

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

## “Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño”

Boletín Técnico

### El Niño, vientos de bajo nivel y predicción de rayos en el norte de Sudamérica



Relámpagos del Catatumbo en el pueblo palafítico Congo Mirador

# Contenido

**2 - 3** Introducción

**4 - 7** Artículo de Divulgación Científica

**8 - 9** Avances Científicos

**10 - 13** Resumen Informe Técnico

**14 - 15** Comunicado Oficial ENFEN

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”.

**Elsa Galarza**

Ministra del Ambiente

**Hernando Tavera**

Presidente Ejecutivo IGP

**Edmundo Norabuena**

Director Científico IGP

**Jhan Carlo Espinoza**

Director de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera

**Daniel Flores**

Director de Geofísica y Sociedad

**Kobi Mosquera**

Responsable de la elaboración del Boletín El Niño - IGP

Equipo científico: Kobi Mosquera, Jorge Reupo, Berlín Segura, Andreé Galdos

Edición: Katherine Morón

Diseño y Diagramación: Dante Guerra E.

Carátula: Parra y Juárez, 2017

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

Impreso por:  
INVERSIONES IAKOB S.A.C.  
Telf. (051-1) 2963911  
Dirección: Av. Iquitos 1481 – La Victoria

Lima, Diciembre de 2017

Hecho el Depósito Legal en la  
Biblioteca Nacional del Perú N° 2014-02860

# Introducción

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

El Instituto Geofísico del Perú (IGP) viene participando en el Programa Presupuestal por Resultados 068: “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”. A partir del año 2014, algunas de las instituciones integrantes 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 océano-atmosférico, mediante informes técnicos mensuales, que permitan la toma de decisiones a autoridades a nivel nacional y regional.

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

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

Los resultados de esta actividad están disponibles en:  
<http://intranet.igp.gob.pe/productonino/>



# IGP



# ENFEN

El Instituto Geofísico del Perú es una institución pública al servicio del país, adscrito al Ministerio del Ambiente, que genera, utiliza y transfiere conocimientos e información científica y tecnológica en el campo de la geofísica y ciencias afines, forma parte de la comunidad científica internacional y contribuye a la gestión del ambiente geofísico con énfasis en la prevención y mitigación de desastres naturales y de origen antrópico. En el marco 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.

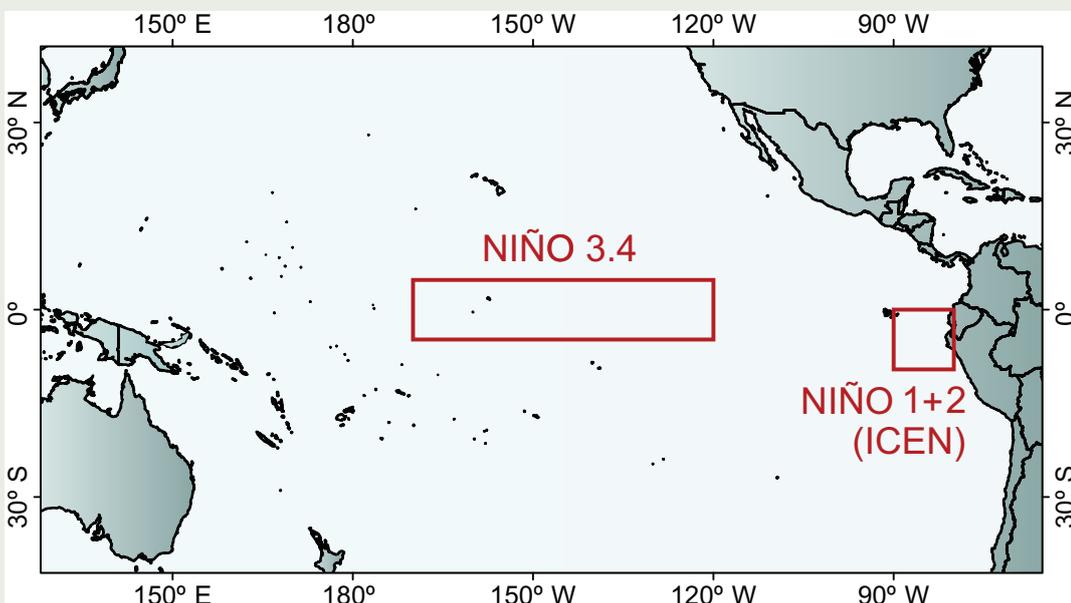
La Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), conformada por representantes de IMARPE, DHN, IGP, SENAMHI, ANA, INDECI y CENEPRED, es el ente que genera la información oficial de monitoreo y pronóstico del Fenómeno El Niño y otros asociados.

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 Amazonia peruana.

# Artículo de Divulgación Científica

## El Niño, vientos de bajo nivel y predicción de rayos en el norte de Sudamérica

### ¿Qué son los Relámpagos del Catatumbo?

Los Relámpagos del Catatumbo son un conjunto de tormentas eléctricas que ocurren en promedio unas 260 noches al año en toda la Cuenca del Lago de Maracaibo (Figura 1), pero especialmente al suroeste del Lago (Muñoz y Díaz-Lobatón, 2011; Muñoz et al., 2016). Se forman por una interacción entre agentes locales, regionales y globales, que se ponen de acuerdo para hacer que este fenómeno suceda en el sitio y en los tiempos en que ocurre.

Varios estudios (Albrecht et al., 2009; Muñoz y Díaz-Lobatón, 2011; Bürgesser et al., 2012) indican que el “epicentro” más importante en términos de descargas está cerca de la desembocadura del río Catatumbo en el Lago de Maracaibo (Figura 1). Un segundo epicentro, con menor actividad que el primero, se ubica cerca de la frontera colombo-venezolana (aproximadamente en coordenadas 9° Norte y 73° Oeste, ver Figura 1).

La mayoría de las descargas tienden a ocurrir dentro de las nubes, pero también hay rayos que caen a tierra (o que suben de la tierra a las nubes). El máximo diario de actividad de los Relámpagos tiende a ocurrir entre las 6:00 pm y 4:00 am (Tiempo Local Solar) de cada día (Albrecht et al., 2009; Bürgesser et al., 2012). El epicentro de mayor actividad (cerca de la boca del Río Catatumbo, Figura 1) es más activo entre las 00:00 y las 4:00, mientras que el segundo tiende a iniciar y terminar un poco antes, entre las 20:00 y las 2:00 del día siguiente.

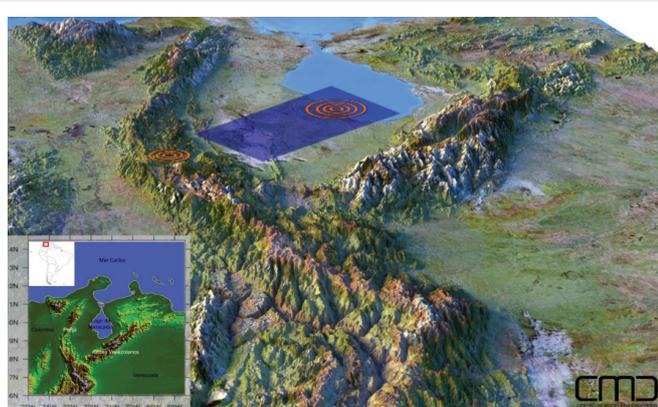


Figura 1. Cuenca del Lago de Maracaibo. La región del Catatumbo se ha resaltado en color púrpura, y los epicentros en naranja. Las alturas medias de las cordilleras oscilan entre 1.500 y 3.700 metros sobre el nivel del mar. Créditos: Centro de Modelado Científico (CMC) de Universidad del Zulia



**Lic. Marling Juárez**  
Coordinadora del Eje de Geociencia en CMC

Licenciada en Ciencias Físicas en Universidad del Zulia, Venezuela. Actualmente cursa una maestría en Física en temas relacionados con cambio y variabilidad climáticos. Se desempeña en el Centro de Modelado Científico de la mencionada universidad como coordinadora del Eje de Geociencias, y es investigadora líder del Sistema Integrado de Vigilancia y Pronóstico de la Cuenca del Lago de Maracaibo.

#### Xandre Chourio

Centro de Modelado Científico CMC.  
Universidad del Zulia. Maracaibo,  
Venezuela.

#### David Sierra-Porta

Centro de Modelado Científico CMC.  
Universidad del Zulia. Maracaibo,  
Venezuela.

#### Joaquín Díaz-Lobatón

Centro de Modelado Científico CMC.  
Universidad del Zulia. Maracaibo,  
Venezuela.

Universidad industrial de Santander.  
Grupo de investigación en relatividad y  
gravitación. Bucaramanga, Colombia

#### Ángel G. Muñoz

Atmospheric and Oceanic Sciences  
(AOS) Program. Princeton University.  
Princeton, New Jersey. USA.

#### Gabriel A. Vecchi

Geosciences Department. Princeton  
University. Princeton, New Jersey.  
USA.

International Research Institute for  
Climate and Society (IRI), The Earth  
Institute, Columbia University, NY, USA.

Atmospheric and Oceanic Sciences  
(AOS) Program. Princeton University.  
Princeton, New Jersey. USA.

Los Relámpagos del Catatumbo tienden a verse muy poco o incluso a desaparecer en enero, y se aprecian más durante los máximos de lluvia. Este comportamiento responde a la variabilidad característica de la actividad tormentosa en el noroeste de Sudamérica, y no es algo aislado de la Cuenca del Lago de Maracaibo. Enero y febrero son de hecho los meses con la mínima densidad de descargas en el norte de Sudamérica. Cierta actividad por encima de la normal empieza a aparecer en abril-mayo en Colombia en un corredor entre los 5° y 9° Norte, alrededor de los 75° Oeste. Esta anomalía se va fortaleciendo paulatinamente en los meses siguientes, y comienza a migrar hacia el este a latitudes entre los 7° y 10° Norte, alcanzando el máximo de actividad en la Cuenca del Lago de Maracaibo entre julio y octubre. En los meses siguientes la densidad de descargas disminuye rápidamente en la Cuenca y el noroeste de Sudamérica, para alcanzar de nuevo valores mínimos a principios del año siguiente. Una animación de la evolución temporal recién descrita se encuentra disponible para todo el público en el portal <http://cmc.org.ve/Catatumbo>.

# El Niño, vientos de bajo nivel y predicción de Rayos en el Norte de Sudamérica

Juárez, M.

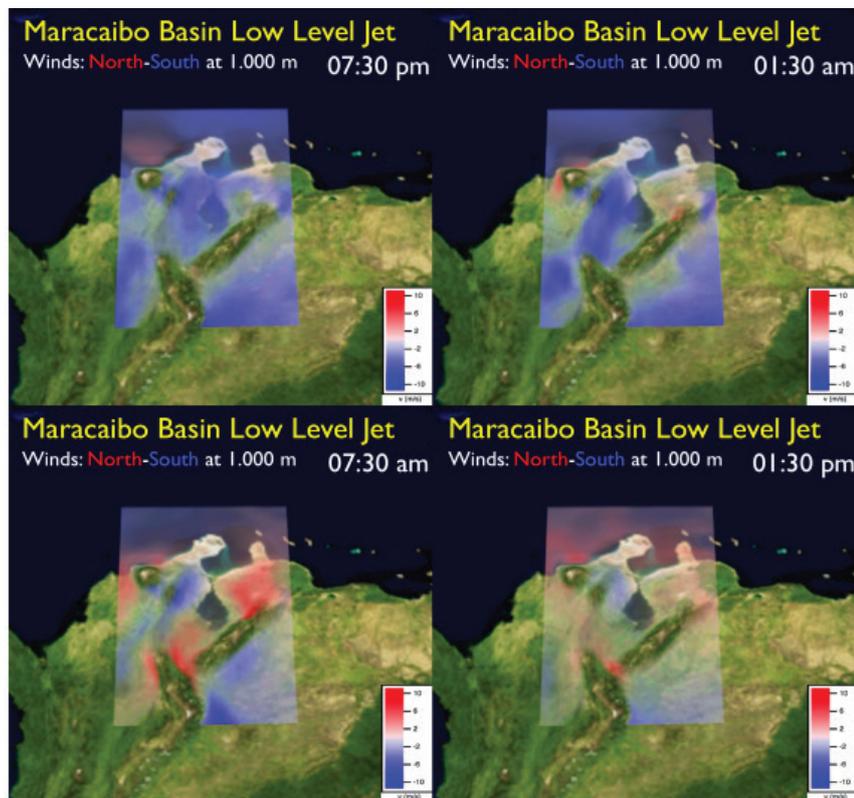


Figura 2: Simulación computacional del Jet Nocturno de Bajo Nivel de la Cuenca del Lago de Maracaibo, usando un modelo de 4 km de resolución, mostrando la componente meridional (norte-sur) de los vientos a aproximadamente 1 km de altura sobre el nivel del suelo. Cada panel muestra la configuración del jet de vientos a una hora distinta del día. Colores rojizos indican vientos hacia el norte, mientras que azules indican vientos soplando al sur. Créditos: Centro de Modelado Científico (CMC) de Universidad del Zulia

## El Niño-Oscilación del Sur, vientos de bajo nivel y otros agentes climáticos

La densidad de descargas eléctricas varía también de un año a otro, dependiendo de distintos factores, uno de ellos es El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), que modula la actividad tormentosa en los trópicos del planeta –y por ende en la Cuenca del Lago de Maracaibo también– a escalas de tiempo típicas de entre 2 y 7 años. Por ejemplo, ENOS fue muy probablemente el causante principal de que los Relámpagos del Catatumbo desaparecieran entre finales de 2009 y principios de 2010.

Por su ubicación geográfica, la disponibilidad de humedad en la Cuenca del Lago de Maracaibo no depende únicamente del lago mismo, sino también del Mar Caribe, y éste a su vez de la interacción entre las cuencas oceánicas del Atlántico y el Pacífico. ENOS tiene un rol importante en el estímulo o inhibición de la actividad convectiva (lluvias y descargas eléctricas) sobre todo el Noroeste de Sudamérica: años El Niño tienden a tener mayor estabilidad atmosférica en el Trópico, y los patrones de circulación de vientos, que transportan humedad de un sitio a otro del planeta, son tales que hay menor disponibilidad de vapor de agua para convección en la Cuenca (precipitaciones bajo la normal); lo contrario tiende a ocurrir en años La Niña. Este escenario se ve exacerbado cuando las

anomalías de temperaturas tienen signos distintos entre el Atlántico y el Pacífico: por ejemplo, años en los que se presenta un evento El Niño (anomalías cálidas en el Océano Pacífico Tropical) con anomalías frías en el Atlántico Tropical tienden a mostrar actividad convectiva extrema (por ejemplo, precipitaciones mucho menores a la normal).

Distintas regiones del Pacífico, Atlántico y del Mar Caribe tienen un peso específico importante en la variabilidad de rayos en el norte de Sudamérica, y estas señales cambian a lo largo del año. La escala global modula entonces no sólo la variabilidad de descargas eléctricas a lo largo de los años (por ejemplo, con la ocurrencia de eventos ENOS), sino también a lo largo de los meses en un año típico.

Un aspecto importante es que los agentes climáticos de gran escala se traducen regionalmente en cambios en patrones de circulación atmosférica que controlan la ocurrencia de rayos en la zona de interés. Es posible usar entonces directamente variables físicas más regionales para describir (y pronosticar) la ocurrencia de rayos. En particular, se ha mostrado (Muñoz et al., 2016) que el “transporte meridional de energía potencial disponible para convección”, que no es más que una representación de qué tanto los vientos norte-sur contribuyen a generar condiciones idóneas para generar rayos y lluvias, es muy bueno

para esta tarea. Al analizar esta variable a escala regional encontramos patrones dominantes (grupos de agentes climáticos que rigen el comportamiento de la densidad de rayos) como el Jet de Bajo Nivel del Caribe, una corriente de vientos de baja altura que modula la actividad convectiva en la Cuenca del Lago de Maracaibo y que está enlazada a su vez con agentes climáticos de escala global. En última instancia, los efectos conjuntos de los distintos agentes pueden apreciarse en términos del control de humedad, intensidad de vientos y condiciones idóneas para la generación de tormentas, que explican por qué la densidad de descargas electro-atmosféricas varía a lo largo del año de la manera observada.

Los agentes climáticos globales y regionales pueden ofrecer condiciones de fondo adecuadas o no para la generación de tormentas eléctricas, pero esto aún no explica el ciclo diurno mencionado anteriormente. Éste está relacionado con el Jet Nocturno de Bajo Nivel del Lago de Maracaibo (Figura 2). Se trata de una corriente en chorro parecida al Jet de Bajo Nivel del Caribe, pero que controla a escala diaria la dinámica atmosférica de la Cuenca del Lago de Maracaibo. Como en el caso global y regional, este agente de meso-escala interactúa también con los demás: durante los meses secos, cuando el Jet de Bajo Nivel del Caribe está intensificado y ubicado más cerca de las costas de Panamá, ambas corrientes en chorro se encuentran desacopladas; sin embargo, en los meses de junio a agosto (y especialmente julio, en el que el Jet del Caribe se vuelve a intensificar), hay una interacción importante entre ambas corrientes de viento.

El Jet Nocturno de Bajo Nivel de la Cuenca del Lago de Maracaibo, a pesar de su nombre, posee un ciclo de vida que está presente durante todo el día (Figura 2). Sus orígenes tienen que ver con varios factores, siendo uno de los principales las diferencias de temperatura a lo largo del día entre el Mar Caribe, la Cuenca y las montañas circundantes. Los vientos dirigidos hacia el Suroeste, provenientes del Golfo de Venezuela y el Mar Caribe, comienzan a incrementar su velocidad alrededor del mediodía, haciéndose máximos entre las 5:00 pm y 6:00 pm. Luego de la puesta del sol, la corriente en chorro dirigida al sur disminuye su velocidad media, desapareciendo alrededor de las 4:00 am, cuando los vientos fríos que bajan de las montañas hacia el lago tienden a ser máximos. La corriente en chorro comienza a fortalecerse de nuevo luego del mediodía, y el ciclo comienza de nuevo (Figura 2).

### Sistema de Vigilancia y Pronóstico de Rayos

Desde 1998 el Centro de Modelado Científico (CMC) ha venido realizando estudios sobre descargas eléctricas en la Cuenca del Lago de Maracaibo y el norte de Sudamérica. La comprensión de los mecanismos físicos que controlan la variabilidad de rayos se logró gracias a múltiples expediciones a la zona para el lanzamiento de globos cautivos (globos anclados al suelo; Figura 3) hasta el interior de las nubes, portando sensores meteorológicos atados a la línea para poder medir simultáneamente a distintas alturas (Muñoz et al., 2015); análisis de datos climáticos usando distintas fuentes; manejo de



Figura 3. Lanzamiento en Catatumbo de globos cautivos de neopreno con sensores meteorológicos iCaro, diseñados y manufacturados por el Centro de Modelado Científico de Universidad del Zulia. Crédito: Hernán Parra – CMC

# El Niño, vientos de bajo nivel y predicción de Rayos en el Norte de Sudamérica

Juárez, M.

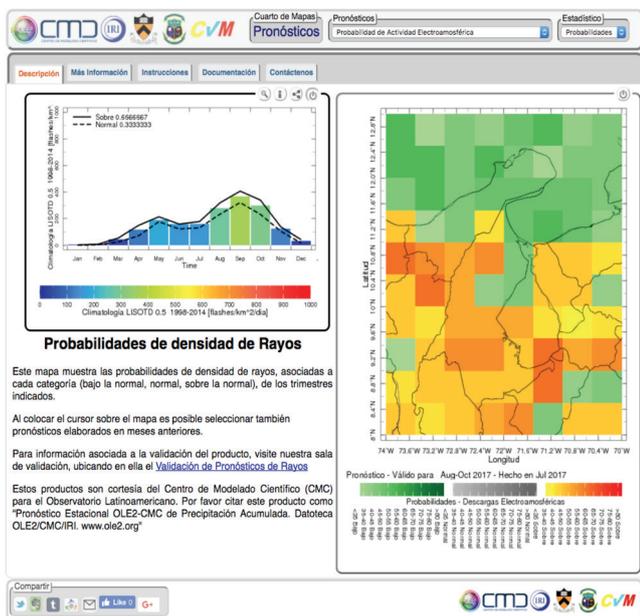


Figura 4: Un ejemplo del producto de pronóstico probabilístico de rayos en la Cuenca del Lago de Maracaibo. La gráfica de barras a la izquierda muestra cuál es la normal de actividad de rayos cada mes del año (1998-2014), la línea sólida indica el valor mensual que define "sobre la normal", y la punteada define "bajo la normal". Esto provee el contexto necesario para poder usar el mapa de la derecha; colores rojizos indican probabilidades de menos rayos de lo normal, mientras que los tonos verdes indican probabilidades de más rayos sobre la normal.

observaciones de rayos tanto satelitales y como de detectores en superficie en Maracaibo; y el uso de modelos teóricos y simulaciones computacionales de muy alta resolución (Muñoz et al., 2016).

Estos estudios, llamados en conjunto *Catatumbo Experiments* (CatEx), y el trabajo conjunto de múltiples instituciones dentro y fuera de Venezuela, como el Centro Virtual de Meteorología, el Servicio Meteorológico de la Aviación Bolivariana de Venezuela, y las universidades de Princeton y Columbia, han permitido la constitución del Sistema Integrado de Vigilancia y Pronóstico para la Cuenca del Lago de Maracaibo (SIVIGILA), cuyos productos han estado ayudando a tomadores de decisión locales y regionales desde el 1 de junio del 2015.

SIVIGILA ofrece una variedad de servicios climáticos asociados con rayos y precipitaciones en la Cuenca, disponibles para el usuario por medio de Salas de Mapas en la *Datoteca* (Chourio, 2016) ([http://datoteca.ole2.org/maproom/Sala\\_de\\_Sivigila/](http://datoteca.ole2.org/maproom/Sala_de_Sivigila/)) la cual es una versión local de la Data Library del International Research Institute for Climate and Society (IRI) de Columbia University. En la sección "Contexto Histórico" se provee al tomador de decisiones mapas que indican el comportamiento típico de variables de interés, así como información sobre la densidad de población que puede ser afectada por eventos adversos. En

la sección "Vigilancia" se presentan productos en tiempo cuasi-real sobre el comportamiento reciente de precipitaciones, reflectividad proveniente de un radar Döppler del servicio meteorológico nacional venezolano, y de detectores de rayos ubicados en las instalaciones del CMC en Universidad del Zulia. En la sección "Pronósticos" se encuentran las predicciones probabilísticas de rayos y precipitaciones para los próximos tres meses, así como un enlace a una página con la validación de los mismos (Figura 4).

La experiencia con *CatEx* y SIVIGILA ha permitido no sólo proveer de herramientas útiles de fundamento científico-técnico para la región, sino adicionalmente la interacción social con los habitantes de la zona, llevando a cabo otras actividades como el censo y capacitación de los habitantes en torno a la presencia del fenómeno, además de una actividad continuada con la capacitación en torno a la diseminación de una cultura de riesgo, preservación y conservación que permite una mejor y más eficiente toma de decisiones locales.

## Referencias

- Albrecht, R., S. Goodman, D. Buechler, and T. Chronis, 2009: Tropical frequency and distribution of lightning based on 10 years of observations from space by the Lightning Imaging Sensor (LIS). Preprints of Fourth Conf. on Meteorological Applications of Lightning Data, Phoenix, AZ, Amer. Meteor. Soc, P2.12.
- Bürgesser, R. E., M. G. Nicora, and E. E. Ávila, 2012: Characterization of the lightning activity of "Relámpago del Catatumbo." *J. Atmos. Solar-Terrestrial Phys.*, 77, 241–247.
- Chourio X. 2016. The Latin American observatory's datoteca. *Climate Service Partnership Newsletter*, 6 April. p. 6. <http://www.climateservices.org/wp-content/uploads/2015/05/CSP-newsletter-April-2016-2.pdf>
- Díaz-Lobatón, J., 2012: *Energética del Relámpago del Catatumbo*. Trabajo Especial de Grado. Dpto. de Física, Facultad de Ciencias de Universidad del Zulia. Maracaibo. 102 pp (Tutor: Á.G. Muñoz).
- Muñoz, Á.G. y Díaz-Lobatón, J. E., 2011: The Catatumbo Lightnings: A Review. *Mem. XIV Int. Conf. Atmos. Electr.*, 1–4.
- Muñoz, Á. G., Díaz-Lobatón, J., Chourio, X., Stock, M.J., 2016: Seasonal prediction of lightning activity in North Western Venezuela: Large-scale versus local drivers. *Atmos. Res.*, 172–173, 147–162, doi:10.1016/j.atmosres.2015.12.018.
- Muñoz, Á.G., Núñez, A., Chourio, X., Díaz-Lobatón, J., Márquez, R., Moretto, P., Juárez, M., Casanova, V., Quintero, A., Zurita, D., Colmenares, V., Vargas, L., Salcedo, M.L., Padrón, R., Contreras, L., Parra, H., Vaughan, C., Smith, D., 2015: Reporte Final de la Expedición Catatumbo: Abril 2015. Reporte Público CMC-01-2015. Centro de Modelado Científico (CMC). Universidad del Zulia. doi: 10.13140/RG.2.1.1351.0566

## Radars para estudios atmosféricos en el Perú

Yamina Silva, Danny Scipión y Jairo Valdivia  
Instituto Geofísico del Perú

### Introducción

Los radares meteorológicos constituyen una herramienta importante para el monitoreo de las lluvias y los vientos, ya que estos permiten obtener información sobre la localización e intensidad de la precipitación y zonas de turbulencia. Asimismo, los instrumentos en cuestión posibilitan obtener una mejor estructura espacio-temporal de los sistemas meteorológicos y son ampliamente usados en los servicios meteorológicos porque contribuyen a mejorar la predicción del tiempo, así como a los sistemas de alerta temprana ante eventos de lluvia extrema.

Es sabido que la precipitación es una de las variables meteorológicas más importantes en el Perú, puesto que, por un lado, es una de las principales fuentes de agua dulce para el consumo humano y la agricultura y, por el otro, debido a nuestra alta vulnerabilidad pueden causar pérdidas humanas y económicas, tal como ocurre, por ejemplo, cuando se desarrolla el fenómeno La Niña o El Niño. Es principalmente por este motivo que, desde el año 2015, la sede de Huancayo del Instituto Geofísico del Perú - IGP, cuenta con el Laboratorio de Microfísica Atmosférica y Radiación (LAMAR), el cual tiene instrumentos de última generación para medir diferentes parámetros atmosféricos en alta resolución temporal. Para el estudio de las precipitaciones se usan pluviómetros, disdrómetro, papel filtro, radares y satélite, los cuales registran información en alta frecuencia (desde segundos) y con una cobertura vertical que abarca hasta los 8-10 km de altura. La información obtenida busca responder preguntas tales como: ¿Qué tipo de precipitación es más frecuente?, ¿A qué hora ocurren las precipitaciones convectivas/estratiformes?, ¿De dónde proviene el aire que genera mayor/menor precipitación?, ¿Cuál es la estructura vertical de las nubes que generan precipitación? y ¿Cómo es la distribución del tamaño de las gotas de lluvia?, entre muchas otras.

### Tipos de radares atmosféricos

Los radares para estudios atmosféricos se pueden dividir en dos grandes grupos:

a.- **Radars de aire claro.**- son aquellos cuyos ecos provienen de las variaciones en el índice de refracción, es decir, son sensibles a las variaciones en la presión, temperatura y humedad del aire. Estos radares también conocidos como radares perfiladores de viento, son capaces de medir ecos de turbulencia hasta aproximadamente 10 km. Luego de analizar los ecos de turbulencia es posible determinar los vientos en sus tres dimensiones, hasta las mismas alturas de donde provienen los ecos.

b.- **Radars meteorológicos.**- son aquellos sensibles a los hidrometeoros, estos pueden ser lluvia ligera, lluvia intensa, nieve, granizo, entre otros. La intensidad de los ecos recibidos depende de la concentración de las partículas dentro del volumen a analizar. Estos radares, en particular, se caracterizan por realizar escaneos horizontales a muy poca elevación, y dependiendo de su frecuencia de operación podrían llegar a realizar mediciones a un radio de distancias mayores a los 100 km. Sin embargo, sólo son capaces de medir la velocidad radial de los hidrometeoros, más no la velocidad del viento.

### Radars del Instituto Geofísico del Perú

En el IGP se cuenta con radares de los dos tipos indicados en la sección anterior:

a.- Dentro de los radares de aire claro, tenemos uno de los radares más grandes para estudios de la tropósfera, estratósfera y mesósfera (MST por sus siglas en inglés), este radar es conocido como “El radar de Jicamarca”, capaz de realizar mediciones de turbulencia hasta aproximadamente 90 km de altura. En el Observatorio de Huancayo, tenemos un radar de capa límite y tropósfera (BLTR por sus siglas en Inglés). Éste radar es sensible a variaciones en el índice de refracción hasta los 8 km.

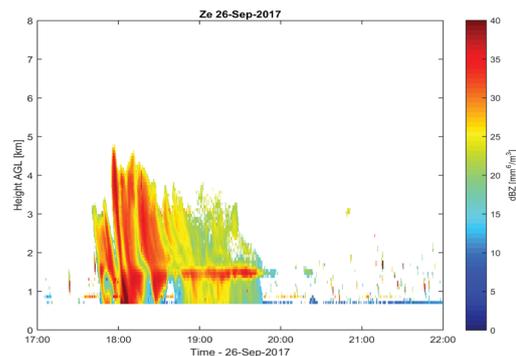
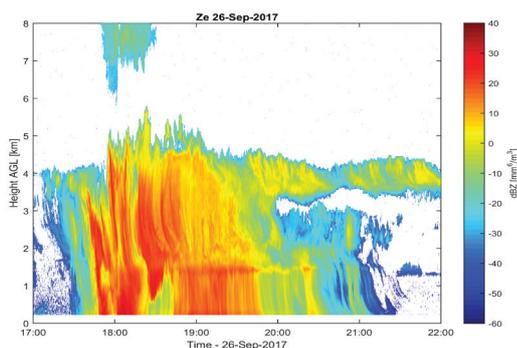


Figura 1: Reflectividad equivalente (bBZ) del radar MIRA 35C (a) y CLAIRE (b). Las zonas en tono azul celeste representan la nubosidad y las rojas regiones de mayor precipitación.

# Radars para estudios atmosféricos en el Perú

Yamina Silva, Danny Scipión y Jairo Valdivia  
Instituto Geofísico del Perú

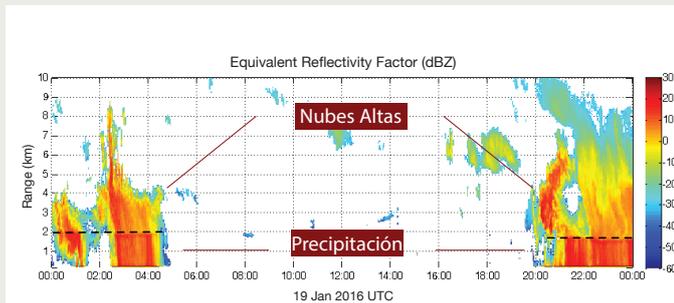


Figura 2: Reflectividad equivalente (dBZ) obtenida con el MIRA 35C para el día 19 de enero de 2016. Se identifica la capa de fusión con líneas entre cortadas de color negro.

b.- Dentro de los radares sensibles a hidrometeoros, el IGP en el 2015 adquirió un radar perfilador de nubes y precipitación MIRA 35C, el cual por su frecuencia de operación (~35 GHz) es capaz de medir además de la precipitación, ecos provenientes de las nubes. Estos ecos pueden llegar a alturas de 15 km, lo cual nos brinda información de la microfísica de nubes hasta estas alturas.

El IGP en su afán por fomentar el desarrollo tecnológico en radares, ha diseñado y construido un radar híbrido entre ambos sistemas: el radar CLAIRE (CLear Air and Rainfall Estimation; Oscanoa et al., 2016). Este radar es sensible a ecos de aire claro y precipitación, el cual opera en la frecuencia de 445 MHz y se instaló en agosto del año 2017 en el Observatorio de Huancayo con el objetivo de complementar las mediciones de los otros sistemas instalados en LAMAR. Su sensibilidad en ecos de aire claro llega hasta 3.5 km y en precipitación hasta los 5 km sobre la superficie del observatorio (3300 msnm).

## Estudios de lluvias en los Andes usando radares

Tener diferentes instrumentos para medir y estimar la precipitación permite hacer un estudio que evalúe, valide y compare, no solo las señales que emiten estos radares, sino también los algoritmos de estimación de precipitación. En la Figura 1 se compara la reflectividad equivalente obtenida con los radares (a) MIRA 35C y (b) CLAIRE; el primero permite ver las nubes, ya que es sensible a partículas muy pequeñas, por ello se observan nubes hasta los 8 km de altura sobre el Observatorio de Huancayo, mientras que CLAIRE solo es sensible a la precipitación, por ello solo llega hasta los 4.8 km aproximadamente por encima de la superficie. Ambos radares están ubicados en el mismo lugar, y si bien tienen diferentes características, obtienen mediciones muy similares. Se ha observado también que

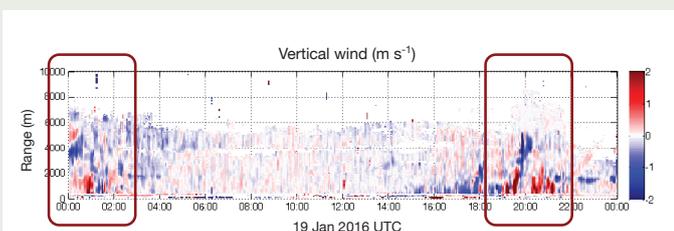


Figura 3: Velocidad vertical del viento (m/s), obtenido a partir del perfilador de vientos (BLTR) para el 19 de enero de 2016. Los tonos de color rojo indican velocidad ascendente y los azules descendentes.

CLAIRE al tener un tipo de antena diferente, es menos sensible a la atenuación por efecto de las lluvias, cosa que ocurre con el MIRA 35C al tener una antena tipo plato.

La combinación de radares de aire claro y precipitación permite, además, conocer la dinámica antes y durante los eventos de lluvias. Es sabido que durante el verano las lluvias en el valle del río Mantaro inician generalmente en horas de la tarde, tal como se aprecia en la Figura 2, un episodio de lluvias entre las 20:00 y 00:00 UTC (3 y 7pm hora local) y entre 00:00 y 05:00 UTC (7 y 00 hora local). Puede verse que las lluvias de la tarde tienen un desarrollo mayor en la vertical, en comparación con las lluvias de la noche que solo llega hasta los 4km. Usando el perfilador de vientos (BLTR), en la Figura 3 podemos observar que se tienen flujos ascendentes cerca a la superficie durante la tarde los que corresponden a nubes convectivas, mientras que durante la noche, las condiciones verticales son más estables y corresponden a nubes de tipo estratiforme. Esto es importante, porque según Villalobos (2016), usando datos del radar de banda Ku a bordo del GPM el 78% de la precipitación que ocurre en el valle del río Mantaro es de tipo estratiforme (lluvias ligeras pero continuas) mientras que el 22% es de tipo convectiva (lluvias intensas de corta duración).

## Conclusiones

Los estudios usando radares y otros instrumentos para medir lluvias permiten identificar la distribución temporal, espacial y vertical. Por ejemplo, el radar MIRA35C, al tener mayor sensibilidad a partículas pequeñas, identifica nubes, mientras que CLAIRE, por la frecuencia que opera, observa mejor la capa de fusión y, también, tiene menor atenuación ante las lluvias. El perfilador de vientos permite identificar los flujos horizontales, así como los verticales, siendo estos últimos un factor importante para el desarrollo de nubes de tormenta. Los diferentes instrumentos instalados en LAMAR, permite además validar y evaluar los modelos atmosféricos, de tal manera que estos puedan ser mejorados para estudios del clima, su variabilidad y cambio climático. Finalmente, los radares arriba mencionados, pueden darnos información en tiempo real de las condiciones atmosféricas (precipitación y nubosidad) sobre el Observatorio de Huancayo, cuya evolución se puede apreciar en el siguiente link:

<http://scah.igp.gob.pe/laboratorios/lamar>

## Referencias

Oscanoa, J. C. Castillo, and D. Scipión, 2016. CLAIRE: an UHF wind profiler radar for turbulence and precipitation studies, Proceedings of the 2016 IEEE XXIII international congress on electronics, electrical engineering and computing (INTERCON), p. doi: 10.1109/intercon.2016.7815577.

Villalobos, E., 2016. Validación del algoritmo de estimación de precipitación del radar de frecuencia dual (DPR) abordo del satélite GPM, usando datos de precipitación in situ sobre el valle del río Mantaro. Tesis para optar el título de Lic. en Física, UNMSM.

Agradecimientos a Innóvate Perú por el financiamiento para la adquisición y construcción de los radares, contratos N° 129-FINCYT-ECL-2014, N° 387-PNCP-PIAP-2014 y N° 400-PNCP-PIBA-2014.

# Resumen del Informe Técnico

## PP N°068/EI Niño - IGP/ 2017-11

*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 octubre de 2017 el valor del Índice Costero El Niño (ICEN), basado en ERSST, indicó la condición climática Fría Débil (-1.17), mientras que el valor del ICENOI con datos de OISSTv2 correspondió a una condición climática Fría Fuerte (-1.44). Los valores temporales del ICEN (ICENtmp) y el ICENOI (ICENOItmp) para los meses de noviembre y diciembre coinciden en condiciones Fría Moderada y Fría Débil, respectivamente. En lo que respecta al Pacífico Central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI) de la NOAA indica que octubre tuvo condiciones Frías Débiles; los índices temporales estimados para noviembre y diciembre indican condiciones Frías Débiles y Fría Moderada.

Según el análisis de los modelos oceánicos utilizados y los datos observados, se espera que la temperatura superficial del mar (TSM) en el litoral peruano se presente con valores alrededor de lo normal en los primeros meses del año 2018; sin embargo, las anomalías continuarán presentándose ligeramente negativas.

Para el pronóstico a largo plazo, los siete modelos numéricos de NMME, inicializados con condiciones del mes de diciembre, predicen, en promedio, a pesar de mostrar anomalías ligeramente negativas, condiciones del tipo Neutral en el Pacífico oriental hasta el mes de junio de 2018.

El promedio de los modelos de NMME muestran condiciones frías débiles hasta el mes de abril de 2018. Para el periodo diciembre 2017 - marzo 2018, los pronósticos de los modelos mantienen las anomalías negativas en el Pacífico central ecuatorial.

Si bien lo anterior indica pocas probabilidades de que se pueda repetir un evento similar a El Niño costero de 2017, no se puede descartar un escenario de lluvias en el norte como el observado en el verano de 2008 durante La Niña en el Pacífico central.

### Índice Costero El Niño

Utilizando los datos de Temperatura Superficial del Mar (TSM) promediados sobre la región Niño1+2; actualizados hasta el mes de noviembre de 2017

Año	Mes	ICEN (°C)	Condiciones
2017	Julio	-0.49	Neutra
2017	Agosto	-0.75	Neutra
2017	Setiembre	-0.98	Neutra
2017	Octubre	-1.17	Fría Débil

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

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 octubre de 2017. Los valores se muestran en la Tabla 1. El valor de octubre corresponde a condiciones Frías Débiles.

Según los valores del ICENtmp, se estima que en los meses de diciembre de 2017 y enero de 2018 las condiciones serían Frías Moderadas y Frías Débiles. El ICEN de noviembre será confirmado cuando se disponga del valor de ERSST para el mes de diciembre del año en curso.

Los valores del ICENOItmp estimados para noviembre y diciembre de 2017 corresponden a condiciones Frías Moderadas y Frías Débiles, respectivamente. El ICENOI de noviembre será confirmado cuando se disponga del valor de OISST v2 para el mes de diciembre de 2017.

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 octubre de 2017, es de  $-0.71^{\circ}\text{C}$ , correspondiente a condiciones Fría Débil <sup>1</sup>

### Diagnóstico del Pacífico Ecuatorial

Según los datos (IR, MW, OSTIA), en el Pacífico central las anomalías de la TSM diaria se presentaron en el rango de condiciones frías, manteniéndose cerca al valor de  $-0.8^{\circ}\text{C}$  y con una tendencia negativa. Para la región Niño 1+2, la anomalía de la TSM también indica valores negativos, con un promedio de  $-1.2^{\circ}\text{C}$ , aunque a diferencia de la región del Pacífico

central, no muestra una tendencia negativa sino una ligeramente positiva para el mes noviembre.

En noviembre, el esfuerzo de viento zonal mensual en el Pacífico central (160°E-160°W; 5°S-5°N) continuó con anomalía del este, siendo de mayor magnitud que el mes anterior; las máximas anomalías negativas se observaron en la primera y última semana del mes, por otro lado se observaron anomalías positivas a fines de noviembre, y en los primeros días del mes de diciembre, entre 165°E y 140°E. La actividad convectiva en el Pacífico ecuatorial central-oriental, continuó inferior a su climatología y el patrón anómalo de convección ecuatorial siguió indicando un desplazamiento hacia el Pacífico occidental, consistente con condiciones atmosféricas tipo La Niña. El contenido de calor oceánico continúa mostrando anomalías negativas, en promedio menor que el mes anterior, y la inclinación de la termoclina ecuatorial se presentó ligeramente inclinada.

Las corrientes zonales calculadas por GODAS en el Pacífico Ecuatorial, durante el mes de noviembre, continuaron mostrando anomalías negativas (corrientes hacia el oeste) en la parte superior del océano, principalmente entre 140°W y 100°W. Esto podría ser la consecuencia de la presencia de ondas Kelvin frías según los datos de la profundidad de la termoclina del producto ARGO+TAO y modelos lineales, originadas por pulsos de vientos del Este relativamente intensos, los cuales se localizaron al oeste de 150 °W.

## Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones

Según los pronósticos de los modelos GFS y CFS, se espera que en las próximas semanas se produzcan anomalías de viento del este, entre 160°E y 120°W en la franja del Pacífico Ecuatorial. Si esto se diera, entonces estos vientos podrían proyectarse en ondas Kelvin frías que contribuiría a mantener (e incluso disminuir más) la anomalía negativa de la profundidad de la termoclina, principalmente en el Pacífico Oriental, en los siguientes dos meses. La onda Kelvin cálida observada en la zona occidental del Pacífico, podría contribuir a aminorar las anomalías negativas de la profundidad de la termoclina en el Pacífico central y oriental.

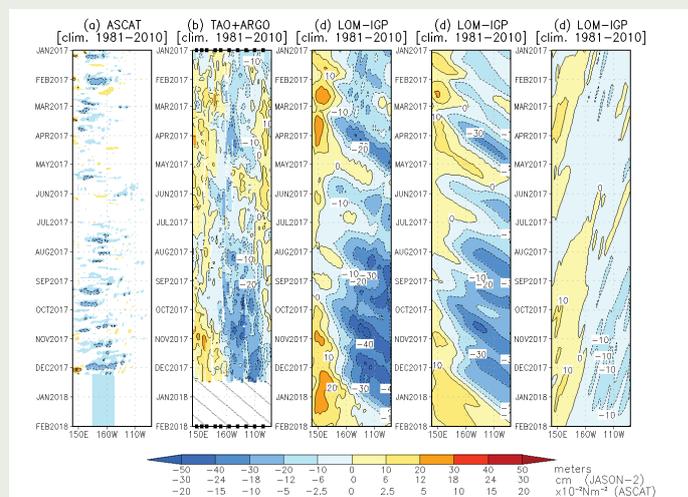


Figura 1.- Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaner ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO y los derivados de ARGO (b), diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) y finalmente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

## Pronóstico estacional con modelos climáticos

Según los 7 modelos climáticos de NMME (CFSv2, NASA\_GEOS5, FLOR, CM2.1, NCAR\_CCM4, CMC1 y CMC2), con condiciones iniciales de diciembre para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), indican en promedio condiciones neutras de enero a junio de 2018, (Fig. 2). Sin embargo, estos índices son negativos. Para el mes de diciembre 5 de 7 modelos indican condiciones frías débiles y 2 modelos condiciones neutras, para enero de 2018 un modelo indica condición fría débil y 6 modelos condiciones neutras. Para los siguientes meses (febrero-junio) todos los modelos indican condiciones neutras.

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), según los modelos de NMME, inicializados en diciembre, para el mes de enero de 2018, 3 de 7 modelos indican condiciones frías moderadas, 4 modelos indican frías débiles. Para el mes de febrero, 2 modelos indican condiciones frías moderadas y 5 modelos condiciones frías débiles. El pronóstico promedio de los modelos de NMME y el modelo BoM POAMA indican la presencia de La Niña de magnitud débil para el verano 2017/18. Considerando los modelos JMA MRI, UKMO, y ECMWF, inicializado en noviembre, también indican La Niña débil para el mismo periodo.

El patrón espacial proyectado de TSM y de precipitación pronosticado es típico de La Niña, con ausencia de calentamiento en el Pacífico sudeste (frente a norte de Chile) y en la costa de Perú como en el 2016. Asimismo,

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

no se prevé mayor lluvia en la banda sur de la ZCIT en el verano/otoño de 2018 como en los pronósticos del 2016. Esto indica pocas probabilidades de que se pueda repetir un evento similar a El Niño costero de 2017, aunque no se puede descartar un escenario de lluvias en el norte como el sucedido en febrero del año 2008, fecha en la cual se desarrollaba un evento La Niña en el Pacífico Central.

## Conclusiones

1. El ICEN para octubre de 2017 fue de -1.17 (Fría Débil) y el ICENTmp para noviembre y diciembre de 2017 es -1.21 (Fría Moderada) y -1.06 (Fría débil). Usando OI mensual para el cálculo (ICENOI), los valores correspondientes son -1.44 (Fría Fuerte), y los temporales -1.35 (Fría Moderada) y -1.04 (Fría Débil). El ICEN calculado con la versión 5 de ERSST para octubre es -0.98 (Neutro) y los temporales para Noviembre y Diciembre son -1.02 (fría débil) y -1.00 (Neutro).

2. En el Pacífico central, el ONI de octubre (SON) correspondieron a condiciones Frías Débiles y el estimado para noviembre también sería de condiciones Fría Débil. La ATSM en la región Niño 3.4, fue, en promedio, -0.8.

3. En octubre, según TAO, el viento zonal ecuatorial presentó pequeñas anomalías del este en el Pacífico central-occidental (al oeste de 160°W).

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

5. La inclinación de la termoclina ecuatorial se presentó ligeramente inclinada. En relación a la descarga, esta ha resultado con en anomalías negativas de contenido de calor, aunque, en promedio, menor que el mes pasado.

6. Durante el mes de noviembre, según los datos de ASCAT y NCEP, continuaron los pulsos de viento del Este en el Pacífico Central. El último, a fines de noviembre e inicios de diciembre, mostró un patrón zonal que abarcó desde 165°E a 140°W aproximadamente.

7. Estos pulsos contribuyeron a mantener la presencia de ondas Kelvin frías en el Pacífico ecuatorial, tal como se observa en los datos de anomalía de la profundidad de la termoclina y resultados de modelos numéricos. La presencia de estas onda también se observan en los datos de nivel del mar de DUACS y corrientes de GODAS.

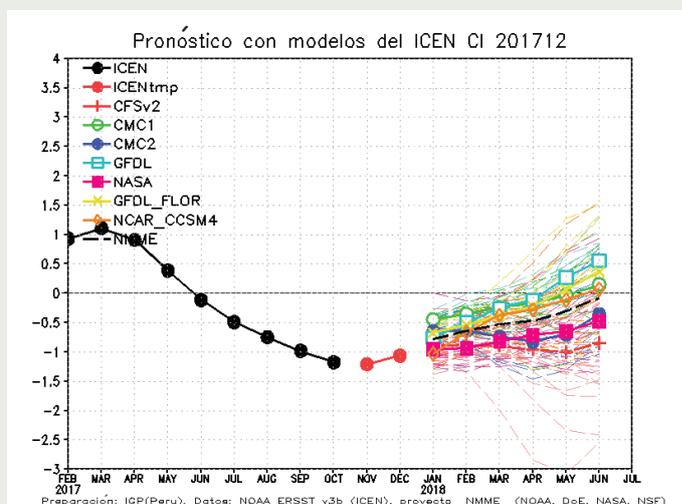


Figura 2: Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y su valor temporal (ICENTmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, GFDL\_FLOR y NCAR\_CCISM4 tienen como condición inicial el mes de noviembre de 2017. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME).

8. Las anomalías positivas de la profundidad de la termoclina en el extremo occidental se deberían a la presencia de una Kelvin cálida producto de la reflexión de las ondas Rossby, tal como lo muestran los modelos oceánicos lineales y la descomposición de modos meridionales usando DUACS. Aparentemente su intensidad se habría visto reducida por la presencia de las ondas Kelvin frías producidas por los pulsos de viento del Este.

9. Para las próximas semanas, el modelo GFS y el CFS, como el mes anterior, predicen anomalías de viento del este, entre 160°E y 120°W, en la franja del Pacífico Ecuatorial. De darse este escenario, estos vientos podrían proyectarse en ondas Kelvin frías que contribuirían a mantener (e incluso disminuir) la anomalía negativa de la profundidad de la termoclina principalmente en el Pacífico Oriental, en los siguientes dos meses.

10. Los pronósticos de los modelos continúan indicando la probabilidad de condiciones La Niña en el Pacífico central ecuatorial. El patrón espacial proyectado de TSM y de precipitación pronosticado es típico de La Niña, con ausencia de calentamiento en el Pacífico sudeste (frente a norte de Chile) y en la costa de Perú como en el 2016. Asimismo, no se prevé mayor lluvia en la banda sur de la ZCIT en el verano/otoño de 2018 tal como se mostró en los pronósticos del año 2016 para este mes. Esto indica pocas probabilidades de que se pueda repetir un evento similar a El Niño costero del año 2017, aunque no se puede descartar un escenario de lluvias en el norte durante el evento La Niña 2008.

# Resumen del Informe Técnico

## PP N°068/EI Niño - IGP/ 2017-11

11. Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), los modelos de NMME en promedio indican condiciones Neutras de enero a junio de 2018; sin embargo estos índices son negativos. Para el mes de diciembre 5 de 7 modelos indican condiciones frías débiles y 2 modelos condiciones neutras, para enero 2018 un modelo indica condición fría débil y 6 modelos condiciones neutra. Para los siguientes meses (febrero-junio) todos los modelos indican condiciones neutras.

12. Para el Pacífico central (Región Niño 3.4), para el mes de enero 3 de 7 modelos de NMME indican condiciones frías Modeladas, 4 modelos frías débiles, para el mes de febrero 2 modelos indican condiciones Frías Moderadas y 5 modelos condiciones frías débiles. El promedio de los modelos de NMME y el modelo BoM POAMA indican La Niña de magnitud Débil para el verano (DEFM) 2017/18.

## Referencias

Apraco 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° 16- 2017

La Comisión Multisectorial ENFEN cambia del estado de Alerta de Vigilancia al estado de Alerta de “La Niña Costera”<sup>1</sup>, debido a las condiciones frías actuales en la superficie del mar en la región Niño 1+2, así como a lo largo de la costa del Perú. Sin embargo, para el verano 2018, se prevén temperaturas alrededor de lo normal en la región costera.

Por otro lado, para el verano 2018, lo más probable es la persistencia de “La Niña en el Pacífico central” ecuatorial, debido a lo cual podrían presentarse lluvias por encima de lo normal en las regiones andina y amazónica.

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

La anomalía negativa de la temperatura superficial del mar (ATSM) se incrementó en la región del Pacífico Central (Niño 3.4) con un valor de  $-0,86^{\circ}\text{C}$ , y en la región oriental (Niño 1+2), frente a la costa norte del Perú, se mantuvieron las condiciones frías debido a las presencia de las ondas Kelvin frías, alcanzando en promedio  $-1,16^{\circ}\text{C}$  (Figura 1a, 1b).

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS) presentó una anomalía media de  $+2$  hPa en su núcleo y una configuración zonal al sur de su posición habitual. El debilitamiento del APS a inicios del mes mantuvo vientos costeros de magnitud débil a lo largo del litoral.

Para octubre el Índice Costero El Niño (ICEN) tomó los valores de  $-1,44^{\circ}\text{C}$  (fuente NCEP OI SST v2) y  $-1,17^{\circ}\text{C}$  (fuente ERSST v3) que correspondió a condiciones frías del agua de mar. Considerando que en el mes de setiembre el ICEN tomó valores de condiciones frías moderadas y que el valor estimado del ICEN para noviembre correspondería a condición fría moderada, se ha cumplido la condición del tercer mes consecutivo para asignar la categoría de “La Niña Costera”.

En la franja de 100 millas frente a Paita se observó condiciones frías alcanzando anomalías de hasta  $-2^{\circ}\text{C}$  dentro de los 50 m de profundidad cerca de la costa. Las aguas oceánicas de alta salinidad y mayor temperatura se aproximaron hasta 30 millas de la costa entre Lambayeque y Ancash, así como al sur de Atico desde la última semana de noviembre. En la capa vertical, entre Paita y Pisco, se observó

el ascenso de aguas más frías, pobres en oxígeno y ricas en nutrientes, en particular en la zona costera, asociado al efecto de la onda Kelvin fría.

Las temperaturas del aire se presentaron por debajo de sus rangos normales a lo largo del litoral peruano. (Ver Cuadro 1).

Los caudales de los ríos de la costa norte del país se mantienen dentro de sus rangos normales, con ligeros ascensos en los ríos Chira y Chancay – Lambayeque. Las reservas hídricas en la costa norte y sur vienen operando en promedio al 63% y 54% de su capacidad hidráulica respectivamente.

La concentración de clorofila-a, indicador de la productividad del fitoplancton, exhibió un aumento significativo de las anomalías positivas frente a la costa, en especial al sur de Callao, posiblemente como consecuencia de la disminución de la nubosidad y la mayor disponibilidad de los nutrientes en la capa superficial.

Los indicadores reproductivos del stock norte – centro de la anchoveta, mostraron el inicio de la declinación del desove principal de invierno-primavera.

La persistencia de temperaturas del aire más frías de lo usual durante el periodo nocturno viene generando un retraso en el periodo vegetativo del cultivo de arroz en los valles arroceros de la costa norte. Asimismo, ocasionaron el retraso del crecimiento y llenado de frutos en algunas variedades de mango, especialmente en las zonas de Olmos y Tongorrape (Motupe) de la Región Lambayeque.

### PERSPECTIVAS

En el litoral peruano se espera que la temperatura del mar se mantenga con anomalías negativas, al menos, hasta el mes de enero debido a la presencia de las ondas Kelvin frías.

<sup>1</sup>Definición de estado de Sistema de alerta “No activo”: Se da en condiciones neutras o cuando la Comisión ENFEN espera que El Niño o La Niña costeros están próximos a finalizar. (Nota Técnica ENFEN 01-2015). Se denomina “Evento El Niño en la región costera de Perú” o “El Niño Costero” al periodo en el cual el Índice Costero El Niño (ICEN), que es la media corrida de tres meses de las anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (TSM) en la región Niño 1+2, indique “condiciones cálidas” ( $>+0,4^{\circ}\text{C}$ ) durante al menos tres (3) meses consecutivos (Nota Técnica ENFEN 01-2012)



Los resultados de los modelos climáticos de las agencias internacionales mostraron, en promedio, condiciones frías débiles en diciembre y condiciones neutras desde enero para la región Niño 1+2, frente a la costa norte del Perú, mientras que para la región del Pacífico Central (Niño 3.4) condiciones frías débiles hasta abril del año 2018.

Tomando en consideración el monitoreo y el análisis de la Comisión Multisectorial ENFEN, así como los pronósticos de las Agencias Internacionales, se espera para el verano 2018 la continuación de las condiciones frías en el Pacífico Central (Niño 3.4), así como la normalización de las condiciones en la temperatura de la superficie del mar de la región Niño 1+2, frente a la costa norte del Perú.

Dado que los principales impactos de El Niño y La Niña suelen darse en la temporada de lluvias, es decir, durante el verano del hemisferio sur, el ENFEN proporciona una estimación de las probabilidades de ocurrencia de los mismos (Tablas N° 1 y 2) para dicho periodo. Con estas consideraciones, la Comisión Multisectorial ENFEN estima que para el próximo verano 2018 en el Pacífico Central es más probable condiciones La Niña (75%), seguidas de condiciones neutras (24%); mientras que condiciones para un evento El Niño sólo alcanzaría el 1%. Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2) frente a la costa norte del Perú, es más probable condiciones neutrales (74%) seguida por la condición La Niña (21%). Condiciones para un evento El Niño en esta región alcanzaría el 5%.

De continuar La Niña en el Pacífico Central Ecuatorial durante el verano 2018, lo más probable es que las lluvias sean mayores que lo normal en las regiones andina oriental y amazónica, sin embargo, se debe notar que en algunos veranos en que se desarrolló La Niña en el Pacífico Central<sup>2</sup>, como por ejemplo en el año 2011, se presentaron déficit de lluvias en algunas regiones de los Andes. Por otro lado, tampoco se puede descartar lluvias intensas en la zona costera de Tumbes y Piura, tal y como ocurrió en el verano del año 2008, durante el desarrollo de La Niña del Pacífico Central.

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

Callao, 14 de diciembre de 2017

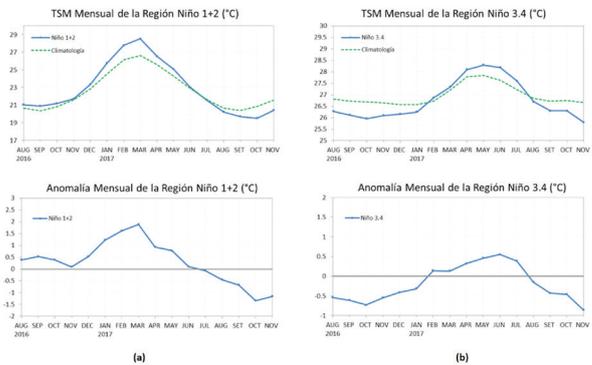


Figura 1. Temperatura y anomalía superficial del mar mensual: a) Región Niño 3.4 (5°N-5°S)/(170°W-120°W), agosto 2016 - noviembre 2017. b) Región Niño 1+2 (0°-10°S) / (90°W-80°W), agosto 2016 - noviembre 2017. Fuente: Gráfico DHN, Datos: OISST.V2/NCP/NOAA.

Cuadro 1. Anomalía media mensual de las temperaturas extremas del aire (a) máximo y (b) mínimo desde enero a noviembre 2017 para las regiones costeras norte, centro y sur del litoral peruano. Fuente: SENAMHI.

a). Anomalías promedio de temperatura máxima del aire (°C)											
Región	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
Costa Norte	1,5	1,2	1,0	0,9	1,2	1,0	0,9	0,6	0,6	0,5	-0,6
Costa Centro	1,9	1,9	2,2	1,5	2,2	1,6	0,3	0,5	0,0	0,3	-0,2
Costa Sur	1,5	1,2	1,0	0,8	1,6	0,9	0,5	0,6	-0,4	-0,5	-0,6

b). Anomalías promedio de temperatura mínima del aire (°C)											
Región	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
Costa Norte	0,8	1,1	1,4	1,2	1,3	0,4	0,1	0,2	-0,1	-0,1	-1,2
Costa Centro	1,8	2,0	2,4	2,0	3,1	1,8	1,1	0,7	0,4	0,4	0,0
Costa Sur	1,7	0,8	1,0	1,2	1,7	1,4	0,9	0,1	0,0	0,1	-0,7

Tabla 1. Probabilidades Estimadas de las magnitudes de El Niño costero – La Niña costera (Región Niño 1+2) en el verano Diciembre 2017 – Marzo 2018.

Magnitud del evento durante diciembre 2017 – marzo 2018	Probabilidad de ocurrencia
La Niña moderada – fuerte	1%
La Niña débil	20%
Neutro	74%
El Niño débil	5%
El Niño moderado, fuerte y extraordinario	0%

Tabla 2. Probabilidades Estimadas de las magnitudes de El Niño – La Niña en el Pacífico Central (Región Niño 3.4) en el verano Diciembre 2017 – Marzo 2018.

Magnitud del evento durante diciembre 2017 – marzo 2018	Probabilidad de ocurrencia
La Niña moderada – fuerte	3%
La Niña débil	72%
Neutro	24%
El Niño débil	1%
El Niño moderado, fuerte y muy fuerte	0%





© 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:

