barcos

de investigación y embarcaciones comerciales, respectivamente. Durante los eventos El Niño global, se observó una mayor profundización de las agregaciones de la anchoveta alcanzando en el evento El Niño 1997-98, hasta aproximadamente los 80 m de profundidad. Debido al fuerte impacto en la anchoveta de El Niño 1982-83, no se tiene mayor información sobre la profundización, pero conocemos que la sardina (*Sardinops sagax sagax*) de comportamiento parecido, también se profundizó alcanzando los 150 m de profundidad (Fig. 4).



**Figura 3.** Distribución vertical de la anchoveta y sardina durante los eventos El Niño a partir de información de a) cruceros de investigación y b) bitácoras de pesca.  
Fuente: IMARPE

## CONCLUSIONES

En ecosistemas de alta variabilidad ambiental, como el Ecosistema de la Corriente Peruana es necesario un monitoreo intensivo de los recursos, principalmente la anchoveta y las variables ambientales lo que contribuirá a conciliar la sostenibilidad de los recursos, con la actividad pesquera en el tiempo.

La anchoveta es una especie propia de aguas frías, y es impactada de manera diferente según el tipo y la magnitud del evento El Niño. Los eventos El Niño de tipo global y de magnitud extraordinaria, afectan la pesquería a corto plazo, debido a la distribución muy costera del recurso con núcleos dispersos de baja concentración y un marcado desplazamiento hacia la región centro-sur del Perú, así como una mayor profundización. En El Niño Costero 2017, la actividad pesquera no es mayormente impactada, debido a que se localiza mayormente en la zona norte del Perú y es de corta duración.

## REFERENCIAS

- Bakun, A., Weeks, S. (2008). The marine ecosystem off Peru: What are the secrets of its fishery productivity and what might its future hold?. *Prog. Oceanogr.* 79: 290–299.
- Bouchon M., Ayón P., Mori J., Peña C., Espinoza P., Hutchings L., Buitrón B., Perea A., Goicochea C., Messie M. (2010). Biología de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens* Jenyns). *Bol Inst Mar Perú* 25(1-2): 23-30.
- Bouchon M., Peña C., Salcedo J. (2015). El evento El Niño 2014 y su impacto en la pesquería de anchoveta en el mar peruano. *Boletín Trimestral Oceanográfico*; Vol. 1, N° 1-4, p. 17-19.
- Chavez, F., Ryan, J., Lluch-Cota, S., Niquen, M. (2003). From anchovies to sardines and back: multidecadal change in the Pacific Ocean. *Science* 299, 217–221.
- Chavez, F., Pennington, J., Castro, C., Ryan, J., Michisaki R., Schlining, B., Waltz, P. Buck, K., McFaden, A., Collins C. (2002). Biological and chemical consequences of the 1997–1998 El Niño in central California waters 299, *Progress in Oceanography* 54 (2002) 205–232.
- Chávez F., Bertrand A., Guevara-Carrasco R., Soler P. and Csirke J. (2008). The northern Humboldt Current System: brief history, present status and a view towards the future. (Editorial). *Progress in Oceanography*, 79, 95–105.
- Espino, M., Yamashiro C. (1996). El Niño y la ordenación pesquera en el Perú. *Informe Progresivo* n° 40, p. 3 – 19.
- Espino, M. (1997). El Niño 1997-? y los recursos pesqueros: una propuesta de análisis. *Informe Progresivo IIMARPE* N° 66, p. 27 – 44.
- Jordán R. 1971. Distribution of anchoveta (*Engraulis ringens* J.) in relation to the environment. *Rev. Inv. Pesq.* 35(1): 113-126.
- Ñiquen M., Bouchon M. (2004). Impact of El Niño events on pelagic fisheries in Peruvian waters. *Deep-Sea Research II* 51 (2004) 563–574.
- Ñiquen M., Bouchon M., Cahuin., Díaz E. (2000). Pesquería de anchoveta en el mar peruano. 1950 – 1999. *Bol.Inst. Mar Perú*: 117- 123.
- Ñiquen M., Bouchon M., Cahuin., Valdez J. (1999). Efectos del fenómeno “El Niño 1997-98” sobre los principales recursos pelágicos en la costa peruana. En: *El Niño 1997-98 y su Impacto sobre los Ecosistemas Marino y Terrestre*. J. Tarazona y E. Castillo (Eds.). *Rev. peru. biol.* Vol. Extraordinario: 85-96.
- Perea A., Buitrón B., Mori J., Roque C., Sánchez J. (2015). Anomalías de los índices reproductivos de anchoveta *Engraulis ringens* en relación al ambiente. *Boletín Trimestral Oceanográfico*; Vol. 1, N° 1-4, p. 25-26.
- Takahashi, K. (2017). Fenómeno El Niño: “Global” vs “Costero”. *Boletín Técnico “Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño”*. Instituto Geofísico del Perú, Vol. 4, N° 4, abril de 2017, p:4-7.
- Tsukayama I. (1983). Recursos pelágicos y sus pesquerías en Perú. *Revista Comisión Permanente del Pacífico Sur*, 13: 25–63.
- Wolf, A., Tarazona, J. (1988). Una retrospectiva a El Niño 1982-83: ¿qué hemos aprendido? *Boletín Extraordinario (COLACMAR) Recursos y Dinámica del Ecosistema de Afloramiento Peruano*, p.353-364.
- Zuta, S., Guillén O. (1970). Oceanografía de las aguas costeras del Perú. *Bol. Inst. Mar Perú-Callao* Vol 2 N°5, p. 157 – 324.
- Zuzunaga J. (1985). Cambios del equilibrio poblacional entre la anchoveta (*Engraulis ringens*) y la sardina (*Sardinops sagax*) en el sistema de afloramiento frente a Perú. W. Arntz, A. Landa, J. Tarazona (eds). *Boletín Extra. El Niño y su Impacto*, p. 108 - 117.

# Contribución meridional de los vientos y el nivel del mar desde la perspectiva de ondas oceánicas ecuatoriales largas en un océano sin fronteras

*Gerardo Rivera y Kobi Mosquera*

*Instituto Geofísico del Perú (IGP), Lima-Perú*

## INTRODUCCIÓN

El cambio en el estado base del sistema climático durante las últimas décadas ha modificado la dinámica presente en los eventos oceánicos y atmosféricos de gran escala. Si bien estos eventos, en general, mantienen sus características, los mecanismos que los gatillan han cambiado su grado de contribución en la génesis. Tomando como ejemplo, y motivo del presente trabajo, los eventos El Niño, estos han presenciado cambios en su comportamiento interdecadal (Cai et al., 2018; Neske and McGregor, 2018; Zhang et al., 2019) en donde su dinámica se ve manejada en mayor proporción por la respuesta instantánea a los forzantes de viento en comparación a la evolución ajustada por la misma dinámica oceánica.

Las ondas de Kelvin y Rossby juegan un rol importante en el transporte de energía de la piscina caliente hasta la lengua fría alterando las condiciones normales, dependiendo del impacto estacional junto al acoplamiento con la atmósfera, iniciando un evento El Niño. Estas ondas oceánicas pueden ser forzadas por los vientos, en donde una anomalía de estos (oestes) genera una onda de Kelvin de *downwelling* (*upwelling*) junto a una onda Rossby de *upwelling* (*downwelling*) que se propaga en sentido opuesto. El juego entre la propagación de ambas ondas y sus reflexiones en las fronteras del océano pacífico forman, en grandes rasgos, la señal observada en la anomalía del nivel del mar (ANM).

Con motivo de entender la dinámica presente en la propagación de estas ondas oceánicas y el rol que tienen en los eventos El Niño, se realiza la descomposición de la anomalía del nivel del mar y del esfuerzo de viento zonal (AEZ) en estructuras que corresponden a cada onda, lo cual sirva para evaluar la contribución de estos en los calentamientos mostrados a finales del 2018 y comienzos del 2019. Este avance de investigación forma parte del monitoreo constante del Instituto Geofísico del Perú (IGP) continuando el trabajo de Aparco (2015) y Mosquera (2014), tomando como referencia la teoría desarrollada por Boulanger y Menkes (1995) referido de ahora en adelante como BM95.

## DATOS

Los datos de altimetría satelital fueron obtenidos de la base de datos Copernicus Marine Environmental Monitoring Service (CMEMS) el cual comprende una combinación de todas las misiones de altimetría (Jason-3, Sentinel-3A, HY-2A, Saral/AltiKa, Cryosat-2, Jason-2, Jason-1, T/P, ENVISAT, GFO, ERS1/2) en un procesado de nivel L4. El registro de estos datos comprende un archivo histórico reprocesado desde enero de 1993 hasta diciembre del 2018 (hasta la fecha de esta publicación), junto al procesamiento en tiempo real que cubre el periodo del 2019; ambos casos

en resolución temporal diaria y espacial de  $1/4^\circ$ . En el caso del esfuerzo de viento zonal, éste fue calculado a partir de la velocidad del viento zonal y meridional de NCEP mediante un modelo lineal simple.

Debido a que los datos observados de nivel del mar comienzan en 1993, se tomó 1993-2010 como periodo base (climatología) para ambas variables a fin de mantener una estacionalidad similar en el cálculo de las anomalías.

## TEORÍA LINEAL

Siguiendo el trabajo de BM95, se asume que la estructura meridional del nivel del mar y los forzantes de vientos se conforman de una suma de ondas largas que aportan, en distinta magnitud, a la señal observada. Los modos de variabilidad obtenidos corresponden a la señal Kelvin (modo 0) junto a varios modos Rossby (1 en adelante), cada uno con una distribución meridional característica (figura 1).

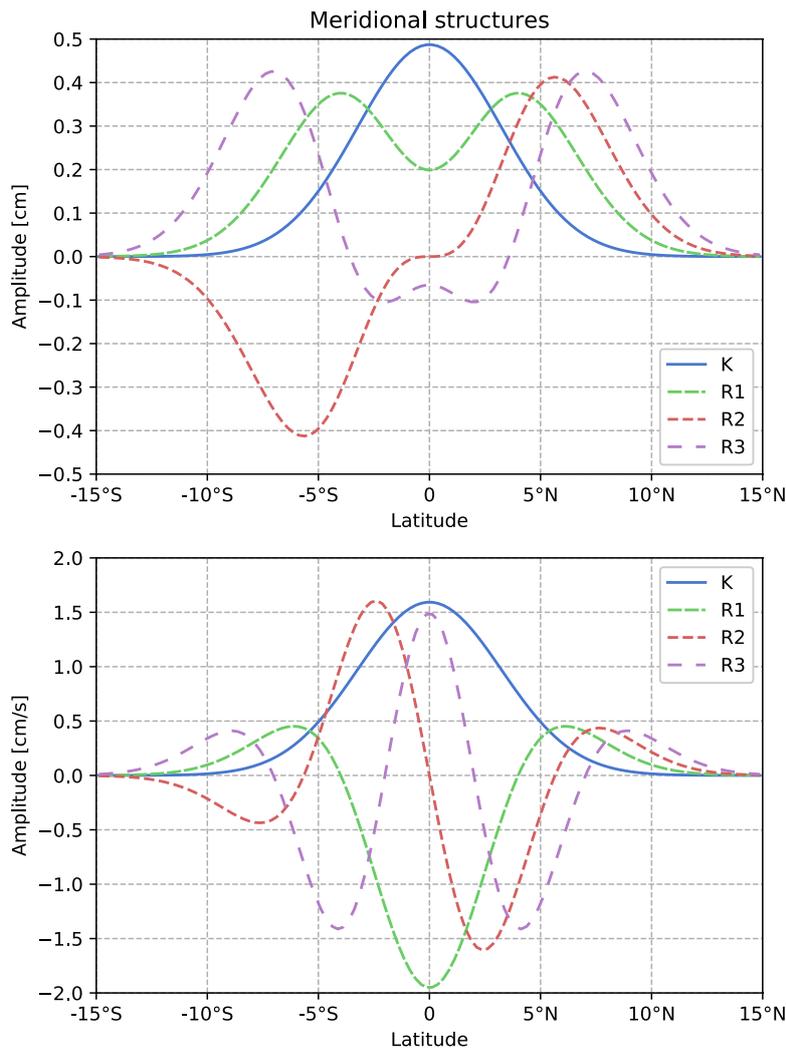


Figura 1. Estructuras meridionales para el nivel del mar (arriba) y para la corriente zonal/esfuerzo zonal (abajo). Ambos casos presentan el modo 0 como una distribución gaussiana meridional, correspondiente a la estructura Kelvin.

La descomposición expuesta en BM95 se realiza sobre la solución de las ecuaciones lineales adimensionales de momento en la aproximación de onda larga, para un océano meridionalmente sin fronteras, en un plano ecuatorial beta. La adimensionalización de cada término en la ecuación de momento es realizada usando los valores en la tabla 1 asumiendo una propagación de ondas en el primer modo baroclínico (más detalles sobre las aproximaciones y la ecuación de momento en BM95).

Parámetro	Factor de escala
Velocidad del primer modo baroclínico (c)	3 m/s
Aceleración de la Gravedad	9.81 m/s <sup>2</sup>
Longitud (L)	$(c/\beta)^{1/2}$
Tiempo (T)	$1/(\beta * c)^{1/2}$
Nivel del mar (h)	$c^2/g$
Corriente zonal y meridional (u, v)	c
Forzantes horizontales (F, G)	$c[(\beta * c)^{1/2}]$
Fuente térmica (Q)	$c^2[(\beta * c)^{1/2}]/g$

Tabla 1. Parámetros usados en la ecuación lineal de momento en BM95 con sus respectivos factores de escala para el análisis adimensional. Los valores constantes corresponden a la velocidad de propagación del primer modo baroclínico ( $c = 3 \text{ m/s}$ ) y a la aceleración de la gravedad ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ ).

El nivel del mar  $h(x,y,t)$  y el forzante de viento  $F(x,y,t)$  son expresados de la siguiente manera

$$h(x,y,t) = \sum_{n=0}^N r_n(x,t)R_n^h\left(\frac{y}{L}\right) \quad \wedge \quad F(x,y,t) = \sum_{n=0}^N F_n(x,t)R_n^u\left(\frac{y}{L}\right)$$

Donde  $R_n^h$  y  $R_n^u$  son los componentes del nivel del mar y de corriente zonal de las estructuras meridionales, y  $r_n(x,t)$  y  $F_n(x,t)$  son los coeficientes de proyección para la ANM y AEZ a ser calculados por el método. En el caso especial de la AEZ, solo la componente zonal es tomada en cuenta para el cálculo de los coeficientes

$$F(x,t)_j = \int_{-\infty}^{+\infty} \tau_x(x,y,t)R_n^u\left(\frac{y}{L}\right) dy$$

## COEFICIENTES DE PROYECCIÓN

Los coeficientes de proyección son valores adimensionales que cuantifican el grado de contribución de ondas ecuatoriales largas en las señales observadas, representando el comportamiento longitudinal de los campos proyectados, los cuales permiten reconstruir la

señal de entrada como una suma de amplitudes de distintos modos (Kelvin y Rossby) mediante su multiplicación con las estructuras meridionales.

## RESULTADOS

Los coeficientes de proyección para la ANM y AEZ se observan en la figura 2a,2b y 2c, 2d, respectivamente, en un diagrama longitud tiempo para el periodo 2018-2019. A lo largo de todo el periodo se observa una señal positiva de fondo persistente en las anomalías del nivel del mar la cual puede estar relacionada una variación del estado base, lo cual sugeriría un replanteamiento de la climatología. No obstante, la actividad de las ondas ecuatoriales aun resalta sobre este sesgo, lográndose distinguir la propagación de ondas de Kelvin y Rossby en las figuras 2a y 2b.

La interpretación de los coeficientes va de la mano con las estructuras meridionales, aproximadamente, como sigue: un coeficiente de 20 unidades proyectaría, en el Ecuador, una amplitud en el nivel del mar de 10 cm para Kelvin (multiplicado por 0.5 cm) y de 4 cm para Rossby modo 1 (multiplicado por 0.2 cm), y una anomalía de esfuerzo de viento zonal de  $3.2 \times 10^{-2} \text{ Nm}^{-2}$  para Kelvin (multiplicado por  $1.6 \times 10^{-3} \text{ Nm}^{-2}$ ) y  $4 \times 10^{-2} \text{ Nm}^{-2}$  para Rossby modo 1

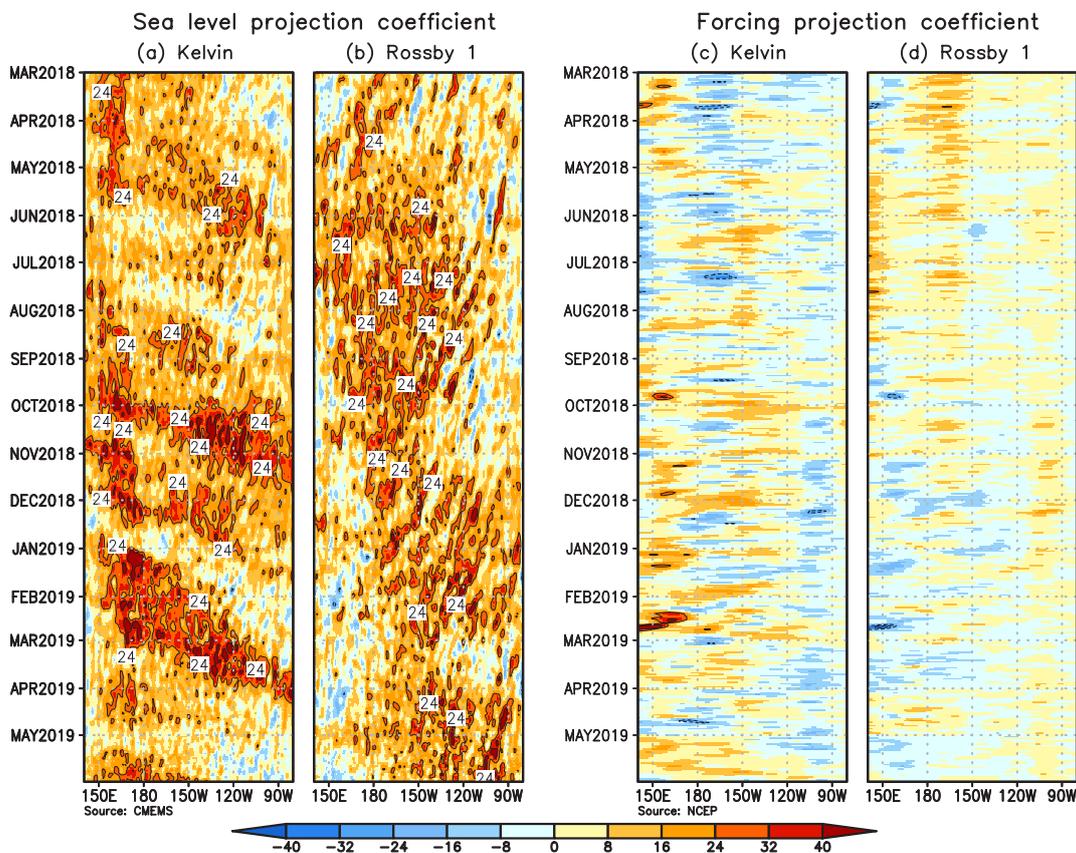


Figura 2. Diagramas longitud-tiempo de los coeficientes de proyección sobre las estructuras de Kelvin (a y c) y Rossby modo 1 (b y d) para el del nivel del mar y forzante zonal.

(multiplicado por  $-2 \times 10^{-2} Nm^{-2}$ ). Además, los coeficientes de los forzantes guardan una relación inversa casi perfecta que va acorde a la teoría lineal de ondas: un pulso de viento que fuerza una onda Kelvin cálida genera, a su vez, una onda Rossby fría.

Durante todo el periodo de estudio se observó una gran actividad de ondas Kelvin y Rossby que guardan relación, en gran parte, con los coeficientes forzantes. Las ondas Kelvin presentaron periodos de actividad intensos que concuerdan con el evento El Niño ocurrido en el Pacífico central desde octubre del 2018 hasta mayo del 2019. En el caso de las ondas Rossby, su actividad fue constante debido a la persistencia de forzantes positivos en el extremo oriental del Pacífico.

A mediados de setiembre del 2018, una serie de anomalías positivas del esfuerzo zonal a lo largo del Pacífico Ecuatorial forzaron la propagación de un tren de ondas Kelvin cálidas, evidenciado un máximo en el coeficiente del forzante Kelvin aproximadamente en  $160^{\circ}E$ . Pese a que el máximo ocurrió en el extremo occidental, las ondas generadas al oeste de  $160^{\circ}W$  verían su intensidad reducida por una onda Kelvin fría forzada por una proyección negativa de los forzantes, logrando que solo parte del tren cálido llegue a la costa de Sudamérica. De la misma forma, en enero del 2019 otro frente de ondas cálidas se formó al oeste de la línea de cambio de fecha, el cual continuó hasta inicios de marzo. De manera interesante, los forzantes en el extremo occidental solo mostraron actividad asociado a Kelvin a inicios de enero y a finales de febrero, más no en el periodo intermedio, lo cual indicaría la presencia de otro mecanismo en la generación de estas ondas. Coincidentemente, unas ondas Rossby frías generadas a mediados de enero, como respuesta de las Kelvin cálidas forzadas, arribaron durante este periodo, pudiendo haberse reflejado como ondas Kelvin cálidas.

## COMENTARIOS

El método de descomposición realizado en BM95 otorga una forma clara de segregar las señales de ondas oceánicas tanto en el nivel del mar como en el esfuerzo del viento, permitiéndonos discernir la participación de las ondas oceánicas forzadas, en sus diferentes modos meridionales, sobre los episodios de calentamiento en el océano Pacífico.

Este trabajo formará parte de las acciones constantes de monitoreo realizadas por el IGP (disponibles en su web de monitoreo Altimetría Satelital), sirviendo de insumo a futuros análisis sobre la dinámica ecuatorial.

Cabe mencionar que el análisis se hizo sobre datos de anomalía sin aplicar algún filtro a lo largo del tiempo, a diferencia de lo realizado por Cravatte et.al (2004) y Boulanger (2003) para las ondas interestacionales e interanuales, respectivamente. Ese tipo de análisis, junto

a la estimación de los coeficientes de reflexión, formarían parte de los próximos avances de investigación

## REFERENCIAS

Aparco, J., Pareja, D., Mosquera, K., 2015. Proyección de las anomalías del nivel del mar sobre las ondas oceánicas ecuatoriales largas. Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño" 2, 9–10.

Boulanger, J.-P., 2003. Reflected and locally wind-forced interannual equatorial Kelvin waves in the western Pacific Ocean. *Journal of Geophysical Research* 108. <https://doi.org/10.1029/2002JC001760>

Boulanger, J.-P., Menkes, C., 1995. Propagation and reflection of long equatorial waves in the Pacific Ocean during the 1992–1993 El Niño. *Journal of Geophysical Research* 100, 25041. <https://doi.org/10.1029/95JC02956>

Cai, W., Wang, G., Dewitte, B., Wu, L., Santoso, A., Takahashi, K., Yang, Y., Carreric, A., McPhaden, M.J., 2018. Increased variability of eastern Pacific El Niño under greenhouse warming. *Nature* 564, 201–206. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0776-9>

Cravatte, S., Boulanger, J.-P., Picaut, J., 2004. Reflection of intraseasonal equatorial Rossby waves at the western boundary of the Pacific Ocean: INTRASEASONAL EQUATORIAL ROSSBY WAVES. *Geophysical Research Letters* 31, n/a-n/a. <https://doi.org/10.1029/2004GL019679>

Mosquera, K., Pareja, D., Takahashi, K., 2014. Altimetría Satelital para el monitoreo de la onda Kelvin ecuatorial en el Océano Pacífico. Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú 1, 8–9.

Neske, S., McGregor, S., 2018. Understanding the Warm Water Volume Precursor of ENSO Events and its Interdecadal Variation. *Geophysical Research Letters* 45, 1577–1585. <https://doi.org/10.1029/2018GL078432>

Zhang, W., Li, S., Jin, F., Xie, R., Liu, C., Stuecker, M.F., Xue, A., 2019. ENSO Regime Changes Responsible for Decadal Phase Relationship Variations Between ENSO Sea Surface Temperature and Warm Water Volume. *Geophysical Research Letters* 46, 7546–7553. <https://doi.org/10.1029/2019GL082943>

# Resumen del Informe Técnico PP N° 068 / El Niño- IGP/2019-07

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

## RESUMEN

Según el Índice Costero El Niño (ICEN), basado tanto en los datos de ERSSTv3b (ICENv3), OISSTv2 (ICENOI) y ERSSTv5 (ICENv5), las condiciones climáticas frente a la costa peruana continúan Neutras para el mes de junio, con valores de -0.21, -0.33 y -0.12°C, respectivamente. Los valores temporales del ICEN (ICENtmp), de las tres fuentes de datos, para los meses de julio y agosto, coinciden en mantener las condiciones Neutras. En lo que respecta al Pacífico Central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) de la NOAA indica que en junio de 2019 se mantuvo la condición Cálida Débil (0.54°C) y, según la información de los valores temporales, se esperaría condiciones Neutras para el mes de julio.

En base a los datos de altimetría satelital la señal de la onda Kelvin fría, indicada en el informe anterior, arribó a la costa peruana a fines de julio e inicios de agosto. La onda Kelvin cálida que se originó en el mes de mayo aún se observa en 120°W aunque con una magnitud inferior a la que se presentó en el verano. Según los modelos oceánicos simples, a inicios de agosto se habría formado una onda Kelvin cálida en el extremo occidental, sin embargo, no es muy intensa. En la primera semana de agosto se desarrolló un pulso de viento del este en el Pacífico ecuatorial entre la línea de cambio de fecha y 140°W, y según los modelos numéricos se habría formado una onda Kelvin fría que arribaría a la costa americana entre setiembre y octubre.

Según el promedio de los cinco modelos numéricos climáticos de NMME, inicializados con condiciones del mes de agosto de 2019, para el Pacífico Central y Oriental, coinciden en indicar condiciones Neutras para el periodo que va de agosto a febrero de 2020.

## 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 julio 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 junio de 2019 y cuyos valores se muestran en la Tabla 1 (columnas 3 y 4), en donde el valor para el mes de junio

corresponde a una condición Neutra. 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 indican, como el ICENv3, condiciones Neutras para el mes de junio.

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. Al igual que el ICENv3 e ICENOI, el ICENv5 indica condiciones Neutras para el mes de junio.

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	Marzo	0.25	Neutra	0.26	Neutra	0.41	Cálida Débil
2019	Abril	0.38	Neutra	0.16	Neutra	0.34	Neutra
2019	Mayo	0.28	Neutra	-0.09	Neutra	0.25	Neutra
2019	Junio	-0.21	Neutra	-0.33	Neutra	-0.12	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).

Según los valores del primer y segundo ICENtmp se estima que en los meses de julio y agosto de 2019, para las tres fuentes de datos, las condiciones climáticas serían del rango Neutral. Esto se confirmará en los siguientes meses.

## 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 junio de 2019, es de 0.54 °C, correspondiente a una condición Cálida Débil<sup>1</sup>.

## DIAGNÓSTICO DEL PACÍFICO ECUATORIAL

Durante el mes de julio, según los datos observados (IR, MW, OSTIA), las anomalías de la TSM diaria en la región Niño 3.4 continuaron dentro de las condiciones cálidas débiles en las dos primeras semanas del mes; sin embargo, en las dos últimas semanas mostró condiciones neutras con anomalía de 0.2 °C en promedio. Para la región Niño 1+2, la ATSM mostró anomalías negativas con valores entre 0° a -1°C, sin embargo, en promedio, se mantuvieron en condiciones neutras.

Según la información de las boyas instaladas a lo largo del Pacífico Ecuatorial del proyecto TAO, el promedio mensual de las anomalías del viento zonal en el Pacífico ecuatorial continúan mostrando un dipolo de anomalías positivas y negativas al oeste y este de 160°W. La profundidad de la termoclina al oeste (este) de 120°W se muestra menos (más) profunda de lo normal. En lo que respecta a la ATSM, aún se observan valores positivos con un núcleo, en mayor intensidad que el mes anterior, localizado entre la línea de cambio de fecha y los 165°W.

Durante el mes de julio, según la información de TAO, se desarrolló un pulso de viento del oeste al oeste de 150°E y desde inicios de agosto se viene desarrollando un pulso del este entre la línea de cambio de fecha y 140°W. Este pulso de viento del este también se observa en el producto WindSAT y en el reanalysis de NCEP.

<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).

A pesar que la profundidad de la termoclina al oeste (este) de 130°W se muestra más (menos) profunda de lo normal, la inclinación de la termoclina y el contenido de calor en la región ecuatorial se encuentran dentro de los rangos normales. Esto también se puede observar en la boya ubicada en la región oriental.

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).

La información *in situ* y remota, y los resultados de los modelos numéricos (Figura 1) indican que aún se tiene la señal de la onda Kelvin fría frente a las costas americanas. Asimismo, aún se observa la señal de la onda Kelvin cálida en 120°W aunque con una magnitud inferior a la observada en el verano pasado.

## ONDAS KELVIN A LO LARGO DE LA COSTA PERUANA

Según la información de DUACS (basado en altimetría satelital), en las dos primeras semanas de julio se observaron anomalías positivas débiles a lo largo de la costa peruana. Por otro lado, en los últimos días del mes julio e inicios de agosto se observaron anomalías negativas, las cuales deben ser producto del paso de la onda Kelvin fría. Según la información del flotador ARGO (No. 3901231), el cual se localizó durante julio e inicios de agosto entre 84.5 – 84°W y 3-5°S (frente a la costa norte del Perú pero más allá de las 200 millas náuticas), las anomalías negativas se observan por encima de los 100 metros, mientras que por debajo se observa condiciones neutras hasta los 200 metros (Figura 2).

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

La onda Kelvin cálida débil arribaría, según los modelos numéricos y las proyecciones teóricas, a fines de agosto e inicios de setiembre.

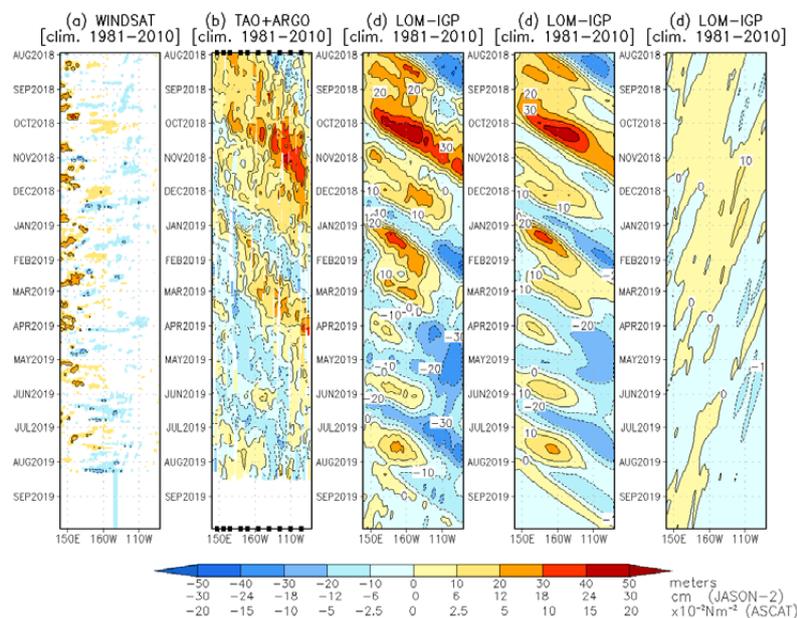


Figura 1. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de WINDSAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO y los derivados de ARGO (b), diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) y finalmente diagrama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

Se espera que el pulso del viento del este, desarrollado durante las dos primeras semanas de agosto se proyecte en una onda Kelvin fría que debe arribar en setiembre. (Ver Figura 1).

## PRONÓSTICO ESTACIONAL CON MODELOS CLIMÁTICOS

Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), según los 4 modelos climáticos de NMME (CFSv2, GFDL\_CMC2.1, GFDL\_CM2p1-FLOR-A06 y GFDL\_CM2p5-FLOR-B01) con condiciones iniciales del mes de agosto de 2019, indica en promedio condiciones Neutras entre los meses de agosto y febrero de 2020. (Fig. 3).

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), según los 5 modelos de NMME (CFSv2, GFDL\_CMC2.1, GFDL\_FLOR, NASA\_GEOSv2, y NCAR\_CCM4) inicializados con información del mes de agosto, el promedio de los modelos indica condiciones Neutras de agosto a febrero de 2020.

## CONCLUSIONES

1. El ICEN (SSTOI) para junio de 2019 fue de -0.33 (Neutro), los ICENtmp para julio y agosto son -0.50 y -0.41, respectivamente, siendo ambas condiciones Neutras. Usando ERSSTv3 mensual para el cálculo (ICEN), los valores correspondientes son -0.21 (Neutro), y los temporales para julio y agosto son Neutro, -0.54 y -0.51 respectivamente. El ICEN calculado con la versión 5 de ERSST para junio es -0.12 (Neutro) y los temporales también se encuentran en el rango de Neutro para los meses de julio y agosto, -0.44 y -0.42 respectivamente.
2. En el Pacífico central, el ONI de junio (MJJ) es 0.54 y corresponde a condiciones Cálida Débil y el estimado para julio y agosto 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 alrededor a su climatología.
4. Según la información de TAO en la franja ecuatorial, en el mes julio, se mantienen los vientos del este (oeste) al este

(oeste) de 160°W. Los vientos del oeste se han observado muy intensos, esto debido a la presencia de pulsos de viento en dicha región. La profundidad de la termoclina al oeste (este) de 120°W se muestra menos (más) profunda de lo normal. Las anomalías de la TSM se mantienen positivas en la mayor parte de la franja ecuatorial, y el máximo valor observado se localiza en la zona Central, entre 180° a 160°W.

5. Según la información de los flotadores ARGO en la franja ecuatorial en la zona oriental desde el mes de agosto se observan anomalías negativas desde la superficie hasta aproximadamente los 120 metros de profundidad.
6. La señal de la onda Kelvin fría, indicada en el comunicado anterior, arribó a la costa peruana a fines de julio e inicios de agosto según la información de altimetría satelital (DUACS).
7. Según los modelos oceánicos simples, a inicios de agosto se habría formado una onda Kelvin cálida en el extremo occidental aunque no es muy intensa.
8. Se espera que la onda Kelvin cálida, en la actualidad débil y localizada en 120°W, arribe a la costa peruana a fines de agosto e inicios de setiembre sin un impacto en la TSM aunque sí en el nivel del mar.
9. Se espera que el pulso de viento del este, desarrollado durante las dos primeras semanas de agosto, se proyecte en una onda Kelvin fría que debe arribar en setiembre.
10. Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), los modelos de NMME con condiciones iniciales de agosto en promedio indican condiciones NEUTRAS entre los meses de agosto y febrero de 2020. Los modelos CMC1 y CMC2 (Origen Canadá, ya no son parte de NMME)
11. Para el Pacífico central (Región Niño 3.4), el promedio de los modelos de NMME indica condiciones Neutras entre los meses de agosto a febrero 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

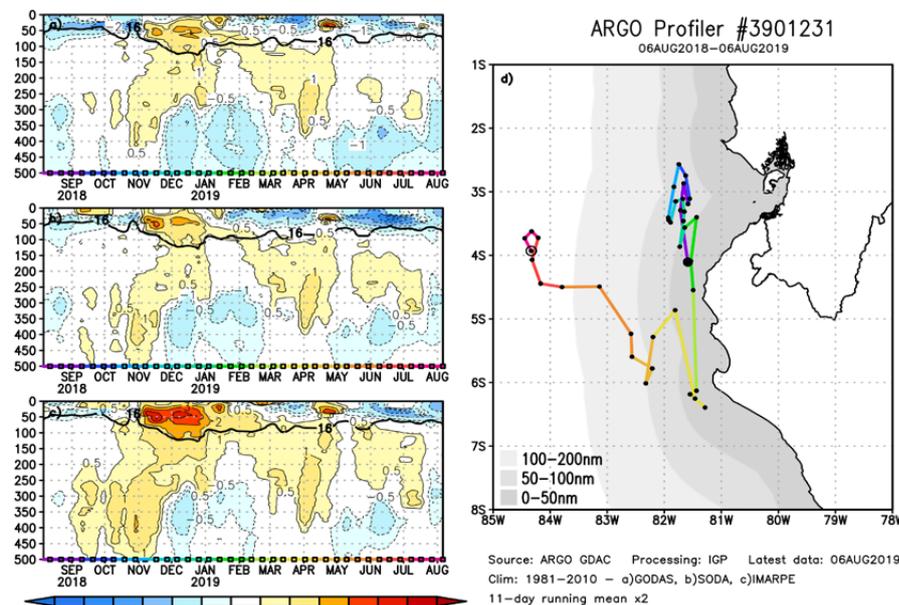
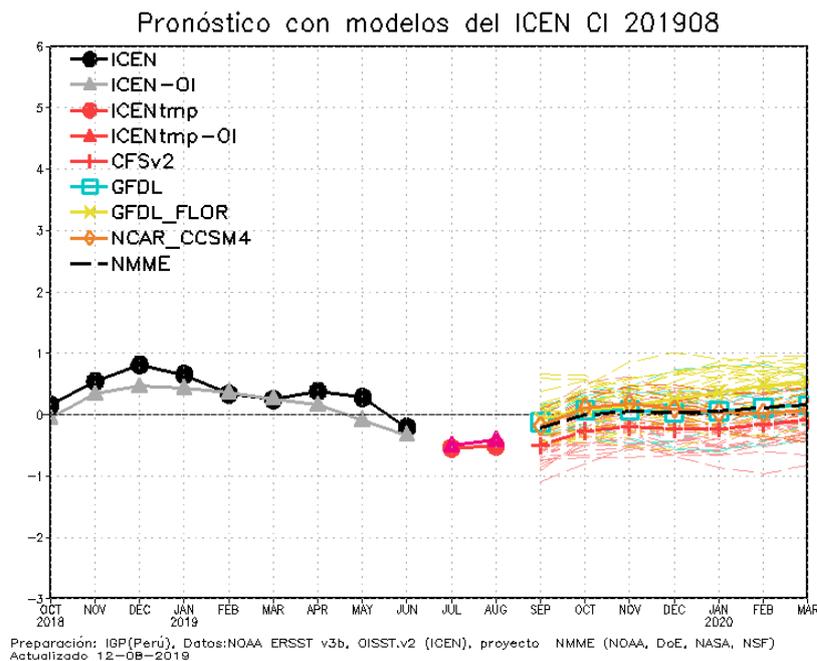


Figura 2. A la izquierda se aprecia la anomalía de la temperatura del mar hasta los 500 metros de profundidad calculada de los datos del flotador ARGO No. 3901231. Esta anomalía se calcula en base a la climatología (1981-2010) de: (a) GODAS, (b) SODA e (c) IMARPE. A la derecha se aprecia la trayectoria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



**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, GFDL, GFDL\_FLOR\_A06 y GFDL\_FLOR\_B01 tienen como condición inicial el mes de agosto de 2019. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME).

pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño”, Instituto Geofísico del Perú, Mayo, 1, 5.

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

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

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

ENFEN 2015: Pronóstico probabilístico de la magnitud de El Niño costero en el verano 2015-2016. Nota Técnica ENFEN 02-2015.

Huang, B., Thorne, P.W, Banzon, V. F., Boyer, T., Chepurin, G., Lawrimore, J. H., Menne, M. J., Smith, T. M., Vose, R. S., Zhang, H.-M., 2017: Extended Reconstructed Sea Surface Temperature version 5 (ERSSTv5): Upgrades, validations, and intercomparisons, J. Climate, doi: 10.1175/JCLI-D-16-0836.1

Kug, J.-S., Jin, F.-F., An, S.-I., 2009: Two types of El Niño events: Cold tongue El Niño and warm pool El Niño. J. Climate 22, 6, 1499–1515, doi:10.1175/2008JCLI2624.1.

Lavado-Casimiro, W., Espinoza, J. C., 2014: Impactos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú (1965-2007), Revista Brasileira de Meteorología, 29 (2), 171-182.

Meehl G, Hu A, Teng H, 2016: Initialized decadal prediction for transition to positive phase of the Interdecadal Pacific Oscillation. Nature Communications, doi: 10.1038/ncomms11718

Morera, S. B., Condom, T., Crave, A., Steer, P., and Guyot, J. L., 2017: The impact of extreme El Niño events on modern sediment transport along the western Peruvian Andes (1968-2012). Scientific Reports, v. 7, No. 1, p. 11947 DOI:10.1038/s41598-017-12220-x.

Mosquera, K., 2009: Variabilidad Intra-estacional de la Onda de Kelvin Ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación Numérica y datos observados. Tesis para obtener el grado de Magister en Física - Mención Geofísica en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Mosquera, K., B. Dewitte y P. Lagos, 2010: Variabilidad Intra-estacional de la onda de Kelvin ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): simulación numérica y datos observados. Magistri et Doctores, Revista de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Año 5, No9, julio-diciembre de 2010, p. 55.

Mosquera, K., 2014: Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico, Boletín Técnico “Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño”, Instituto Geofísico del Perú, Enero, 1, 1, 4-7

Reupo, 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° 11-2019  
**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 hasta fin de año.

Se espera la llegada de una onda Kelvin fría entre setiembre y octubre que podría disminuir ligeramente la temperatura del mar y aire en la costa peruana. Para el próximo verano, en el Pacífico central (región Niño 3.4) son más probables las condiciones Neutras (62%), seguidas de condiciones El Niño débil (18%); en tanto que, para el Pacífico oriental (región Niño 1+2, que incluye la costa peruana) son más probables las condiciones Neutras (64%), seguidas de condiciones La Niña débil (21 las temperaturas diurnas %).

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 prevención 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 agosto de 2019, así como sus perspectivas.

En el Pacífico ecuatorial, la anomalía de la temperatura superficial del mar (TSM) continuó disminuyendo hasta valores cercanos a su climatología, aunque en la región oriental (al este de 120°W) alcanzaron valores negativos. En la región Niño 3.4, la anomalía de la TSM, respecto a junio, disminuyó de 0,6°C a 0,4°C y en la región Niño 1+2 (que incluye la costa norte de Perú) de -0,2°C a -0,3°C.

El Índice Costero El Niño (ICEN) para junio y el ICEN temporal (ICEN-tmp) para el mes de julio, indican que las condiciones neutras persisten en la costa peruana.

En la parte atmosférica en el Pacífico ecuatorial, la convección tropical continuó suprimida tanto a lo largo de la línea ecuatorial como en Indonesia, predominando durante agosto anomalías de vientos zonales del este y oeste para niveles bajos y altos de la atmósfera, respectivamente. Asimismo, se evidenció el debilitamiento de la actividad de ondas ecuatoriales atmosféricas. Estas características junto con las oceánicas reflejan un estado neutral de la región.

Según los datos satelitales, in situ y de los modelos oceánicos, aún se observa la presencia de ondas Kelvin oceánicas en el Pacífico ecuatorial. Desde julio a agosto se ha observado el arribo de ondas Kelvin a la costa americana: una cálida a inicios del mes de julio y otra fría a fines de julio e inicios de agosto. Aún está presente una onda Kelvin cálida en 120°W

acercándose al continente americano aunque, hasta la fecha, no es muy intensa. Por otro lado, se ha desarrollado un pulso intenso de viento del este en el Pacífico central que, según las simulaciones preliminares de los modelos numéricos, habría formado una onda Kelvin fría.

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se mantuvo, en promedio, anómalamente intenso al noreste de su posición habitual. Se observó una mayor proyección del APS sobre la costa oeste de Sudamérica que, sumado con las anomalías atmosféricas del trópico, ha sido favorable en el incremento sostenido de los vientos alisios en la región (fuera de las 100 millas) y, episódicamente, a lo largo de la costa peruana, principalmente en la región norte. Asimismo, de acuerdo a la información observacional, el viento costero (dentro de las 50 millas) y el afloramiento mostraron una intensificación por encima de lo normal, en particular frente a la costa norte y sur.

Las temperaturas extremas del aire en la costa peruana, en promedio, durante el mes de julio, continuaron mostrando una tendencia hacia la normalización. Sin embargo, en agosto, las temperaturas extremas del aire presentaron anomalías negativas, con excepción de las temperaturas diurnas para algunos puntos de la región norte donde persistieron con anomalías positivas.

En el norte, a 230 millas de Paita, desde la segunda quincena de julio hasta lo que va de agosto se viene manifestando condiciones frías hasta 100 m de profundidad, con

<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.

características de aguas de mezcla; asociado el efecto de la Onda Kelvin fría y la intensificación del viento.

Dentro de las 100 millas de la costa, durante julio y frente a Paita, se observó condiciones de normales a frías con anomalías de hasta  $-1^{\circ}\text{C}$ , exceptuando un núcleo cálido ( $+2^{\circ}\text{C}$ ) alrededor de las 60 millas; frente a Chicama, se presentaron anomalías positivas mayores a  $+1^{\circ}\text{C}$  por fuera de las 60 millas y sobre los 75 m relacionadas con la aproximación de aguas oceánicas a la costa, pero a nivel sub-superficial se detectó una elevación significativa de la isoterma de  $15^{\circ}\text{C}$  y de la oxiclina debido a activos procesos de afloramiento dentro de las 30 millas.

A 10 millas de la costa, en la primera semana de agosto, la columna de agua hasta los 100 m registró una condición neutra a excepción de un pequeño núcleo frío sobre los 10 m de profundidad, en cambio frente a Chicama y Callao se registró condiciones frías principalmente sobre los 40 m de profundidad. Respecto a la salinidad, estas indicaron aguas de mezcla al norte de Chicama y aguas propias del afloramiento en Callao, Atico e Ilo.

En las dos primeras semanas de julio se observaron ligeros incrementos de la anomalía de la TSM y del nivel del mar en la zona norte y centro, asociados al paso de una onda Kelvin cálida. Por otro lado, el paso de la onda Kelvin fría a partir de la segunda quincena de julio, sumado a la intensificación de los vientos, provocó la disminución de la TSM y del nivel del mar hasta valores por debajo de sus promedios frente a la costa centro y sur.

La concentración de la clorofila-a (indicador de la producción del fitoplancton) en la capa superficial presentó un comportamiento acorde al patrón histórico para el invierno. Resaltando núcleos con relativos valores altos ( $> 3 \text{ mg.m}^{-3}$ ) frente a San Juan y Atico.

En la región norte-centro, la anchoveta continuó presentando una distribución dentro de las 30 millas de la costa, desde el sur de Paita a Huarmey. Los indicadores reproductivos muestran el inicio de los procesos de maduración y desove gonadal, de acuerdo al patrón histórico. Las especies transzonales como el jurel y caballa se presentaron entre Chicama y Pisco, fuera de las 20 millas.

Los caudales de los principales ríos de las regiones hidrográficas del Pacífico, Amazonas y Titicaca presentaron un comportamiento descendente, propio del periodo de estiaje. Las reservas hídricas de los principales embalses de la costa norte y sur se encuentran, en promedio, al 93% y 63% de su capacidad de almacenamiento, respectivamente.

En las regiones de Lambayeque y Ancash, las temperaturas del aire vienen favoreciendo el incremento de floración del mango Kent y Criollo, respectivamente; mientras que en la zona de Piura se observó la caída anormal de flores y frutos del mango Edward debido a la persistencia del frío. En la costa sur se evidenció un retraso en la inducción floral del olivo, mientras que, en la costa norte las temperaturas diurnas vienen favoreciendo la fase de macollaje del cultivo de arroz.

## PERSPECTIVAS

El pronóstico de los modelos climáticos internacionales para el Pacífico ecuatorial central (región Niño 3.4) y para la región Niño 1+2 (el cual incluye la costa peruana, tal como se observa en la Figura 1) indica condiciones neutras desde agosto de 2019 hasta febrero 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 hasta fin de año se mantengan, en promedio, las condiciones neutras. Sin embargo, debido a la presencia de ondas Kelvin frías en el Pacífico ecuatorial se podrían dar periodos cortos con temperatura del mar por debajo de lo normal frente a la costa peruana entre setiembre y octubre.

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 (62%), seguidas de condiciones El Niño débil (18%); en tanto que, para el Pacífico oriental (Niño 1+2, que incluye la costa norte del Perú) son más probables las condiciones Neutras (64%), seguidas de condiciones La Niña débil (21%).

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 prevención 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 13 de setiembre de 2019.

Callao, 15 de agosto de 2019

**Tabla 1.** Probabilidades estimadas de las magnitudes de El Niño – La Niña en el Pacífico central en el verano diciembre 2019 – marzo 2020.

Magnitud del evento diciembre 2019 – marzo 2020	Probabilidad de Ocurrencia
El Niño fuerte – Muy fuerte – moderado	2%
El Niño débil	18%
Neutro	62%
La Niña débil	17%
La Niña moderada – fuerte	1%

**Tabla 2.** Probabilidades estimadas de las magnitudes de El Niño – La Niña en el Pacífico oriental (que incluye la costa norte del Perú) en el verano diciembre 2019 – marzo 2020.

Magnitud del evento diciembre 2019 – marzo 2020	Probabilidad de ocurrencia
El Niño extraordinario - fuerte – moderado	1%
El Niño débil	13%
Neutro	64%
La Niña débil	21%
La Niña moderada – fuerte	1%



**IMARPE**  
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ



**IGP**  
INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ



**Senamhi**  
SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ



**DIHIDRONAV**  
DIRECCIÓN DE HIDROGRAFÍA Y NAVEGACIÓN MARINA DE GUERRA DEL PERÚ



**INDECI**  
INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL



**ANA**  
Autoridad Nacional del Agua



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



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**