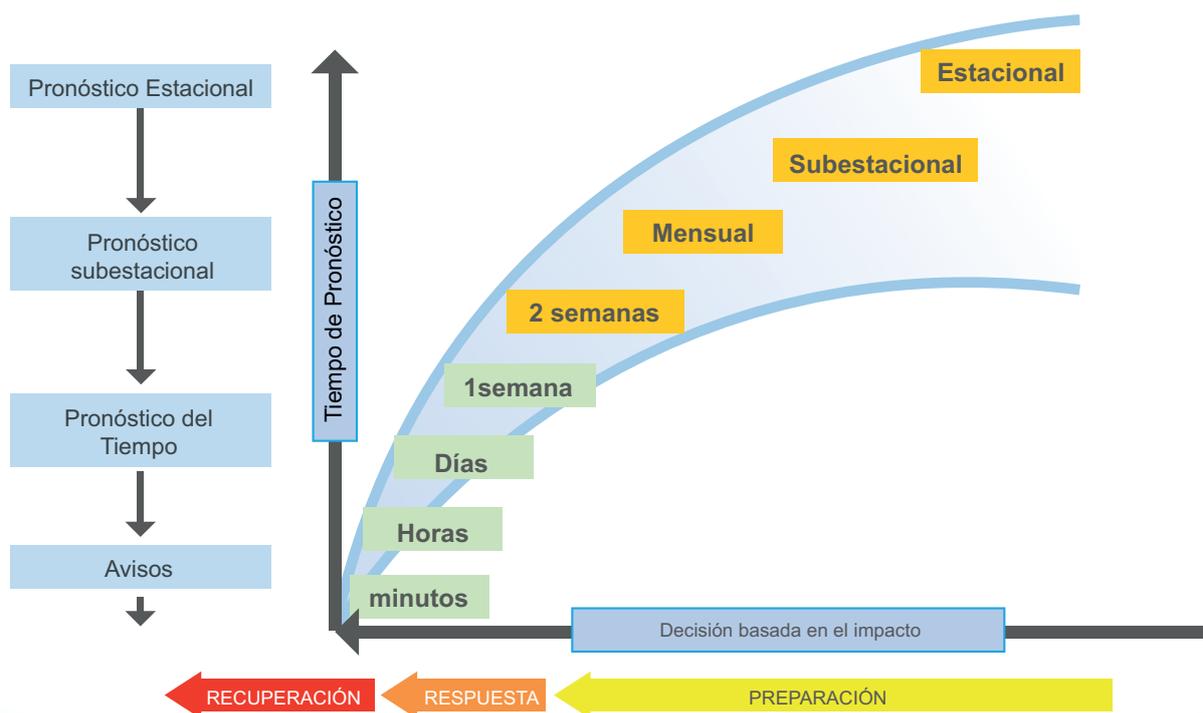


Programa Presupuestal por Resultados N° 68 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”. Producto: “Estudios para la estimación del riesgo de desastres”

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

Boletín Técnico

### Toma de decisión, pronósticos y su verificación.



(Adaptado NOAA)

# Contenido

2 - 3 **Introducción**

4 - 8 **Artículo de Divulgación Científica**

9 - 10 **Avances Científicos**

11 - 13 **Resumen Informe Técnico**

14 - 15 **Comunicado Oficial ENFEN**

Programa Presupuestal por Resultados N° 68 “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 Contreras**  
Ministra del Ambiente

**Ronald Woodman**  
Presidente Ejecutivo IGP

**José Macharé**  
Director Científico IGP

**Ken Takahashi**  
Responsable Producto El Niño - IGP

Equipo científico: Ken Takahashi, Kobi Mosquera, Jorge Reupo, Berlín Segura

Edición: Katherine Morón  
Diseño y Diagramación: Dante Guerra

Carátula: Bazo, 2016

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

Impreso por: Editora y comercializadora cartolan EIRL  
Pasaje Atlántida N° 113 - Lima

Lima, Noviembre del 2016

Hecho el Depósito Legal en la  
Biblioteca Nacional del Perú N° 2016-15710

# 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 del Comité 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:  
[www.igp.gob.pe/sysppr](http://www.igp.gob.pe/sysppr).



# 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 del Comité 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.

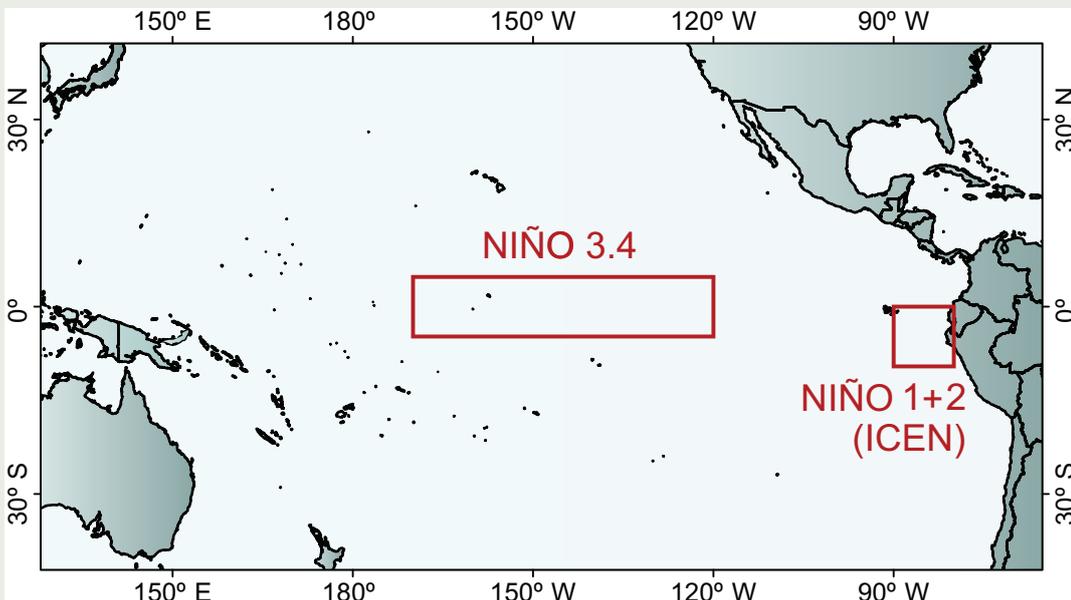
El Comité Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), conformado por representantes de IMARPE, DHN, IGP, SENAMHI, ANA e Indeci, es el ente que genera la información oficial de monitoreo y pronóstico del Fenómeno El Niño y otros asociados.

Según Resolución Ministerial 761-97-PE, el ENFEN tiene entre sus funciones el “mantener informado sobre la posible ocurrencia del Fenómeno El Niño, para que con ello se permita adoptar decisiones para adecuar y proteger la infraestructura existente en los distintos sectores, en prevención a los posibles daños que pudiera causar este fenómeno a la economía nacional y la población peruana”, así como “orientar a los diversos sectores medidas pragmáticas de previsión que permitan reducir daños y/o aprovechar beneficios”.

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, al menos mensualmente, emite 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 en forma colegiada 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.

## Cambiando Paradigmas: La toma de decisión, pronósticos y su verificación.

Muchas acciones podrían ser implementadas por los tomadores de decisión entre una alerta y la ocurrencia de eventos climáticos extremos para evitar un desastre, pero el tiempo entre estos dos momentos es aún poco explorado; acciones basadas en pronósticos podrían preparar a las poblaciones y sus medios de vida a enfrentar dichos eventos. Sin embargo, existen ciertos elementos que limitan la toma de decisión como la falta de planificación de acciones, el tiempo en que las advertencias meteorológicas son emitidas y, quizás el más importante, el de no conocer la “habilidad del pronóstico”. Estos factores son fundamentales para la toma de decisión oportuna.

### La habilidad del pronóstico y la toma de decisión.

Un pronóstico, normalmente tendrá “relevancia”, es decir, que influye positivamente en la toma de decisiones, si la percepción del pronóstico en el lugar de los hechos es positiva (Hansen, 2002). Un estudio sobre el uso de la información climática de “El Niño” para la toma de decisiones agrícolas en las Pampas Argentinas (Podestá et al., 2002) encontró una aparente reticencia a utilizar los pronósticos debido a que la resolución temporal y espacial no era considerada útil o relevante a las condiciones locales, lo que indica que la resolución de los pronósticos no era necesariamente compatible con las perspectivas que se requerían. Por otro lado, en un análisis realizado por Buizer et al. (2000), tomadores de decisión de pronósticos climáticos en el sur de África, América Latina y el Caribe indicaron que las perspectivas, aunque no fueron perfectas, fueron de gran utilidad para muchas personas en la preparación y respuesta ante los efectos de “El Niño 1997-98”. Asimismo Murphy & Katz (1985) y Mylne (2002) mencionan que para la toma de decisión es importante conocer las “habilidades de los pronósticos” por lo que sistemas de verificación operacionales de pronósticos deberían ser parte fundamental de los proveedores de información climática; esto ayudaría a los usuarios de la información a determinar qué pronóstico podrían adaptarse a sus necesidades.



Ph.D Juan Bazo Zambrano  
Investigador en el Centro del Clima de la Cruz Roja Media Luna Roja

Doctor en Ciencias del Clima de la Universidad de Vigo. Actualmente es asesor técnico del Centro del Clima de la Cruz Roja Media Luna Roja en Perú y las Américas dando soporte en la interpretación y uso de la información climática para los gestores de desastres. Sus investigaciones se centran en el Riesgo Climático, Variabilidad Climática, eventos extremos y previsión estacional.

En las últimas décadas, la “habilidad” de la predicción ha mejorado de forma constante (Simmons et al., 2002; Hoskins, 2013) y esto ha dado lugar a que cada vez los pronósticos sean usados más eficientemente. Webster (2013) señaló el enorme potencial que los pronósticos tienen para la reducción de daños causados por inundaciones, sequías y ciclones tropicales, especialmente en países en desarrollo. Con una mejor comprensión de las incertidumbres de los pronósticos, los tomadores de decisión podrán incluir este factor en el proceso de la toma de decisión y así podrán manejar de forma más efectiva sus recursos y ser más resilientes a los impactos. Por ejemplo, los directores de emergencias podrían prepararse para inundaciones, sequías y olas de frío; los gerentes de salud podrían almacenar suministros médicos; los gestores del agua prepararse mejor para las condiciones áridas. Principalmente estas acciones preparatorias (figura 1), también pueden comenzar en los plazos de entrega con un mayor tiempo y cuando se han identificado las señales climáticas.

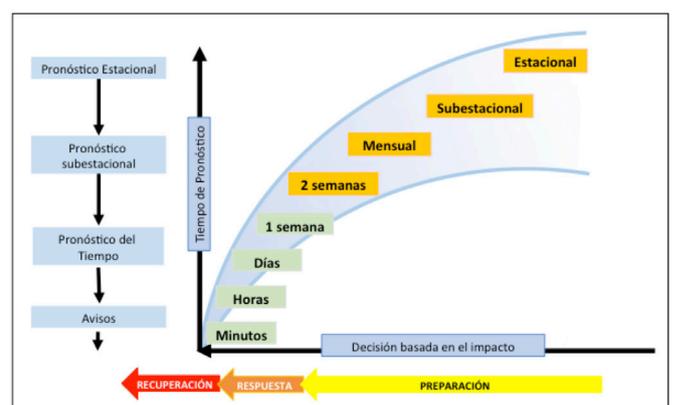


Figura 1. Relación entre pronósticos y la toma de decisión para reducir el Impacto (Adaptado NOAA).

# Cambiando Paradigmas : La toma de decisión, pronósticos y su verificación.

Bazo J. y Coughlan E.



**Ph.D.(c) Erin Coughlan de Perez**  
Investigadora en el Centro del Clima de la Cruz Roja Media Luna Roja

Manager en Ciencias del Clima del Centro del Clima de la Cruz Roja Media Luna Roja. Actualmente Candidata a Doctor en ciencias del clima y desastres en la Universidad de VU en Ámsterdam, Holanda. Es coordinadora del Centro del Clima en el Instituto Internacional de Investigación para el Clima y la Sociedad de la Universidad de Columbia. Asimismo, da soporte técnico para la interpretación y el uso de la información climática a los gestores de desastres de todo el mundo. Sus investigaciones se centran en Reducción del riesgo de desastres, adaptación al cambio climático y eventos extremos.

## Uso y valor de la información climática para la toma de decisión

En los últimos años, las ciencias del clima, asociadas al aumento de desastres ha conllevado a que se incrementen investigaciones en los institutos académicos y de investigación en todo el mundo (Stockdale et al., 2011; Barnston et al., 2011; Vitar et al., 2012; Saha et al., 2013). Una gran diferencia entre los pronósticos meteorológicos convencionales y las predicciones estacionales de varios meses es que estas últimas no intentan pronosticar la evolución detallada del día a día. Tal predicción detallada se descarta por la naturaleza caótica del sistema climático, también conocido como el “efecto mariposa” (Lorenz, 1963). Por el contrario, las predicciones estacionales proporcionan estimaciones de las estadísticas medias de la temporada, y normalmente se hacen hasta tres meses antes de la temporada que se quiere pronosticar. Por ejemplo, un pronóstico estacional proporciona información sobre qué tan probable es que la próxima estación será más húmeda, seca, más cálida, o más fría que lo normal, por lo que a partir de esta información los tomadores de decisión podrían prepararse basados en el impacto de los pronósticos. Principalmente la base física para estos pronósticos, se deriva del efecto de la señal climática del océano, y en menor medida de la superficie de la tierra. Una de las señales climáticas más usadas para la predicción estacional es El Niño-Oscilación Sur (ENSO), la cual permite hacer uso de predicciones estacionales hasta 6 meses en adelante (Cane et al., 1986; Weisheimer et al., 2009; Barnston & Tippet, 2013 ).

Una iniciativa interesante es lo que hace el Instituto Internacional de Investigación sobre el Clima y la Sociedad (IRI) de la Universidad de Columbia, el cual invierten grandes esfuerzos para proporcionar pronósticos del clima sintetizados a partir de los aportes de la comunidad científica internacional, y también como soporte para los servicios meteorológicos nacionales, centros regionales del clima y organizaciones humanitarias, así como para sectores socioeconómicos claves como agricultura, salud, recursos hídricos y de prevención y reducción de desastres. La premisa de estos esfuerzos es que al proveer mejores pronósticos, resultaría inmediatamente mejores decisiones para una planificación más eficaz. Los esfuerzos se concentran tanto en invertir mayores capacidades tanto en los modelos dinámicos y métodos estadísticos que den lugar a pronósticos con una mayor fiabilidad. (Goddard et al., 2010).

Un ejemplo es la herramienta del IRI llamada “pronóstico estacional de precipitación flexible”<sup>1</sup>. Para el periodo diciembre 2015 – febrero 2016, con condiciones iniciales (CI) de noviembre del 2015 (figura 2a), este muestra un pronóstico de probabilidad de exceder el percentil 80 de la distribución histórica de la climatología 1981-2010 para un valor umbral de precipitación en la estación de Morropón (Piura). Asimismo, se muestra que la función distribución de probabilidad del pronóstico (verde), está desplazada hacia la derecha de la histórica (negro), lo que indica una mayor cantidad de lluvia esperada que lo usual (figura 2b). Para verificar este pronóstico se obtuvieron datos de precipitación observada por SENAMHI para diciembre 2015 – febrero 2016, corroborando que, en Morropón, la precipitación acumulada superó sus valores normales en más del 100% (figura 2c),

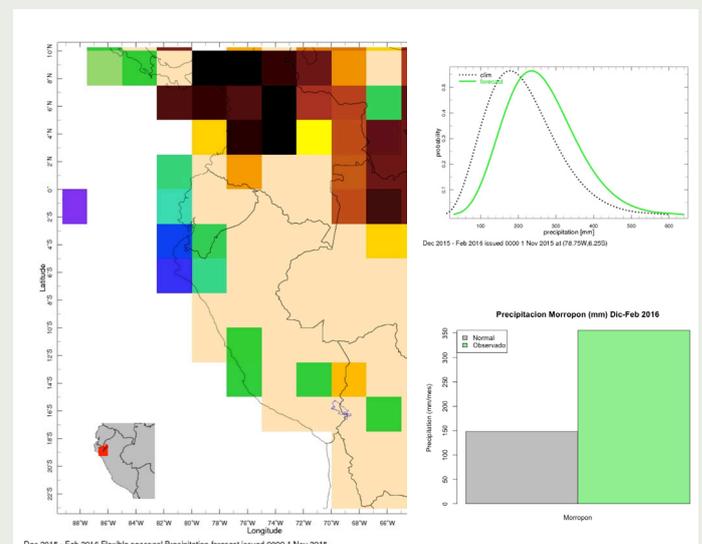


Figura 2. (a) Pronóstico flexible de precipitación IC-Nov-15, (b) función de probabilidad y (c) observación y normal climática del Periodo Dic 2015- Feb 2016 en Morropón-Piura.

<sup>1</sup>[http://iridl.ideo.columbia.edu/maproom/Global/Forecasts/Flexible\\_Forecasts/precipitation](http://iridl.ideo.columbia.edu/maproom/Global/Forecasts/Flexible_Forecasts/precipitation)

consistente con el pronóstico del modelo flexible del IRI. Sin embargo, esta no es la mejor forma de verificar un pronóstico, existen diferentes técnicas de verificación y estas son de suma importancia para los tomadores de decisión, porque dan información valiosa acerca de la fiabilidad de los pronósticos.

## Razones para verificar pronósticos y sus beneficios

Según Brier & Allen (1951), existen tres razones importantes para hacer verificación de pronósticos: **administrativa, científica y económica**, un tema común para las tres es que cualquier sistema de verificación debe ser informativo. Desde el punto de vista **Administrativo**, hay una necesidad de tener medidas numéricas de lo bien que las previsiones se están realizando. De lo contrario, no hay forma objetiva para juzgar cómo los cambios en la capacidades, equipos o modelos, afectan a la calidad de las predicciones. Los resultados producidos por un sistema de verificación pueden utilizarse para justificar la financiación para la mejora en formación de pronosticadores, equipamiento y para la investigación de mejores modelos de predicción. Desde el punto de vista **Científico** se refiere más a la comprensión, y por lo tanto a la mejora del sistema de pronóstico. Una mayor inversión en sistemas de verificación podría conllevar a una mayor evaluación de exactamente donde están las deficiencias del pronóstico, y con ello la posibilidad de mejorar la comprensión de los errores en los procesos físicos de los modelos, o también en los errores de interpretación de los pronosticadores. En lo **Económico**, el uso que generalmente se da para personalizar a los usuarios de los pronósticos. En ese sentido, los sistemas de verificación deben ser lo más sencillos posibles en cuanto a la comunicación de resultados, la complejidad surge debido a que diferentes usuarios tienen diferentes intereses. Por lo tanto, existe la necesidad de diferentes esquemas de verificación a la medida de cada usuario. Por ejemplo, consideremos un pronóstico de temperatura en invierno: el valor de esta es relevante para una compañía de electricidad, ya que la demanda varía con la temperatura de una manera gradual, en tanto que para una autoridad local de salud, más relevante sería la probabilidad de exceder un umbral, por debajo del cual debe prepararse acciones ante un incremento de enfermedades de vías respiratorias. En ambos ejemplos un pronóstico puede ser considerado razonablemente bueno para un usuario, pero puede ser considerado no tan bueno para el otro.

La “bondad” del pronóstico es como la “belleza”, esta es generalmente determinada por el ojo del espectador y tiene muchos aspectos. Murphy & Winkler (1987) reconoce algunos “atributos” de los pronósticos como; la fiabilidad, la resolución, la discriminación y la agudeza, con que pueden ser examinados. Cuál de estos atributos es más importante para el científico, el tomador de decisión o para un usuario final, determinará qué puntuación o medida podría ser la que prefiere cada uno para evaluar los pronósticos. La mayoría de las medidas de puntuación tienen algunos puntos fuertes, pero también puntos débiles, y en la mayoría de las circunstancias se necesitan una o más para obtener una visión más consensuada de las cualidades relativas de los pronósticos. Es en ese sentido Murphy (1993), da tres tipos de bondad para el pronóstico. **Consistencia** se refiere al grado de correspondencia entre el pronóstico publicado y el juicio del pronosticador basado en su evaluación subjetiva de la información basada en su conocimiento, incluyendo las incertidumbres. **Calidad** es el grado con el que el pronóstico corresponde con lo que realmente ocurrió y el **Valor** es el grado con el que el pronóstico ayuda a un tomador de decisión a concretar un beneficio económico.

## Habilidad de Pronósticos y acciones en Perú.

En sistemas de verificación de pronóstico, uno de las métricas más usadas es la de fiabilidad de atributos (Reliability diagram<sup>2</sup>), estas muestran y cuantifican la fiabilidad estadística de un sistema de pronóstico probabilístico, con mayor robustez, porque incluye en un solo gráfico la fiabilidad, resolución y agudeza del pronóstico. Un ejemplo de diagrama de atributos es mostrado en la (figura 3), para pronósticos con diferentes condiciones de inicio (octubre, noviembre, y diciembre) y con un umbral definido (70% probabilidad que exceda la climatología), para la estación lluviosa (enero-marzo) con el fin de evaluar dos modelos climáticos (CFS y ECMWF<sup>3</sup>) en la región noroeste del Perú, con datos observacionales de precipitación de CMORPH (Bazo et al., en preparación). Para un tomador de decisión, esta información puede ser valiosa, porque permitiría con anticipación saber la fiabilidad del pronóstico, el modelo a usar y cuánta probabilidad de que sus acciones puedan o no ser en vano.

<sup>2</sup>Grupo de trabajo en investigación de verificación y pronóstico <http://www.cawcr.gov.au/projects/verification/>

<sup>3</sup>(CFS) Climate Forecast System-NOAA, (ECMWF) Centro Europeo de Predicción del tiempo y Clima.

# Cambiando Paradigmas : La toma de decisión, pronósticos y su verificación.

Bazo J. y Coughlan E.

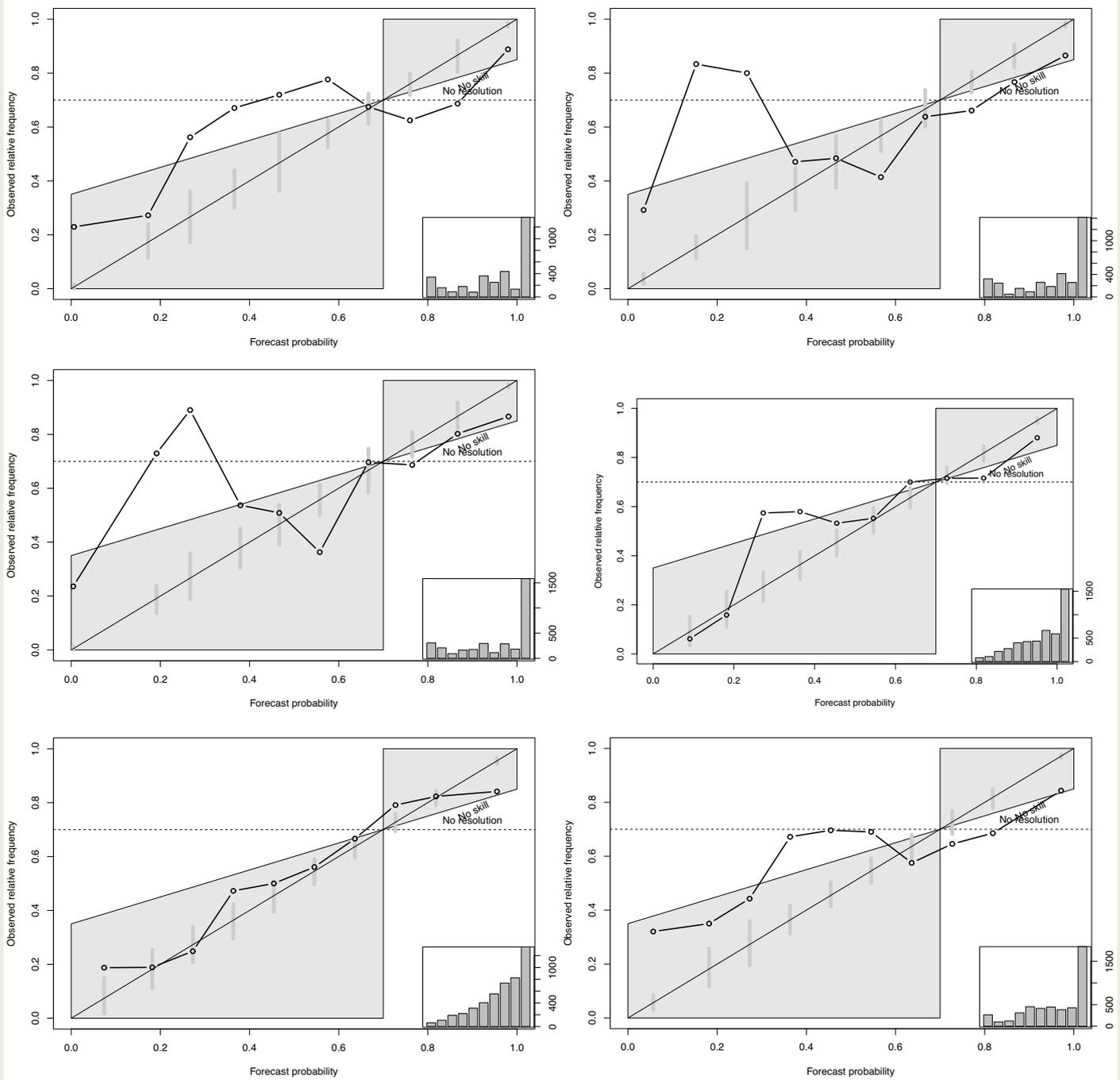


Figura 3. Diagrama de atributos a) CFS (EFM/CI-Oct), b) CFS (EFM/CI-Nov), c) CFS (EFM/CI-Dic), d) Pronóstico (EFM/CI-Oct), e) ECMWF (EFM/CI-Nov), f) ECMWF (EFM/CI-Dic).

# Cambiando Paradigmas : La toma de decisión, pronósticos y su verificación.

Bazo J. y Coughlan E.

La ocurrencia del evento El Niño 2015/16 y el conocido vínculo entre El Niño y el peligro de inundación en el norte de Perú llevó a la Cruz Roja, a implementar el mecanismo de financiamiento basado en pronósticos "Fbf" ("Forecast based financing"; Coughlan de Pérez et al., 2014), en la región norte del Perú (Piura y Lambayeque). La idea es tener un sistema que permita tomar acciones de preparación, antes de que un evento climático extremo ocurra, usando los pronósticos como guía. El mecanismo establecido usó diferentes procedimientos para activar acciones, según pronósticos con diferentes probabilidades, umbrales de peligro y diferentes tiempos de anticipación. Algunas acciones fueron activadas en el 2015 antes del impacto de El Niño, pero no para acciones de alto impacto. La Cruz Roja acordó hacer una intervención con un 50% de probabilidad de inundación y distribuir los artículos de primera necesidad con una probabilidad del 75%. Nosotros ahora estamos interesados en estudiar con más atención la fiabilidad de los pronósticos de El Niño para saber la real probabilidad para actuar. Este tipo de enfoque objetivo podría también aplicarse a otros ámbitos en los que el uso de los pronósticos probabilísticos es difícil de entender para los tomadores de decisión, permitiéndoles optimizar el uso de los recursos pero además facilitando la acción oportuna ante la incertidumbre.

## Referencias

- Barnston, A. G., & Mason, S. J. (2011). Evaluation of IRI's seasonal climate forecasts for the extreme 15% tails. *Weather and Forecasting*, 26(4), 545-554.
- Barnston, A. G., & Tippett, M. K. (2013). Predictions of Nino3.4 SST in CFSv1 and CFSv2: a diagnostic comparison. *Climate Dynamics*, 41(5-6), 1615-1633.
- Buizer, J. L., Foster, J., & Lund, D. (2000). Global impacts and regional actions: preparing for the 1997-98 El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81(9), 2121-2139.
- Brier, G. W., & Allen, R. A. (1951). Verification of weather forecasts. In *Compendium of meteorology* (pp. 841-848). American Meteorological Society.
- Cane, M. A., Zebiak, S. E., & Dolan, S. C. (1986). Experimental forecasts of El Niño. *Nature*, 321, 827-832.
- Coughlan de Perez, E., et al. Forecast-based financing: An approach for catalyzing humanitarian action based on extreme weather and climate forecasts. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2015, vol. 15, no 4, p. 895-904.
- Goddard, L., Aitchellouche, Y., Baethgen, W., Dettinger, M., Graham, R., Hayman, P., & Meinke, H. (2010). Providing seasonal-to-interannual climate information for risk management and decision-making. *Procedia Environmental Sciences*, 1, 81-101.
- Hamill, T. M., Whitaker, J. S., & Mullen, S. L. (2006). Reforecasts: An important dataset for improving weather predictions. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 87(1), 33.
- Hansen, J. W. (2002). Realizing the potential benefits of climate prediction to agriculture: issues, approaches, challenges. *Agricultural Systems*, 74(3), 309-330.
- Hoskins, B. (2013). The potential for skill across the range of the seamless weather - climate prediction problem: a stimulus for our science. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 139(672), 573-584.
- Lorenz, E. N. (1963). Deterministic nonperiodic flow. *Journal of the atmospheric sciences*, 20(2), 130-141.
- Murphy, A. H. (1993). What is a good forecast? An essay on the nature of goodness in weather forecasting. *Weather and forecasting*, 8(2), 281-293.
- Murphy, A. H., & Winkler, R. L. (1987). A general framework for forecast verification. *Monthly Weather Review*, 115(7), 1330-1338.
- Murphy, A. H., & Katz, R. W. (1985). *Probability, statistics, and decision making in the atmospheric sciences*. Westview Press.
- Myrne, K. R. (2002). Decision - making from probability forecasts based on forecast value. *Meteorological Applications*, 9(3), 307-315.
- Podesta, G., Letson, D., Messina, C., Royce, F., Ferreyra, R. A., Jones, J., & O'Brien, J. J. (2002). Use of ENSO-related climate information in agricultural decision making in Argentina: a pilot experience. *Agricultural Systems*, 74(3), 371-392.
- Saha, S., Moorthi, S., Wu, X., Wang, J., Nadiga, S., Tripp, P., ... & Ek, M. (2014). The NCEP climate forecast system version 2. *Journal of Climate*, 27(6), 2185-2208.
- Simmons, A. J., & Hollingsworth, A. (2002). Some aspects of the improvement in skill of numerical weather prediction. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 128(580), 647-677.
- Stewart, T. R., Pielke Jr, R., & Nath, R. (2004). Understanding user decision making and the value of improved precipitation forecasts: lessons from a case study. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 85(2), 223.
- Stockdale, T. N., Anderson, D. L., Balmaseda, M. A., Doblas-Reyes, F., Ferranti, L., Mogensen, K., & Vitart, F. (2011). ECMWF seasonal forecast system 3 and its prediction of sea surface temperature. *Climate dynamics*, 37(3-4), 455-471.
- Vitart, F., Robertson, A. W., & Anderson, D. L. (2012). Subseasonal to Seasonal Prediction Project: Bridging the gap between weather and climate. *Bulletin of the World Meteorological Organization*, 61(2), 23.
- Webster, P. J. (2013). Meteorology: Improve weather forecasts for the developing world. *Nature*, 493(7430), 17-19.
- Weisheimer, A., Doblas - Reyes, F. J., Palmer, T. N., Alessandri, A., Arribas, A., Déqué, M., & Rogel, P. (2009). ENSEMBLES: A new multi-model ensemble for seasonal-to-annual predictions—Skill and progress beyond DEMETER in forecasting tropical Pacific SSTs. *Geophysical research letters*, 36(21).

## Mecanismos de El Niño en modelos de pronóstico

Bryam Orihuela y Ken Takahashi  
Instituto Geofísico del Perú

### Introducción

Para el pronóstico de El Niño, los modelos climáticos globales (GCMs) son ampliamente utilizados. Sin embargo, los pronósticos de estos modelos de la temperatura superficial del mar (TSM) asociados a El Niño y La Niña en general no son tan acertados para la zona del Pacífico oriental, la cual tiene una directa y gran influencia con el clima en la región costera del Perú. Esto se debe en parte a incertidumbre en las condiciones iniciales, pero también a errores del modelo en representar la realidad. Por lo tanto, investigar los mecanismos físicos simulados por estos modelos asociados a los pronósticos que realizan de El Niño y La Niña, así como sus errores, es importante para entender y eventualmente mejorar los pronósticos.

### Objetivo

Aquí se resumen algunos resultados del estudio de Orihuela (2016) que se enfoca en el comportamiento de El Niño extraordinario en el marco de los pronósticos estacionales que se hacen operacionalmente utilizando GCMs, particularmente la representación de algunos procesos físicos clave, como por ej. la amplificación no-lineal en la retroalimentación de Bjerknes en el Pacífico oriental (Takahashi y Dewitte, 2015). Para esto, se analizaron pronósticos retrospectivos y en tiempo real de modelos compilados por el proyecto del North American Multi Model Ensemble (NMME, Kirtman et al., 2013).

### Resultados

Primero se documentaron los errores sistemáticos (promedios climatológicos) que tienen cada uno de estos modelos en diferentes meses de pronóstico y tiempos de anticipación, encontrando que estos errores en la TSM promedio en el Pacífico ecuatorial dependen del ciclo estacional. Entre los meses de agosto y enero, los modelos tienen errores comunes: sobreestiman cerca a la costa de Sudamérica y subestiman en el pacífico central y oeste.

Posteriormente, se calcularon los índices E y C (Takahashi et al., 2011) que representan la variabilidad interanual de la temperatura superficial del mar en el Pacífico ecuatorial, oriental y central, respectivamente, y se determinó que todos los modelos subestiman en promedio las anomalías de temperatura en el Pacífico oriental en diferente medida. Esto se cuantificó mediante el coeficiente de la regresión lineal entre E observado y E pronosticado para enero ("reg\_Jan") que siempre es menor a uno para todos los modelos y condiciones iniciales, reflejando esta subestimación.

Si bien se probó con diferentes índices para comparar entre los diferentes modelos e intentar identificar los factores que controlan el valor de reg\_Jan, la que probó ser más relevante es la posición del borde de la piscina cálida del Pacífico promedio a lo largo del ecuador, con una fuerte relación con la magnitud de reg\_Jan. La posición de la piscina cálida es importante para los procesos de interacción océano-atmósfera que tienen lugar en el Pacífico ecuatorial debido a que afecta el mecanismo de advección zonal de temperaturas que produce el calentamiento o enfriamiento asociados a El Niño y La Niña, respectivamente, en el Pacífico central (An & Jin, 2001), así como a la posición de la región de máxima precipitación asociada a la zona de aguas más cálidas (Fu et al., 1986; Picaut et al., 1996). La hipótesis detrás de este análisis se basa en que, si, en los modelos, la piscina cálida se encuentra más al oeste de lo observado, la zona de máxima gradiente zonal de temperaturas, también se encontraría desplazada en la misma dirección y por lo tanto la advección de temperatura zonal desde el oeste en los eventos El Niño y La Niña, se queda confinada solo hasta el Pacífico central. Así cuanto más al oeste esté la piscina cálida, los pronósticos de E serán más subestimados, lo cual se sugiere en la figura 1, donde los modelos que presentan el borde de la piscina cálida más hacia el oeste subestiman más el índice E.

# Mecanismos de El Niño en modelos de pronóstico

Bryam Orihuela y Ken Takahashi  
Instituto Geofísico del Perú

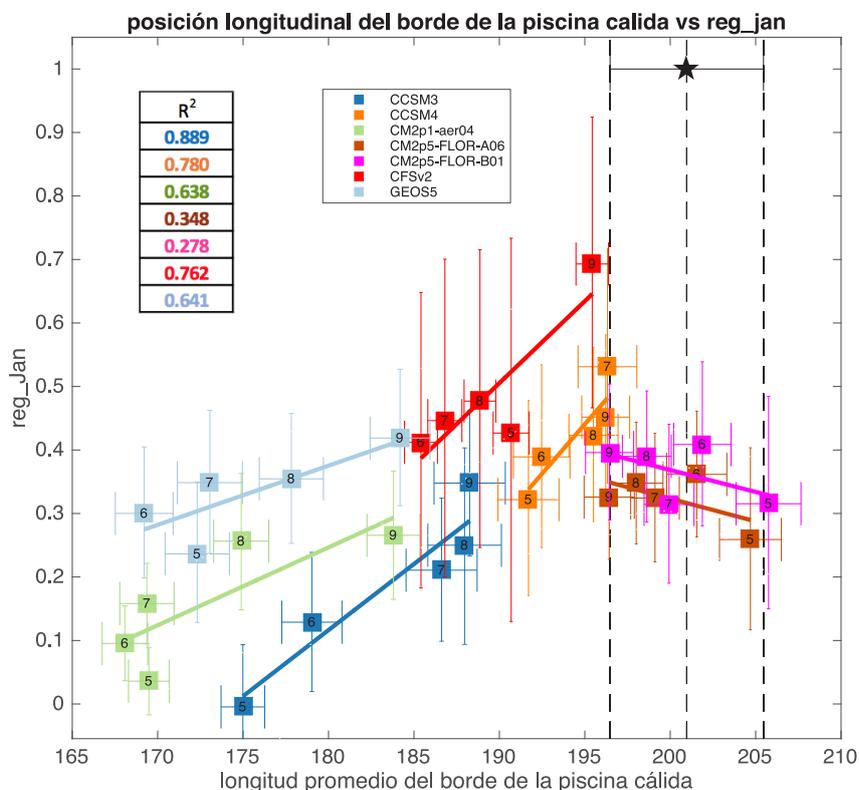


Figura 1. Diagrama de dispersión de la longitud promedio del borde este de la piscina cálida (isoterma de 28°C; Picaut et al., 1996) vs la pendiente de la regresión lineal de E observado y E pronosticado (Reg\_Jan). Cada punto indica un número correspondiente al mes de condición inicial. La estrella representa los valores: longitud del borde de piscina cálida= 200.9 (valor observado) y reg\_Jan=1 (valor de un pronóstico ideal). Las barras horizontales y verticales son los intervalos de confianza (error estándar) de cada punto al 90%. En el cuadro insertado, están los valores de  $R^2$  de cada una de las líneas de tendencia (asociadas por el color).

## Referencias

An SI, Jin FF (2001), Collective role of thermocline and zonal advective feedbacks in the ENSO mode. *J Clim* 14(16):3421–3432

Fu, C., H. Diaz, J. Fletcher, 1986: Characteristics of the response of sea surface temperature in the central Pacific associated with warm episodes of the Southern Oscillation, *Mon. Wea. Rev.*, 114, 1716–1738.

Kirtman BP, Min D, Infanti JM, Kinter JL, Paolino DA, Zhang Q, van den Dool H, Saha S, Peña M, Becker E, Peng P, Tripp P, Huang J, DeWitt DG, Tippet MK, Barnston AG, Li S, Rosati A, Schubert SD, Rienecker M, Suarez M, Li ZE, Marshak J, Lim YK, Tribbia J, Pegion K, Merryfield WJ, Denis B, Wood EF, 2013: The North American Multi-Model Ensemble (NMME): Phase-1 Seasonal to interannual prediction, Phase-2 Toward developing intra-seasonal prediction. *Bull. Amer. Met. Soc.*, doi:10.1175/BAMS-D-12-00050.1

Orihuela, B., 2016: Evaluación de los mecanismos de El Niño extraordinario dentro de los pronósticos retrospectivos de modelos climáticos. Tesis Ing. Meteorólogo, UNALM, Lima, Perú.

Picaut, J., M. Ioualalen, C. Menkes, T. Delcroix, M. McPhaden, 1996. Mechanism of the Zonal Displacements of the Pacific Warm Pool: Implications for ENSO. *Science*, 274(5292), pp.1486-1489.

Takahashi, K., A. Montecinos, K. Goubanova, B. Dewitte, 2011: ENSO regimes: reinterpreting the canonical and Modoki El Niño. *Geophysical Research Letters*. 38(10).

Takahashi, K., B. Dewitte, 2015: Strong and moderate nonlinear El Niño regimes. *Climate Dynamics*, doi:10.1007/s00382-015-2665-3

# Resumen del Informe Técnico PPR/El Niño - IGP/ 2016-10

**Advertencia:** El presente informe sirve como insumo para el Comité 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

Según el valor del Índice Costero El Niño (ICEN), las condiciones climáticas de la costa peruana continúan siendo Neutras, con el valor del ICEN de  $+0.17^{\circ}\text{C}$  para el mes de setiembre. Los valores temporales del ICEN (ICENtmp), indican que para los meses de octubre y noviembre las condiciones también serían Neutras. Para el Pacífico central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI) de la NOAA corresponde a condiciones frías débiles, al igual que los estimados para octubre y noviembre, que de confirmarse el ONI de octubre, implicaría un evento La Niña en el Pacífico central débil.

El pronóstico de la temperatura superficial del mar de los siete modelos numéricos internacionales, para la región del Pacífico oriental, con condiciones iniciales del mes de noviembre, indican en promedio condiciones neutras para el verano (diciembre 2016-marzo 2017). Para la región del Pacífico central los 7 modelos predicen condiciones cálidas frías para el mes de noviembre, mientras que para los meses de diciembre y enero (3/17) indican condiciones frías débiles.

La onda Kelvin que se formó en el mes de setiembre, por el pulso del viento del este continua su desplazamiento a la costa americana, aunque como las ondas anteriores, muestra una disminución en su intensidad como consecuencia, aparentemente, de la pendiente de la termoclina y de las anomalías de viento del oeste en la región oriental. Esta onda debería arribar a nuestras costas a fines de noviembre.

## Índice Costero El Niño

Utilizando los datos de Temperatura Superficial del Mar (TSM) promediados sobre la región Niño 1+2, actualizados hasta el mes de octubre de 2016 del producto ERSST v3b generados por el Climate Prediction Center (CPC) de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, EEUU), se ha calculado el Índice Costero El Niño (ICEN; ENFEN 2012) hasta el mes de setiembre de 2016. Los valores se muestran en la Tabla 1.

Año	Mes	ICEN	Condiciones costeras del mes
2016	Junio	0.43	Cálida Débil
2016	Julio	0.29	Neutra
2016	Agosto	0.17	Neutra
2016	Setiembre	0.14	Neutra

Tabla 1. Valores recientes del ICEN.

(Descarga: <http://www.met.igp.gob.pe/datos/icen.txt>)

El valor del ICEN para el mes de setiembre indica condición Neutra. Se recuerda que, para declarar El Niño o La Niña en la costa, las condiciones costeras deben ser cálidas o frías durante al menos 3 meses consecutivos (ENFEN, 2012)

Por otro lado, para el Pacífico Central (Niño 3.4), el ONI (Ocean Niño Index en inglés; <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/oni.ascii.txt>), actualizado por la NOAA al mes de setiembre de 2016, es de  $-0.73^{\circ}\text{C}$ , correspondiente a condiciones Frías Débiles<sup>1</sup>, el cual esta continúa la tendencia negativa desde el máximo alcanzado en diciembre 2015 ( $+2.27^{\circ}\text{C}$ , cálida muy fuerte). Los valores estimados (ONItmp) para octubre y noviembre, combinando observaciones y pronósticos, indican condiciones frías débiles en ambos meses. De confirmarse esto para octubre, se confirmaría La Niña débil en el Pacífico central.

## Diagnóstico del Pacífico Ecuatorial

En el Pacífico central continuó la convección reducida, lo que junto con los vientos anómalos del este, indican el acoplamiento de la atmósfera a las condiciones oceánicas frías. Este comportamiento es similar al de años La Niña en el Pacífico central observados. La región Niño 3.4, continua con anomalías de la TSM (IR, MW, OSTIA) negativas, en promedio  $-0.7^{\circ}\text{C}$ . Por otro lado, en la región Niño 1+2 la anomalía de la TSM se mantuvo positiva, en promedio dentro de lo normal, pero fluctuando a nivel interdiario entre  $0^{\circ}\text{C}$  y  $+1^{\circ}\text{C}$ . El viento zonal (este-oeste) en el Pacífico central ( $160^{\circ}\text{E}$ - $160^{\circ}\text{W}$ ;  $5^{\circ}\text{S}$ - $5^{\circ}\text{N}$ ) continuó con anomalía mensual del este con menor intensidad que el mes anterior, reflejando el acoplamiento mencionado. La termoclina ecuatorial continuó mostrando una inclinación este-oeste ligeramente más pronunciada que el mes anterior, el contenido de calor oceánico ecuatorial se mantuvo anómalamente negativo. Por otro lado, la termoclina en el Pacífico oriental, en los puntos  $110^{\circ}\text{W}$  y  $95^{\circ}\text{W}$ , continuó mostrando anomalías negativas, aunque en los últimos días de octubre se observó incremento de las anomalías negativas en  $95^{\circ}\text{W}$ . Según los datos de Argo (Aparco et al., 2014), la onda Kelvin fría generada por las anomalías negativas de viento del este en el mes de setiembre, muestra disminución en su intensidad posiblemente por la acción de anomalías de vientos del oeste en el Pacífico oriental y/o por reflexión como ondas Rossby

<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).

# Resumen del Informe Técnico PPR/EI Niño - IGP/ 2016-10

debido a la termoclina inclinada en el Pacífico oriental (Mosquera et al., 2014), aunque también es posible que la velocidad de propagación haya disminuido asociado a la menor profundidad de la termoclina en la región oriental (Figura 1).

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

La onda Kelvin que se formó en el mes de setiembre, continua su desplazamiento a la costa americana, sin embargo muestra disminución en su intensidad, como consecuencia aparente de la pendiente de la termoclina y de las anomalías de los vientos del oeste en la región oriental. Esta onda debería llegar a fines de noviembre y su impacto se extendería durante todo el mes de

## Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), los pronósticos de los 7 modelos climáticos de NMME (CFSv2, NASA\_GEOS5, FLOR, CM2.1, NCAR\_CCM4, CMC1 y CMC2) inicializados en noviembre, indican que para los meses de noviembre y diciembre, las anomalías de TSM serían neutras (Fig. 2). En general, estos pronósticos son menos fríos que los inicializados en octubre. Igualmente, para el verano (diciembre 2016-marzo 2017), todos esos modelos indican condiciones neutras.

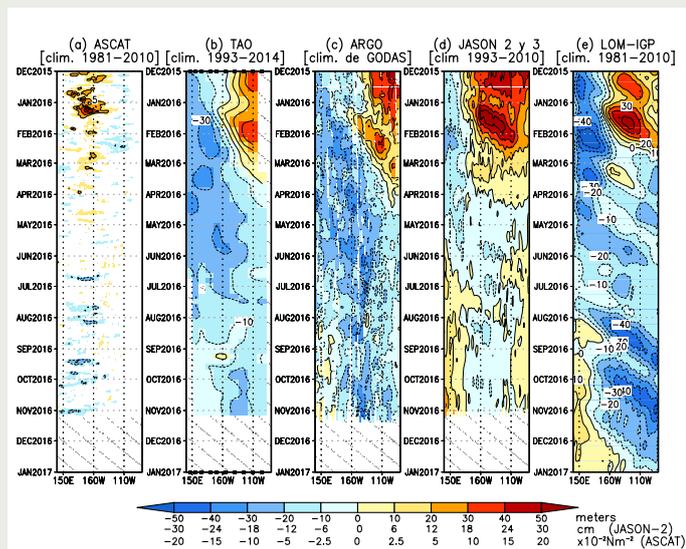
Por otro lado, para el Pacífico central (Niño 3.4), se considera los 7 modelos de NMME inicializados noviembre y los modelos ECMWF, POAMA, UKMO y MRI con condiciones iniciales de octubre. Según el pronóstico de los modelos de NMME, para los meses de noviembre y diciembre se esperan en promedio condiciones frías débiles, mientras que, de los otros 4 modelos analizados, 3 indican condiciones frías débiles y 1 condición neutras para ambos meses. Para el verano (diciembre 2016-marzo 2017), los modelos de NMME indican condiciones neutras.

El patrón espacial de las anomalías de TSM pronosticado por los modelos de NMME indica en promedio que en el Pacífico ecuatorial se tendrían valores negativos en la zona central y neutros en el oriental. El modelo ECMWF (inicializado en octubre) indica que a partir de marzo 2017 se presentarían condiciones cálidas en el Pacífico ecuatorial oriental y neutras en el central, indicando que existe la posibilidad de El Niño débil en el verano.

Se hace notar que el NOAA CPC, quienes coordinan el proyecto NMME, presenta en su página web (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/current/plume.html>) una versión de los pronósticos de Niño 3.4 a la que aplican un ajuste basado en pronósticos previos (breve explicación en <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/current/plume.descr.html>). Esta tiene aproximadamente el efecto de reducir la amplitud de las anomalías, por lo que con el ajuste los pronósticos son menos fríos.

## Conclusiones:

1. El ICEN para setiembre de 2016 fue de 0.14 (Neutro) y el ICEN<sub>tmp</sub> para octubre y noviembre es 0.12 y 0.07, respectivamente, ambos siendo condiciones Neutras. Los valores de la anomalía de la TSM en la región Niño 1+2 se ha mantenido, mayormente, con valores positivos aunque dentro del rango normal.



diciembre si la estructura de la termoclina es la misma y produce la misma dispersión de energía que se dio con la onda Kelvin anterior.

Un nuevo pulso de viento del este, localizado al oeste de la línea de cambio de fecha (Fig1a) y a inicios del mes de noviembre, debería generar una onda Kelvin según el modelo lineal (Mosquera, 2009; Mosquera et al., 2010; Mosquera, 2014) (Fig.1e). Es necesario esperar la evolución de esta onda. También se han observado anomalías ligeras del vientos del este cerca de los 100°W según las boyas TAO, lo cual podría contribuir a enfriar la costa a corto plazo.

# Resumen del Informe Técnico PPR/El Niño - IGP/ 2016-10

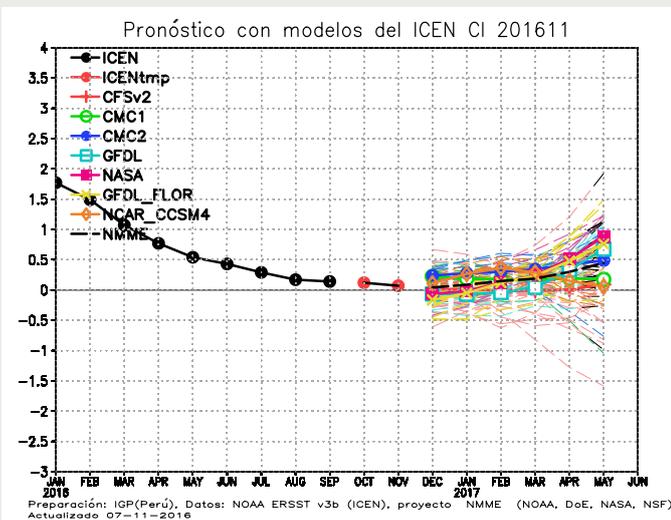


Figura 2. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y sus valor temporal (ICENTmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, GFDL\_FLOR y NCAR\_CCSM4 tienen como condición inicial el mes de noviembre de 2016. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME).

2. En el Pacífico central, el ONI de setiembre (ASO) correspondió a condiciones frías débiles, al igual que el estimado para octubre. *De verificarse este último, se confirmaría La Niña débil en el Pacífico central.* La ATSM en la región Niño 3.4, durante octubre ha fluctuado alrededor de los  $-0.7^{\circ}\text{C}$ .

3. La onda Kelvin formada por el pulso de viento del este en la segunda quincena de julio, debilitada en su trayectoria hacia el continente americano, ha iniciado su impacto en la costa americana. Esta onda muestra una dispersión de su energía que provocaría que su impacto se extienda hasta la segunda quincena de noviembre. La dispersión de su energía se debería a la pendiente de la termoclina en la región oriental.

4. La onda Kelvin que se formó por el pulso de viento del este en el mes de setiembre continúa su desplazamiento hacia la costa americana aunque, como las ondas anteriores, muestra una disminución en su intensidad como consecuencia, aparentemente, de la pendiente de la termoclina y de las anomalías de viento del oeste en la región oriental. Esta onda debería llegar a fines de noviembre y su impacto se extendería durante todo el mes de diciembre si la estructura de la termoclina es la misma y produce la misma dispersión de energía que se dio con la onda Kelvin anterior.

5. Se nota que los datos de TAO muestran anomalía mensual de viento del este alrededor de  $100^{\circ}\text{W}$  en octubre, lo cual podría haber contribuido al enfriamiento costero.

6. Un nuevo pulso de viento del este, localizado al oeste de la línea de cambio de fecha y a inicios del mes de noviembre, debería generar una onda Kelvin según el modelo lineal. Es necesario esperar la evolución de esta onda.

7. El contenido de calor oceánico ecuatorial se mantuvo anómalamente negativo. La anomalía de la inclinación de la termoclina se mostró ligeramente más pronunciada que el mes anterior.

8. Para el Pacífico oriental (Niño 1+2), de los 7 modelos inicializados en noviembre, todos indican que el mes de diciembre presentaría condiciones neutras. En general, estos pronósticos son menos fríos que los inicializados en octubre. Para el verano (diciembre 2016-marzo 2017), los modelos también predicen condiciones neutras.

9. Para el Pacífico central (Niño 3.4), de los 7 modelos inicializados en noviembre, todos predicen condiciones neutras. De estos mismos modelos inicializados en octubre, 6/7 predecían neutro y 1/7 La Niña.

## Referencias

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

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.

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.

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., 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

# Comunicado Oficial ENFEN

## COMITÉ MULTISECTORIAL ENCARGADO DEL ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO EL NIÑO (ENFEN)



### COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 15 - 2016 Condiciones neutras frente a la costa del Perú hasta finales del próximo verano

El Comité Multisectorial encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) mantiene el estado de Alerta "No activo"<sup>1</sup>. Sin embargo, la temperatura superficial del mar (TSM), a lo largo de la franja costera del Perú, continuó ligeramente por encima del promedio, aunque dentro del rango neutral.

Para el próximo verano, el Comité Multisectorial ENFEN, en base al análisis de los pronósticos nacionales e internacionales y de las observaciones, mantiene la mayor probabilidad de condiciones neutras tanto en el Pacífico Ecuatorial Central como frente a la costa del Perú.

El Comité encargado 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 octubre de 2016 y sus perspectivas.

En la región del Pacífico Central (Niño 3.4)<sup>2</sup>, la anomalía de la temperatura superficial del mar (TSM) continuó con una tendencia negativa (Figura 1a), con un valor mensual de  $-0,70^{\circ}\text{C}$ . La actividad convectiva, la subsidencia<sup>3</sup> y el viento zonal en el Pacífico Central mostró un acoplamiento favorable al enfriamiento. La sexta onda Kelvin fría, formada a fines de setiembre, continúa su propagación hacia la costa sudamericana, lo que ha contribuido a la reducción de la temperatura en el Pacífico Central y Oriental. Asimismo, la termoclina ha continuado mostrando una inclinación este-oeste ligeramente mayor a lo normal. Además, a fines de octubre e inicios de noviembre se registró un nuevo pulso de vientos del este, al oeste de la línea de cambio de fecha.

En el Pacífico Ecuatorial Oriental (región Niño 1+2, frente a la costa norte de Perú y la costa del Ecuador), la anomalía de la TSM descendió ligeramente a  $+0,36^{\circ}\text{C}$  en promedio (Figura 1b). El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) para setiembre fue  $+0,14^{\circ}\text{C}$  (Condición Neutra) y el estimado para octubre también es de condición neutra.

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS) presentó, en general, una intensidad de débil a normal. Sin embargo, entre los días 16 y 20 de octubre, se presentó una intensificación de este sistema atmosférico. El mismo patrón temporal fue mostrado por los vientos costeros, que en general fueron más débiles al norte de los  $7^{\circ}\text{S}$ .

Las temperaturas extremas del aire continúan mostrando anomalías positivas, principalmente en la temperatura máxima, desde el fin del evento El Niño costero (junio). En la costa norte se presentaron anomalías de  $+2,1^{\circ}\text{C}$  para la temperatura máxima y  $+0,3^{\circ}\text{C}$  para la temperatura mínima. En la costa central, las anomalías fueron de  $+2,3^{\circ}\text{C}$  en la temperatura máxima y  $+1,1^{\circ}\text{C}$  en la temperatura mínima, mientras que en la costa sur, las anomalías fueron de  $+0,9^{\circ}\text{C}$  y  $+1,0^{\circ}\text{C}$ , respectivamente.

La anomalía mensual de la TSM en el litoral promediada entre Paita e Ilo se mantuvo en el valor de  $+0,6^{\circ}\text{C}$ . En cambio, en Talara la TSM tuvo una anomalía negativa de  $-1,7^{\circ}\text{C}$  (Figura 2).

Las aguas oceánicas (con valores de salinidad mayores a 35,1 ups<sup>4</sup>) continuaron mostrando un acercamiento hacia la costa, principalmente entre Chimbote y Huacho, hasta una distancia promedio de 15 millas de la costa. En cambio, las aguas costeras frías (menos salinas) al sur de Pisco y frente a San Juan se extendieron hasta una distancia de 60 millas desde la costa.

### PERSPECTIVAS

Se prevé que la sexta onda Kelvin fría, formada durante setiembre, de mantener su velocidad de propagación, estaría arribando a la costa de Sudamérica entre fines de noviembre y diciembre, lo que contribuiría a mantener la anomalía negativa de la temperatura en la columna de agua frente a la costa norte.

<sup>1</sup>Estado de Alerta "No activo": Corresponde a condiciones neutras o cuando el Comité ENFEN espera que El Niño o La Niña costeros están próximos a finalizar, para mayor información consultar a: [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe\\_infco\\_nota\\_tecni01\\_enfen2015.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_infco_nota_tecni01_enfen2015.pdf)

<sup>2</sup>Región Niño 3.4:  $5^{\circ}\text{S} - 5^{\circ}\text{N}$ ,  $170^{\circ}\text{W} - 120^{\circ}\text{W}$

<sup>3</sup>Subsidencia es el descenso del aire frío hacia la superficie terrestre

<sup>4</sup>Ups unidades prácticas de salinidad



# Comunicado Oficial ENFEN

Para los siguientes meses, todos los modelos globales inicializados a inicios de noviembre pronostican el desarrollo de condiciones neutras para el Pacífico Central (región Niño 3.4) durante el verano 2016 - 2017. De igual forma para la región Oriental (Niño 1+2), todos los modelos globales continúan pronosticando condiciones neutras hasta fines del verano inclusive.

El Comité Multisectorial ENFEN, en base al análisis de los pronósticos nacionales e internacionales y de las observaciones, mantiene la mayor probabilidad de ocurrencia que se presenten condiciones neutras frente a la costa del Perú hasta finales del próximo verano.

Las Tablas 1 y 2 de acuerdo al juicio experto, muestran las probabilidades estimadas de las magnitudes de La Niña – El Niño. En resumen, se estima una mayor probabilidad de que se mantengan las condiciones neutras en el Pacífico Oriental (79%). Para el Pacífico Central, se estiman como más probables las condiciones neutras (70%), seguidas por La Niña débil (23%).

El Comité Multisectorial ENFEN continuará informando sobre la evolución de las condiciones observadas y actualizando, mensualmente, la estimación de las probabilidades de las magnitudes de El Niño y La Niña en el Pacífico Oriental y en el Pacífico Central para el verano.

Comité Multisectorial ENFEN Callao-Perú,  
11 de noviembre de 2016

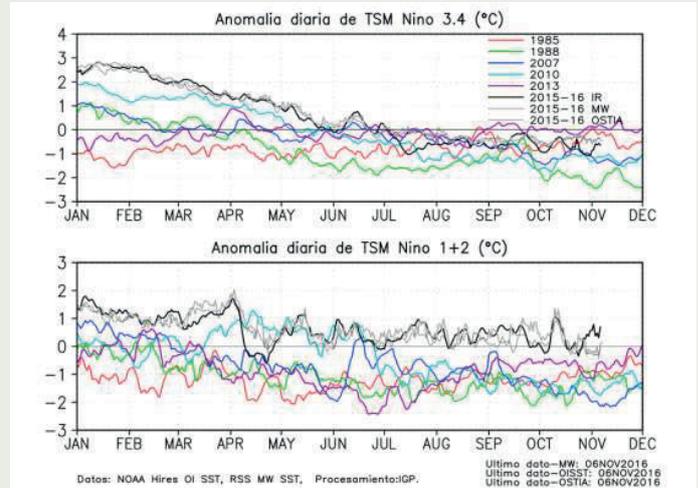


Figura 1. a) Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 y en b) la región Niño 1+2. Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del producto OSTIA, respectivamente. Las líneas de color rojo, azul, celeste y verde, indican la evolución de la anomalía de la TSM para los años de La Niña costera 1985, 2007, 2010 y 1988.

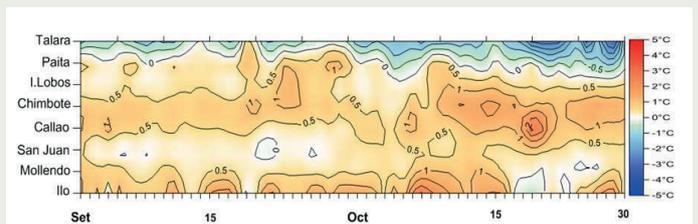


Figura 2. Diagrama Hovmöller de la evolución de la anomalía de la TSM a lo largo del litoral desde el 01 de setiembre al 31 de octubre 2016, en base a las observaciones diarias en las estaciones de la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN).

Tabla 1. Probabilidades Estimadas de las magnitudes de El Niño costero – La Niña costera en el verano 2016-2017 (diciembre 2016-marzo 2017)

Magnitud del evento durante Diciembre 2016-marzo 2017	Probabilidad de ocurrencia
La Niña moderado-fuerte	1%
La Niña débil	13%
Neutro	79%
El Niño débil	6%
El Niño moderado-fuerte-extraordinario	1%

Tabla 2. Probabilidades Estimadas de las magnitudes de El Niño – La Niña en el Pacífico Central en el verano 2016-2017 (diciembre 2016-marzo 2017)

Magnitud del evento durante Diciembre 2016-marzo 2017	Probabilidad de ocurrencia
La Niña moderado-fuerte	1%
La Niña débil	23%
Neutro	70%
El Niño débil	5%
El Niño moderado-fuerte-extraordinario	1%



© 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:

