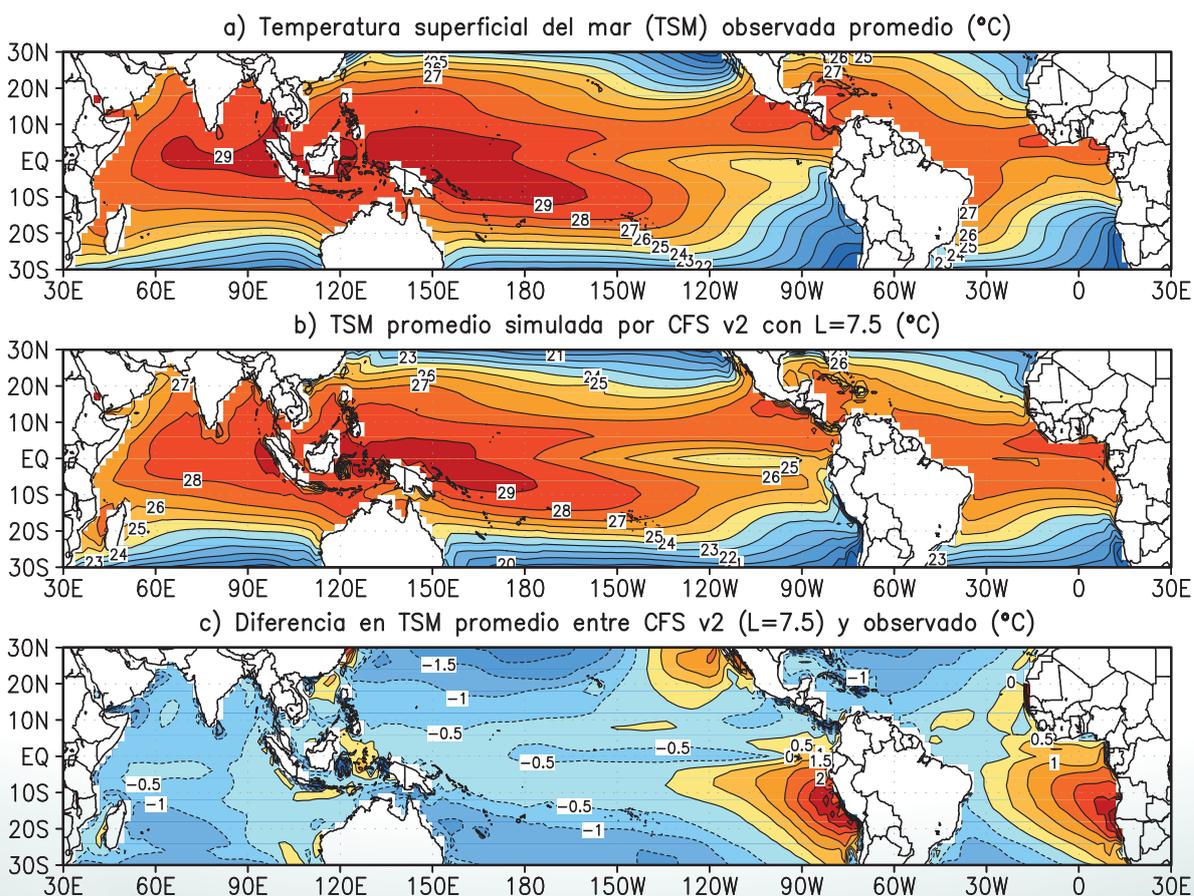


Programa Presupuestal por Resultados N° 068: "Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres" Producto: "Entidades informadas en forma permanente y con pronósticos frente al Fenómeno El Niño"

"Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño"

Boletín Técnico

Diferencia entre la temperatura del mar observada y simulada



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: Entidades informadas en forma permanente y con pronósticos frente al Fenómeno El Niño.

Actividad: Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño.

Manuel Pulgar Vidal
Ministro del Ambiente

Ronald Woodman
Presidente Ejecutivo IGP

José Macharé
Director Técnico IGP

Ken Takahashi
Responsable Producto El Niño - IGP

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

Edición: Cristiana Leucci
Diseño y Diagramación: Dante Guerra

Carátula: Takahashi, 2015.

Instituto Geofísico del Perú
Calle Badajoz 169 Mayorazgo
IV Etapa - Ate
Teléfono (511) 3402200

Impreso por:
Lettera Gráfica SAC.
Av. La Arboleda 431 - Ate
Teléfono (511) 7150315

Lima, Agosto del 2015

Hecho el Depósito Legal en la
Biblioteca Nacional del Perú N° 2015-11587

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 “Entidades informadas en forma permanente y con pronósticos frente al Fenómeno El Niño”, 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 modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia 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.



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.

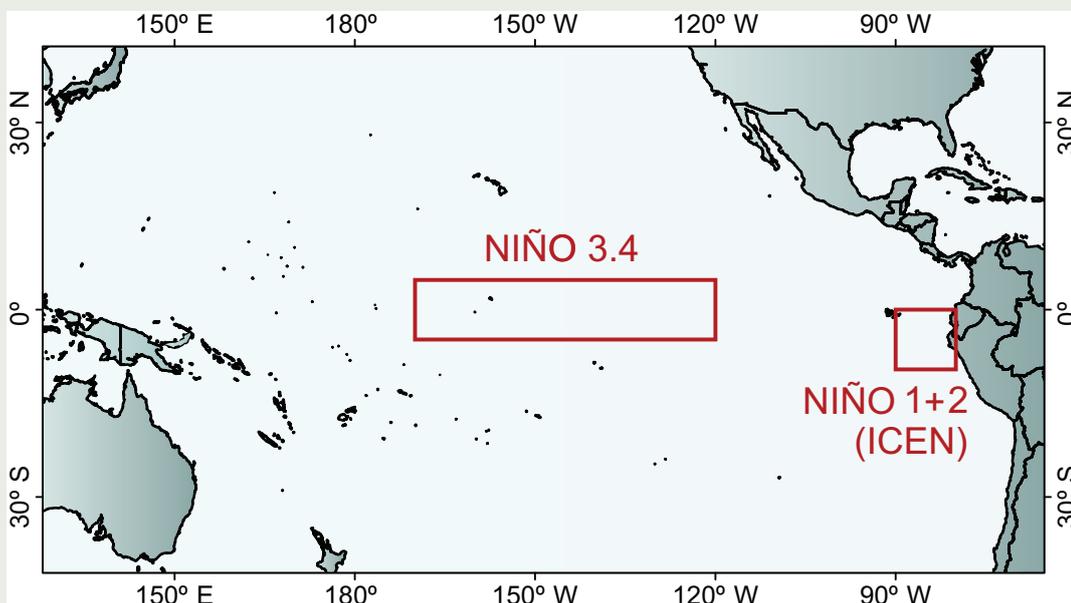
El Comité Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), conformado por representantes de IMARPE, DHN, IGP, SENAMHI, ANA e Indeci, es el ente que genera la información oficial de monitoreo y pronóstico del Fenómeno El Niño y otros asociados.

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.

Modelos climáticos y sus errores promedio en el Pacífico

1. Introducción

Las herramientas más sofisticadas con las cuales cuentan los científicos para el estudio y pronóstico de El Niño son los llamados “modelos climáticos globales” (GCMs, por sus siglas en inglés). Estos consisten en programas computacionales que resuelven en forma aproximada las ecuaciones que gobiernan la dinámica de fluidos del sistema acoplado conformado por el océano y la atmósfera, lo cual permite contar con las variaciones temporales de la distribución 3D de variables básicas (temperatura, humedad, salinidad del mar, viento, corrientes, presión, etc.) sobre todo el planeta. Sin embargo, si bien varias de estas ecuaciones se pueden considerar como leyes fundamentales de la física (segunda ley de Newton, conservación de la masa y la energía, etc.), se deben hacer aproximaciones para que su solución sea computacionalmente posible. Estas aproximaciones son fuente importante de error en los modelos, que en primer lugar se manifiestan como errores en la representación del clima promedio que, a su vez, pueden afectar la representación de El Niño y otros fenómenos.

A continuación se discutirá en más detalle algunas de las limitaciones de los GCMs con respecto a la representación del clima promedio en región del océano Pacífico Tropical y algunas implicancias para la simulación de El Niño.

2. Resolución espacial

La primera aproximación necesaria en los modelos es la de utilizar métodos numéricos, como las “diferencias finitas”, que expresan las variaciones continuas de variables como la temperatura en el espacio y el tiempo mediante sus valores en una grilla discreta. Es decir que ya no se cuenta con datos en todos los puntos en el espacio y el tiempo, sino en solo algunos puntos representativos. El espaciamiento entre estos puntos nos indica la “resolución” del modelo y, evidentemente, mientras más pequeño es el espaciamiento en la grilla más alta será la resolución, pero también más cálculos se necesitará realizar. Por las limitaciones actuales en potencia de cómputo, en la práctica se utilizan grillas con espaciamiento horizontal del orden de 100 km entre sus puntos. Por ejemplo, en la Figura 1a se muestra la topografía del territorio peruano estimada sobre una grilla de aproximadamente un kilómetro de espaciamiento, mientras que en la Figura 1b se muestra su representación en el GCM de pronóstico CFS v2 de la NOAA de los EE.UU., cuya grilla tiene un espaciamiento de aproximadamente 100 km, que es típico en los modelos climáticos actuales. Claramente el modelo no puede representar los detalles de la geografía peruana, particularmente los valles o montañas. Más aún,



Ph. D. Ken Takahashi Guevara
Investigador Científico del
Instituto Geofísico del Perú

Ph. D. en Ciencias Atmosféricas de la University of Washington, Seattle, EEUU y Físico de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Actualmente es investigador científico en el Instituto Geofísico del Perú, donde está a cargo del área de Investigación en Variabilidad y Cambio Climático, y representa al IGP en el Comité Técnico del ENFEN. Además, es investigador principal del proyecto “Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes”. Recientemente su investigación está enfocada en entender las condiciones que favorecen la ocurrencia de eventos El Niño extremos, los procesos de interacción entre el océano y atmósfera, identificar la variabilidad a escala decadal en el Pacífico sureste.

se puede observar que en este GCM la topografía costera se extiende hacia el interior del mar, lo cual afectará la simulación oceánica. Además, se observa que existen regiones en el océano donde la superficie está por encima del nivel del mar, lo cual está asociado a las llamadas “oscilaciones Gibbs” originadas por el uso del método espectral (ej. Navarra et al., 1995), aunque este problema es específico de algunos modelos.

Si bien la potencia computacional aumenta continua y aceleradamente, no necesariamente los institutos que corren estos modelos operacionalmente aumentan la resolución espacial. Esto se debe en primer lugar al crecimiento geométrico en la demanda computacional asociado al aumento de la resolución. Para entender esto, imaginemos que queremos duplicar la resolución espacial al doble. Esto implica tener el doble de puntos de grilla en la dirección oeste-este y el doble de puntos en la dirección sur-norte, o sea un aumento de cuatro veces el número de puntos en la grilla. Además, si denotamos al espaciamiento en la dirección oeste-este y sur-norte como Δx y en el tiempo como Δt , entonces los modelos tienen la restricción de que el ratio $\Delta t/\Delta x$ debe mantenerse por debajo de un valor máximo¹ ya que, de otra manera, el método numérico se vuelve “inestable” y pequeños errores de cálculo aumentarán exponencialmente hasta el infinito, haciendo fracasar la simulación. Entonces, si se quiere duplicar la resolución espacial (reducir Δx a la mitad), también debemos reducir Δt a la mitad. Esto implica el doble de pasos en el tiempo para simular un periodo dado. Entonces, en total tenemos que realizar un factor de 8 veces más cálculos si queremos aumentar la resolución en un factor de 2. Por la misma razón, un aumento en la resolución por un factor de 4 requiere un aumento en el número de cálculos de 64.

¹Criterio de estabilidad de Courant-Friedrich-Lewy (CFL).

Por otro lado, no es obvio que aumentar la resolución mejore el pronóstico. Por ejemplo, supongamos que una simulación con un GCM con grilla de 100 km nos diga que habrá un evento El Niño intenso y, a grandes rasgos, lloverá más en la costa norte, pero sin mayor detalle de la distribución espacial de la lluvia (e.g. ¿Lloverá más en la ciudad de Piura o Sullana?). Si bien es razonable esperar que un modelo con una grilla de 10 km nos dé más detalle, si el GCM se equivoca y no ocurre el evento El Niño, la versión con mayor resolución también nos dará un resultado errado, solo que con mayor detalle. Ante esta situación, quizás se podría considerar aprovechar la potencia de cómputo para aumentar el número de corridas (miembros) en el “ensemble” para asegurarnos de capturar todas las posibilidades y luego utilizar algún otro método de regionalización (“downscaling”) para estimar el detalle deseado.

3. Parametrizaciones físicas

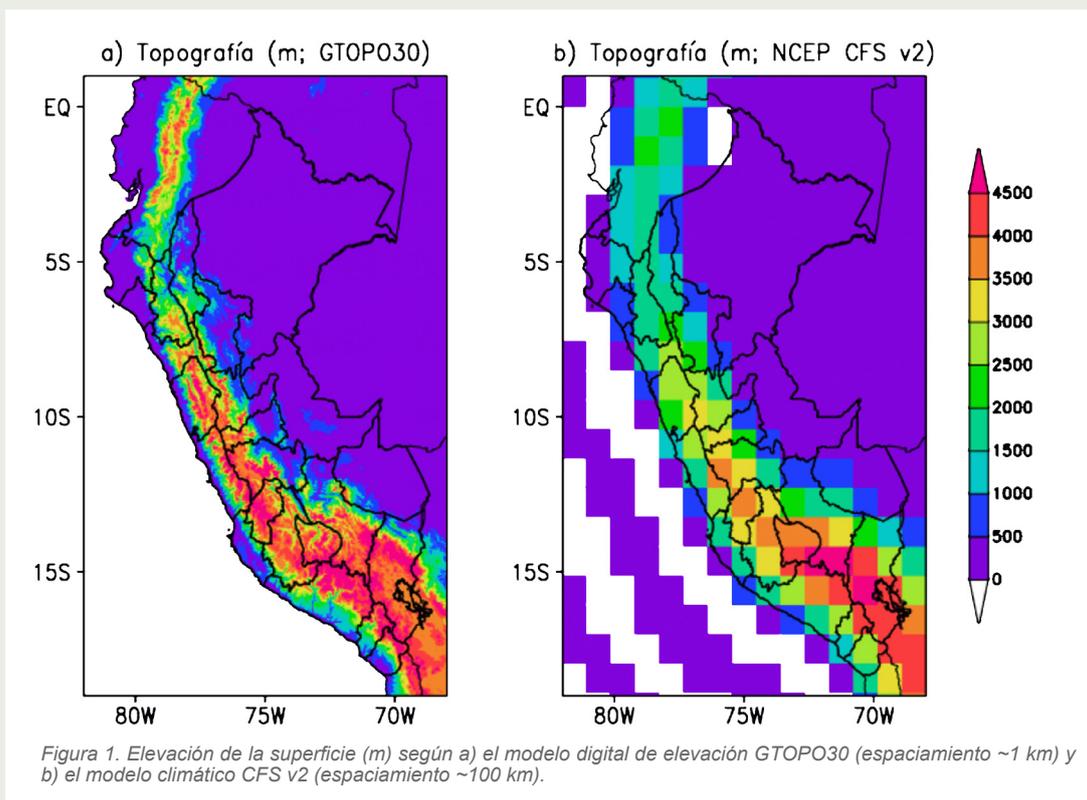
Aún si la resolución espacial de los modelos aumente cada vez más, siempre habrán procesos cuya escala es demasiado pequeña para ser representados explícitamente. Por ejemplo, tenemos los remolinos turbulentos dentro de la “capa límite planetaria” que pueden tener escalas de metros pero que son cruciales para la transferencia de calor y humedad desde la superficie a la atmósfera. También están las nubes que afectan a la radiación y precipitación pero cuya escala puede ser de cientos de metros. Más aún, dentro de las nubes tenemos los procesos “microfísicos” que llevan desde la nucleación de pequeñas gotas de agua, su crecimiento a través de procesos de difusión, su caída y la colisión con otras gotas, hasta, en algunos casos, la coalescencia o su fragmentación, etc. Todos

estos procesos influyen en la dinámica a la escala de las tormentas y deben ser también representados.

La dinámica de los fluidos tiene una naturaleza “no-lineal” que, entre otras cosas, implica una interacción entre las diferentes escalas espacio-temporales. Es decir, aún si nos interesa saber qué pasa a una escala de 10 km, debemos considerar lo que ocurre a una escala de 10 m, aunque sea en forma aproximada. Estas aproximaciones son llamadas “parametrizaciones físicas” y consisten en algoritmos basados en una combinación de leyes físicas con resultados empíricos y criterio experto que son incorporados en los modelos para estimar los efectos de estos procesos de pequeña escala sobre la escala mayor que sí es representada explícitamente en los modelos. Debido a que existe un elemento de subjetividad en estos esquemas de parametrización, son quizás la principal fuente de incertidumbre en los modelos y el principal aspecto en que se distinguen los modelos de diferentes laboratorios. Por ejemplo, las discrepancias entre las proyecciones de cambio climático futuro se pueden rastrear hasta la forma en que estos modelos representan la respuesta de las nubes bajas, como las que tenemos en nuestra costa, al calentamiento global (Sherwood et al., 2014).

4. Errores en el clima promedio

Una forma en que los errores asociados a la resolución espacial y las parametrizaciones físicas se traducen en errores de pronóstico es a través de los errores en la representación del clima promedio, lo cual, a su vez, puede afectar a los mecanismos de retroalimentación y de forzamiento relevantes a la variabilidad climática.

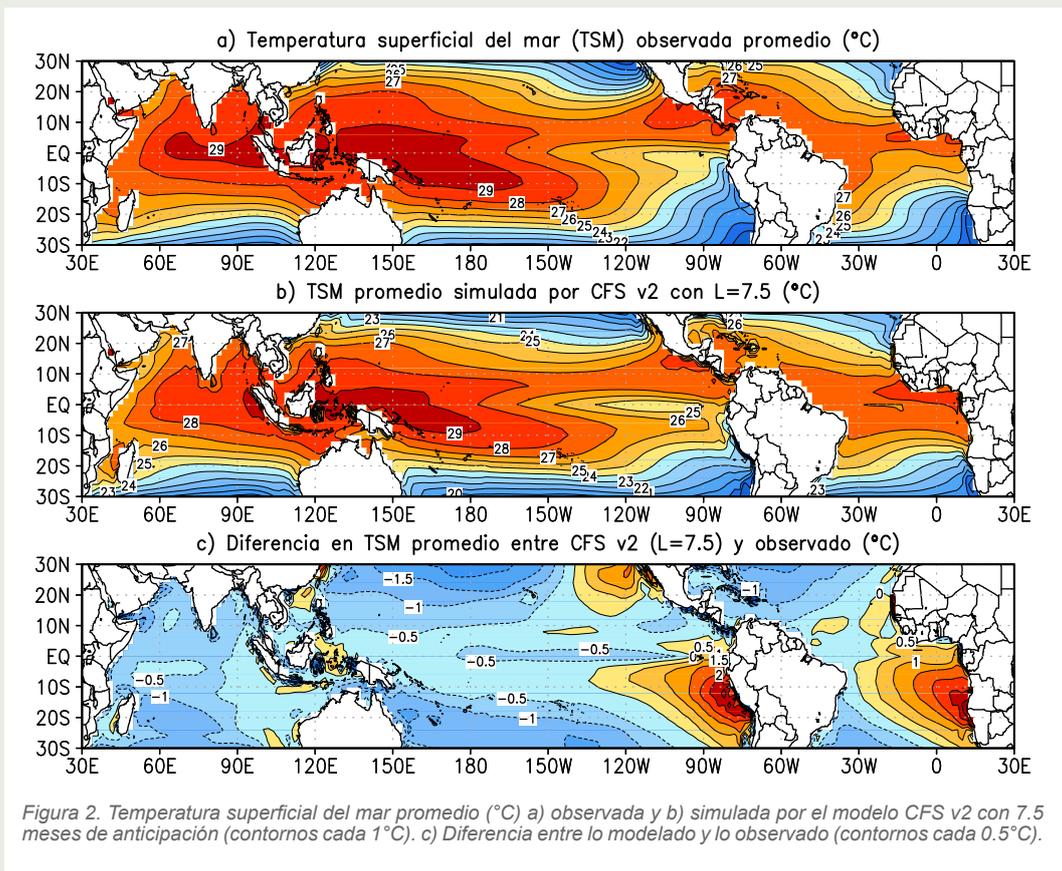


Los modelos son mundos internamente consistentes ya que simulan un clima siguiendo reglas perfectamente establecidas. Sin embargo, estas reglas no son exactamente las mismas que en la realidad, por lo que este clima tampoco es exactamente igual al observado. Podemos hablar entonces del “clima del modelo” como una aproximación imperfecta a la realidad. Aún cuando al modelo se le proporcione condiciones iniciales cercanas a la realidad, ocurrirá un proceso de “deriva” (*drift*) que rápidamente llevará al “clima del modelo” en el transcurso de algunos meses a años, dependiendo de la región y variable. El error sistemático asociado a esta deriva ha ido disminuyendo sustancialmente conforme los modelos han sido mejorados (ej. Delecluse et al., 1998) y el clima simulado es bastante similar al observado (por ej. Fig. 1ab, 2ab), pero aún persisten errores en el Pacífico Oriental de importancia para el pronóstico en esta región.

Un problema generalizado en los modelos es la simulación de la temperatura del mar demasiado elevada en la costa peruana, la cual fue identificada hace 20 años (Mechoso et al., 1995) pero aún no se ha corregido en la última generación de modelos (Flato et al., 2013; Fig. 2). Algunos experimentos recientes indican que el aumento de la resolución de la componente atmosférica mejora la representación del afloramiento costero y reduce este error, mientras que el aumento en la resolución oceánica no aporta mayor mejora (Masson et al., 2014; Wittenberg et al., 2014). Esto es consistente con resultados previos que indican que la correcta representación de los vientos sobre el mar en la franja de 30 km frente a la costa puede tener un impacto dramático en la

temperatura del mar costera (Capet et al., 2004). Más lejos de la costa, un factor importante es la representación de la nubosidad baja para simular bien las temperaturas bajas en esta región (Philander et al., 1996), pero los modelos atmosféricos tienen dificultad en representar la nubosidad y la estructura atmosférica en el Pacífico Sudoriental, incluso con la temperatura del mar prescrita (Wyant et al., 2010), lo cual resulta en excesiva radiación solar en la superficie y temperaturas mayores a las observadas.

Otro error común en los modelos climáticos es el “síndrome de la doble Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT)” (Mechoso et al., 1995). La ZCIT es una banda de precipitación orientada de oeste a este ubicada al norte de la línea ecuatorial en el Pacífico (Fig. 3a), aproximadamente coincidente con una banda de temperatura superficial relativamente alta (Fig. 2a), pero en los meses de marzo y abril puede presentar una segunda banda más débil al sur del ecuador en el Pacífico Oriental (Zhang, 2001). El problema en los modelos es que la segunda ITCZ es demasiado intensa (ver, por ejemplo, a lo largo de 7-5°S en el Pacífico Oriental en Fig. 3b) y esto se traduce en que los vientos alisios del sudeste que soplan a lo largo de la costa sudamericana sean muy débiles, lo cual lleva a las temperaturas excesivamente altas en la zona ecuatorial oriental (de Szoeké & Xie, 2008). Además, este problema se asocia a excesiva lluvia en la costa peruana (Ramos, 2014). Aún no se conoce el mecanismo que da origen a este problema, pero se sabe que se origina en los modelos atmosféricos (Lin, 2007; Bellucci et al., 2010) y se amplifica mediante la interacción con el océano (Lin, 2007).



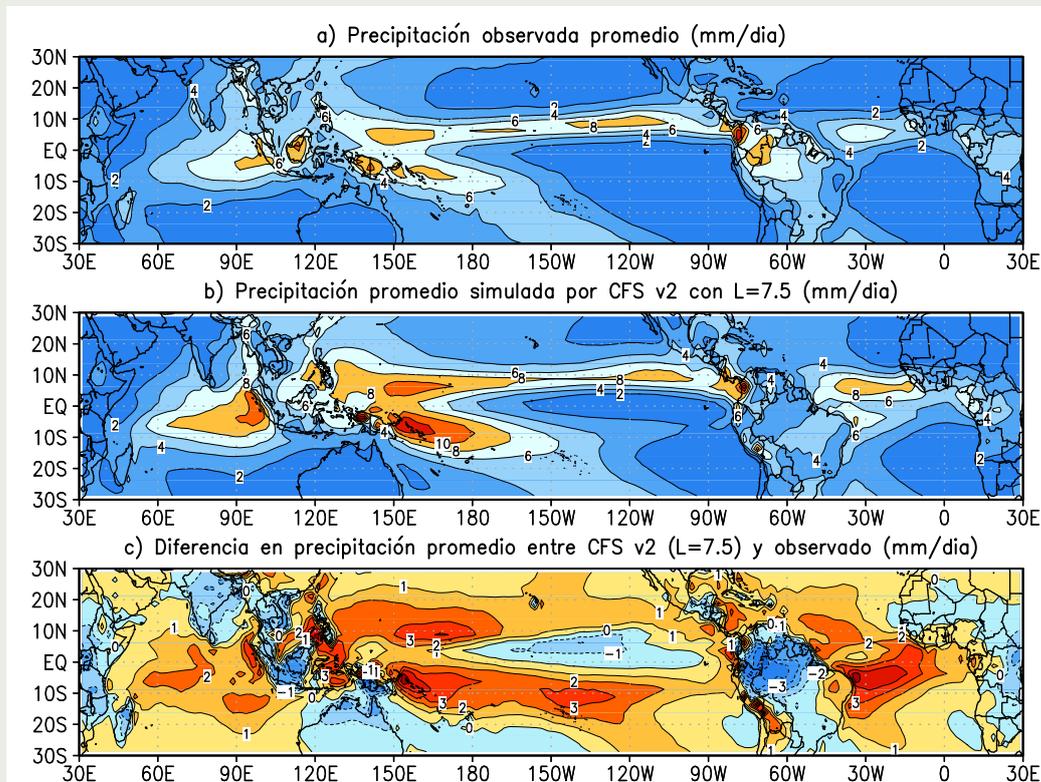


Figura 3. Precipitación promedio (mm/día) a) observada y b) simulada por el modelo CFS v2 con 7.5 meses de anticipación (contornos cada 2 mm/día). c) Diferencia entre lo modelado y lo observado (contornos cada 1 mm/día).

Además del error cálido frente a nuestra costa, la lengua fría ecuatorial, que se extiende entre la costa de Sudamérica y aproximadamente 170°W, es simulada demasiado intensa y se extiende demasiado hacia el oeste por los modelos (Mechoso et al., 1995; Flato et al., 2013; Fig. 2ab). Esto está asociado también a una termoclina ecuatorial demasiado inclinada y a afloramiento ecuatorial y corrientes del este demasiado intensas (Zheng et al., 2012). Aparentemente, este error podría provenir principalmente de la componente oceánica de los modelos, pero se amplifica con el acoplamiento con la atmósfera (Mechoso et al., 1995; Li & Xie, 2014).

5. Algunas implicancias para El Niño

La extensión al oeste excesiva de la lengua fría ecuatorial implica un desplazamiento al oeste del borde de la piscina cálida, dentro de la cual se encuentra la mayor actividad convectiva (lluvias intensas) y, por lo tanto, la rama ascendente de la celda de Walker. Esto a su vez implica que las fluctuaciones del borde de esta piscina asociadas a El Niño en el Pacífico Central se encuentran restringidas al Pacífico Occidental, lo cual limita la posibilidad de los GCMs de representar los diversos tipos de El Niño (Ham & Kug, 2012). Más aún, el sesgo frío hace más difícil que en el Pacífico Oriental se alcance la temperatura necesaria para gatillar la convección que es necesaria para amplificar los eventos El

Niño a niveles extraordinarios (Takahashi & Dewitte, 2015).

Por otro lado, las condiciones demasiado cálidas y la lluvia demasiado intensa en el Pacífico Sudoriental implican que esta región se encuentra en condiciones típicas de El Niño permanente en los GCMs. Considerando que aparentemente existen unas restricciones energéticas que limitan la temperatura del mar a un máximo de 30°C (An & Jin, 2004), esto podría limitar la magnitud de las anomalías cálidas que los GCMs pueden simular.

Los errores promedio en la profundidad, inclinación y gradiente térmico vertical de la termoclina ecuatorial afectan la relación cuantitativa entre sus variaciones y las de la temperatura superficial asociadas a El Niño (An & Jin, 2004). Además, la inclinación de la termoclina afecta la propagación de ondas Kelvin ecuatoriales interestacionales (Mosquera-Vásquez et al., 2014).

Si bien se puede considerar a algunos GCMs como más realistas que otros, no existe un modelo que sea realista cuando se considera una diversidad de criterios (Bellenger et al., 2014). El avance en la mejora de El Niño en los GCMs ha sido lento en las últimas décadas, ya que existen errores promedio que aún no tienen solución y que El Niño es un fenómeno complejo emergente que no se puede calibrar directamente en los GCMs. Más aún, muchos de estos estudios se realizan con simulaciones con los GCMs suficientemente largas que la deriva hacia su clima propio puede culminar aproximadamente, pero los pronósticos realizados operacionalmente solo se corren

por unos meses. Debido a que se utilizan condiciones iniciales realistas cada vez, la deriva nunca termina y el clima promedio de estas corridas es algo intermedio entre lo observado y el clima propio del modelo. Es necesario investigar cómo es el comportamiento de El Niño en los GCMs bajo estas condiciones si se quiere entender y aprovechar mejor estas corridas. Este es una línea de investigación prácticamente inexplorada pero de alta importancia.

Referencias

- An, S.-I., F.-F. Jin, 2004: Nonlinearity and asymmetry of ENSO, *Journal of Climate*, 17, 2399-2412.
- Bellenger, H., E. Guilyardi, J. Leloup, M. Lengaigne, J. Vialard, 2014: ENSO representation in climate models: from CMIP3 to CMIP5, *Climate Dynamics*, 42, 7-8, 1999-2018, doi: 10.1007/s00382-013-1783-z.
- Bellucci, A., S. Gualdi, A. Navarra, 2010: The double-ITCZ syndrome in coupled general circulation models: The role of large-scale vertical circulation regimes, *Journal of Climate*, 23 (5), 1127-1145.
- Capet, X., P. Marchesiello, J. C. McWilliams, 2004: Upwelling response to coastal wind profiles, *Geophysical Research Letters*, 31 (13), L13311, doi:10.1029/2004GL020123.
- Delecluse, P., M. K. Davey, Y. Kitamura, S. G. H. Philander, M. Suarez, & L. Bengtsson, 1998: Coupled general circulation modeling of the tropical Pacific, *Journal of Geophysical Research*, 103, C7, 14357-14373.
- de Szoeke, S. P., S. P. Xie, 2008: The tropical eastern Pacific seasonal cycle: Assessment of errors and mechanisms in IPCC AR4 coupled ocean-atmosphere general circulation models, *Journal of Climate*, 21, 2573-2590, doi: 10.1175/2007JCLI1975.1.
- Flato, G., J. Marotzke, B. Abiodun, P. Braconnot, S. C. Chou, W. Collins, P. Cox, F. Driouech, S. Emori, V. Eyring, C. Forest, P. Gleckler, E. Guilyardi, C. Jakob, V. Kattsov, C. Reason, and M. Rummukainen, 2013: Evaluation of Climate Models. En Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, and P.M. Midgley (Eds.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 1217-1308), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Ham, Y.-G., J.-S. Kug, 2012: How well do current climate models simulate two types of El Niño?, *Climate Dynamics*, 39, 383-398.
- Ji, M., A. Leetmaa, and V. E. Kousky, 1996: Coupled model predictions of ENSO during the 1980s and the 1990s at the National Centers for Environmental Prediction, *Journal of Climate*, 9, 3105-3120.
- Jia, L., X. Yang, G. A. Vecchi, R. G. Gudgel, T. L. Delworth, A. Rosati, W. F. Stern, A. Wittenberg, L. Krishnamurthy, S. Zhang, R. Msadek, S. Kapnick, S. Underwood, F. Zeng, W. G. Anderson, V. Balaji, K. Dixon, 2015: Improved seasonal prediction of temperature and precipitation over land in a high-resolution GFDL climate model, *Journal of Climate*, 28, 2044-2062, doi:10.1175/JCLI-D-14-00112.1.
- Lin, J. L., 2007: The double-ITCZ problem in IPCC AR4 coupled GCMs: Ocean-atmosphere feedback analysis, *Journal of Climate*, 20, 4497-4525.
- Masson, S., S. Berthet, C. Hourdin, V. Echevin, F. Colas, E. Maïsonave, G. Madec, L. Debreu, et al., 2014: Upscaling processes in a multi-scale ocean-atmosphere coupled model. *WGOMD Workshop on High Resolution Ocean Climate Modeling*, Kiel, Germany, April 7-9.
- Mechoso, C. R., A. W. Robertson, N. Barth, M. K. Davey, P. Delecluse, P. R. Gent, S. Ineson, B. P. Kirtman, M. Latif, H. Le Treut, T. Nagai, J. D. Neelin, S. G. H. Philander, J. Polcher, P. S. Schopf, T. Stockdale, M. J. Suarez, L. Terray, O. Thual, J. J. Tribbia, 1995: The seasonal cycle over the tropical Pacific in coupled ocean-atmosphere general circulation models, *Monthly Weather Review*, 123, 2825-2838.
- Mosquera-Vásquez, K., B. Dewitte, S. Illig, 2014: The Central Pacific El Niño intraseasonal Kelvin wave, *Journal of Geophysical Research*, doi:10.1002/2014JC010044.
- Navarra, A., W. F. Stern, and K. Miyakoda, 1994: Reduction of the Gibbs Oscillation in Spectral Model Simulations, *Journal of Climate*, 7, 1169-1183.
- Philander, S. G. H., D. Gu, G. Lambert, N. C. Lau, R. C. Pacanowski, 1996: Why the ITCZ is mostly north of the equator, *Journal of Climate*, 9, 2958-2972.
- Ramos, Y., 2014: Estimación del efecto del cambio climático en la precipitación en la costa norte del Perú usando simulaciones de modelos climáticos globales, Tesis Ing. Meteorológica, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Sherwood, S., S. Bony, J. L. Dufresne, 2014: Spread in model climate sensitivity traced to atmospheric convective mixing, *Nature*, 505, 37, doi:10.1038/nature12829.
- Takahashi, K., B. Dewitte, 2015: Strong and moderate nonlinear El Niño regimes, *Climate Dynamics*, doi:10.1007/s00382-015-2665-3.
- Wittenberg, A. T., G. A. Vecchi, T. L. Delworth, A. Rosati, W. Anderson, F.-J. Zeng, 2014: Impacts of atmospheric and oceanic resolution on the tropical Pacific climatology simulated by GFDL's new climate models, *American Geophysical Union, Fall Meeting 2014*, abstract #A43G-3368.
- Wyant, M., R. Wood, C. Bretherton, C. Mechoso, J. T. Bacmeister, M. Balmaseda, B. Barrett, F. Codron, P. Earnshaw, J. Fast, C. Hannay, J. Kaiser, H. Kitagawa, S. Klein, M. Köhler, J. Manganello, H. Pan, F. Sun, S. Wang, Y. Wang, 2010: The PreVOCA experiment: modeling the lower troposphere in the Southeast Pacific., *Atmospheric Chemistry And Physics*, 10 (10), 4757-4774.
- Zhang, C., 2001: Double ITCZs, *Journal of Geophysical Research*, 106, D11, 11785-11792.
- Zheng, Y., J. L. Lin, T. Shinoda, 2012: The equatorial Pacific cold tongue simulated by IPCC AR4 coupled GCMs: Upper ocean heat budget and feedback analysis, *Journal of Geophysical Research*, 117, C05024.

Índice Costero El Niño (ICEN) con nueva fuente de datos

Ken Takahashi y Jorge Reupo¹
¹Instituto Geofísico del Perú

Introducción

El Comité Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) en el año 2012 introdujo el Índice Costero El Niño (ICEN; ENFEN, 2012; Takahashi et al., 2014) para identificar los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa peruana. El ICEN consiste en la media móvil trimestral de las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) mensual en la región Niño 1+2 (90°-80°W, 10°S-0°) frente a la costa norte de Perú y Ecuador. Además, se establecieron valores umbrales para determinar la presencia de condiciones cálidas o frías y sus magnitudes (Tabla 1; ENFEN, 2012). Debido a que diferentes fuentes de datos pueden producir valores ligeramente distintos, estos umbrales fueron establecidos usando la base de datos denominada *Extended Reconstructed Sea Surface Temperature* (ERSST), versión 3b de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) de Estados Unidos. El procedimiento detallado del cálculo se presenta en ENFEN (2012) y Takahashi et al. (2014).

Datos ERSST v4

A partir del mes de marzo del presente año, la NOAA introdujo la versión 4 de la base de datos ERSST (ERSSTv4; Huang et al., 2015; Liu et al., 2015) que reemplazará la versión 3b. Uno de los cambios relevantes en esta nueva versión es el uso de un filtro de alta frecuencia, por lo que la versión en tiempo real podría ser distinta a la versión final hasta por dos meses luego de publicada la versión en tiempo real¹.

Debido a que la NOAA planea descontinuar la actualización de ERSST v3b en el que se basa el ICEN (M. L'Heureux, comunicación personal), es necesario planificar la migración del ICEN a la versión 4. Sin embargo, debido a las diferencias entre las dos bases de datos, es necesario realizar ajustes para mantener la homogeneidad del índice, lo cual es particularmente importante ahora que estamos ante un evento El Niño costero.

Transición de ERSSTv3b a ERSSTv4

El Comité ENFEN decidió que se continuará el cálculo del ICEN mientras los datos ERSSTv3b estén disponibles. Cuando los datos ERSSTv3b se descontinúen, se empezará a usar los datos ERSSTv4² ajustados. De esta manera, no se afectarán los valores anteriores del ICEN ni los umbrales (Tabla 1).

Para mantener la homogeneidad del ICEN tras el cambio, se estableció el siguiente procedimiento:

1. Usar el mismo método implementado para calcular el ICEN pero usando los datos de ERSSTv4. Esto resulta en un índice intermedio que denotaremos X.
2. Seleccionar un periodo multianual (sin incluir el año 2015) y aplicar regresión lineal para estimar el ICEN usando X en este periodo. Es decir, determinar los coeficientes a y b en la relación: $ICEN = a * X + b + e$, donde e es el residuo de la estimación.

Categorías	Valor mensual del ICEN
Fría Fuerte	Menor que -1.4
Fría Moderada	Mayor o igual que -1.4 y menor que -1.2
Fría Débil	Mayor o igual que -1.2 y menor que -1.0
Neutras	Mayor o igual que -1.0 y menor o igual que 0.4
Cálida Débil	Mayor que 0.4 y menor o igual que 1.0
Cálida Moderada	Mayor que 1.0 y menor o igual que 1.7
Cálida Fuerte	Mayor que 1.7 y menor o igual que 3.0
Cálida Extraordinaria	Mayor que 3.0

Tabla 1. Categorías de las anomalías en las condiciones de la temperatura según ICEN (Fuente: ENFEN, 2012).

¹http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml.
²<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/ersst4.nino.mth.81-10.rt.ascii>.

Índice Costero El Niño (ICEN) con nueva fuente de datos

Takahashi K. y Reupo J.

3. Ajustar el periodo anterior de manera que sea el más largo posible y que a su vez produzca valores similares al ICEN original durante el año 2015 para preservar la continuidad tras la transición.

Siguiendo el procedimiento anterior, se determinó que el periodo 1995-2014 es adecuado para el ajuste, con un coeficiente de determinación de 97%. Los coeficientes resultantes son $a=1.0934$ y $b=0.0152$; es decir que, a partir de la discontinuación de ERSSTv3b, se utilizará: $ICEN = 1.0934 * X + 0.0152$

El bajo valor de b indica que ERSSTv4 no tiene una diferencia sistemática sustancial con respecto a ERSSTv3b. Sin embargo, el valor de a indica que ERSSTv4 tiene un 9% menor variabilidad que la versión 3b. Esto posiblemente se debe al uso del filtro de alta frecuencia mencionado. Sobre el periodo de ajuste, la diferencia cuadrática media entre el nuevo estimado y el ICEN es de 0.18 mientras que la diferencia absoluta máxima fue de 0.47 (ver Fig. 1). Esta diferencia máxima es suficientemente alta para alterar las clasificaciones de las condiciones históricas según la Tabla 1, lo cual justifica el no recalculer los valores pasados del ICEN usando ERSSTv4. Sin embargo, los valores de X se pondrán a disposición del público para sus propias evaluaciones.

Por otro lado, a pesar de las diferencias puntuales en las series históricas, para el año 2015 obtenemos valores similares a los del ICEN (Tabla 2), resultando en la misma clasificación de las condiciones cálidas. Eso indica que si se realiza la transición próximamente, se mantendrá la continuidad del ICEN.

Resumen

• Usando los datos ERSSTv4 es posible reproducir adecuadamente el ICEN para el periodo 1995-2014, tras un ajuste mediante regresión lineal.

• Cuando se discontinúen los datos ERSSTv3b, se empezará a calcular el ICEN usando los datos de ERSSTv4 ajustados.

• No se modificarán los valores anteriores del ICEN ni los umbrales correspondientes a diferentes umbrales de El Niño y La Niña costeros.

Mes 2015	ICEN	$a*X + b$
Enero	0.08	-0.03
Febrero	0.01	-0.08
Marzo	0.18	0.17
Abril	0.68	0.68
Mayo	1.36	1.33

Tabla 2. Valores del ICEN durante el año 2014 y el estimado basado en los datos de ERSSTv4.

Referencias

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

Takahashi, K., K. Mosquera, J. Reupo, 2014: El Índice Costero El Niño (ICEN): Historia y actualización, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 1, N°2, 8-9, Instituto Geofísico del Perú.

Huang, B., V. F. Banzon, E. Freeman, J. Lawrimore, W. Liu, T. C. Peterson, T. M. Smith, P. W. Thorne, S. D. Woodruff, and H.-M. Zhang, 2014: Extended Reconstructed Sea Surface Temperature version 4 (ERSST.v4): Part I. Upgrades and intercomparisons, *Journal of Climate*, doi:10.1175/JCLI-D-14-00006.1.

Liu, W., B. Huang, P. W. Thorne, V. F. Banzon, H.-M. Zhang, E. Freeman, J. Lawrimore, T. C. Peterson, T. M. Smith, and S. D. Woodruff, 2014: Extended Reconstructed Sea Surface Temperature version 4 (ERSST.v4): Part II. Parametric and structural uncertainty estimations, *Journal of Climate*, doi:10.1175/JCLI-D-14-00007.1.

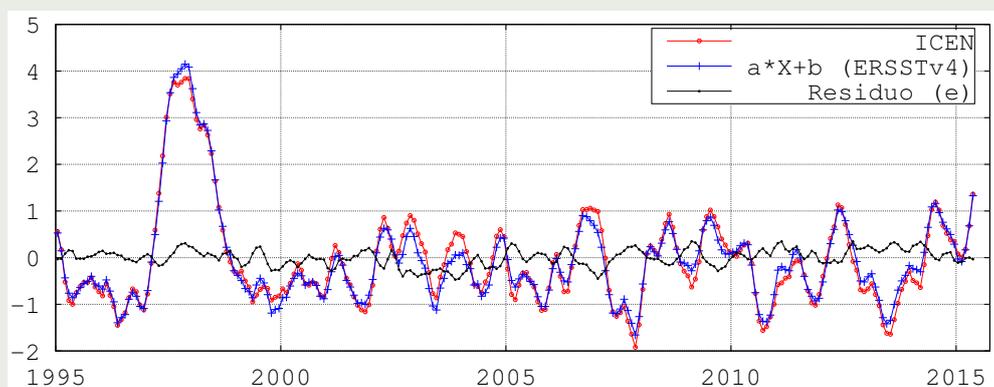


Figura 1. ICEN (rojo), la estimación ($a*X+b$) basada en los datos ERSSTv4 (azul) y la diferencia entre estos (negro).

Resumen del Informe Técnico PPR/El Niño - IGP/ 2015-6

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 Índice Costero El Niño (ICEN), para el mes de mayo las condiciones climáticas de la costa peruana fueron cálidas moderadas (1.36) y el estimado para junio indica condiciones cálidas fuertes. El pronóstico de la temperatura superficial del mar de los modelos numéricos internacionales, con condiciones iniciales del mes de junio, indica que las condiciones climáticas serán fuertes en agosto y setiembre en el Pacífico Oriental. Estos mismos resultados numéricos predicen que para el Pacífico Central las condiciones también serían cálidas fuertes.

La onda Kelvin formada en la primera quincena de mayo ya debe haber impactado en la costa peruana. Por otro lado, una nueva onda que se formó a fines de junio estaría arribando al extremo este del Pacífico a finales del mes de agosto e inicios del mes de setiembre.

Índice Costero El Niño

Utilizando los datos de temperatura superficial del mar (TSM) promediados sobre la región Niño1+2, actualizados hasta el mes de junio de 2015 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 mayo de 2015. Los valores hasta esa fecha son:

Año	Mes	ICEN	Condiciones costeras del mes
2015	Febrero	0.01	Neutro
2015	Marzo	0.18	Neutro
2015	Abril	0.68	Cálida Débil
2015	Mayo	1.36	Cálida Moderada

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

Según los valores del ICEN, se confirma que la condición climática para mayo de 2015 es de **CÁLIDA MODERADA**. Se recuerda que, de manera operacional, para declarar El Niño o La Niña en la costa, las condiciones costeras deben ser cálidas o frías por al menos tres meses consecutivos (ENFEN, 2012).

Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones

Actualmente el IGP cuenta con datos observacionales alternativos para el monitoreo de las ondas ecuatoriales, estos son adicionales a los datos de TAO (Takahashi et al., 2014). En particular, se han producido diagramas longitud-tiempo (Hovmöller) de las anomalías de nivel del mar calculadas de JASON-2 (Mosquera et al., 2014), de la profundidad de la isoterma de 20°C calculada de Argo (Aparco et al., 2014) y esfuerzo de viento zonal. Asimismo, el IGP cuenta con un modelo oceánico lineal (Mosquera, 2009; 2014 y Mosquera et al., 2011) que permite el monitoreo y predicción de la onda Kelvin. Este modelo usa tanto una profundidad referencial de la termoclina uniforme (LOM1) como variable (LOM2). Ambas configuraciones fueron forzadas usando anomalías de vientos superficiales obtenidas de ASCAT hasta el 03 de julio de 2015. Este modelo es luego corrido en modo de pronóstico con las anomalías de viento i) igualadas a cero (LOM1a y LOM2a) y ii) iguales al promedio de los últimos 30 días (LOM1b y LOM2b).

En el presente mes, los productos de ARGO (Figura 1c), JASON-2 (Figura 1d) y del modelo lineal (Figura 1e) muestran que la onda Kelvin cálida, que se generó en la primera quincena de mayo, ya debe haber impactado el extremo este del Pacífico a fines de junio, y debe continuar afectando la costa peruana. Asimismo, en los productos observacionales y en el modelo lineal, ya se observa la presencia de la onda Kelvin cálida, la cual se formó en la segunda quincena de junio. Se espera que esta onda llegue a fines del mes de agosto e inicios del mes de setiembre. La continuación de las anomalías de TSM en el Pacífico Ecuatorial Central, así como la actividad atmosférica convectiva (producto de la anomalía de la TSM) en el Pacífico Ecuatorial cerca de la línea de cambio de fecha, serían favorables para la prolongación de anomalías de vientos del oeste (de alta y baja frecuencia) que pueden generar nuevas ondas Kelvin cálidas (de alta y baja frecuencia).

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para los meses de agosto y setiembre, los pronósticos de la anomalía de la TSM en el Pacífico Oriental (Niño 1+2, ICEN) indican condiciones principalmente "cálidas fuertes" (Figura 2). Por otro lado, en el Pacífico Central (Niño 3.4) los modelos indican que las condiciones estarán también en el rango de "cálidas fuertes" para el mes de agosto y setiembre.

Resumen del Informe Técnico

PPR/EI Niño - IGP/ 2015-6

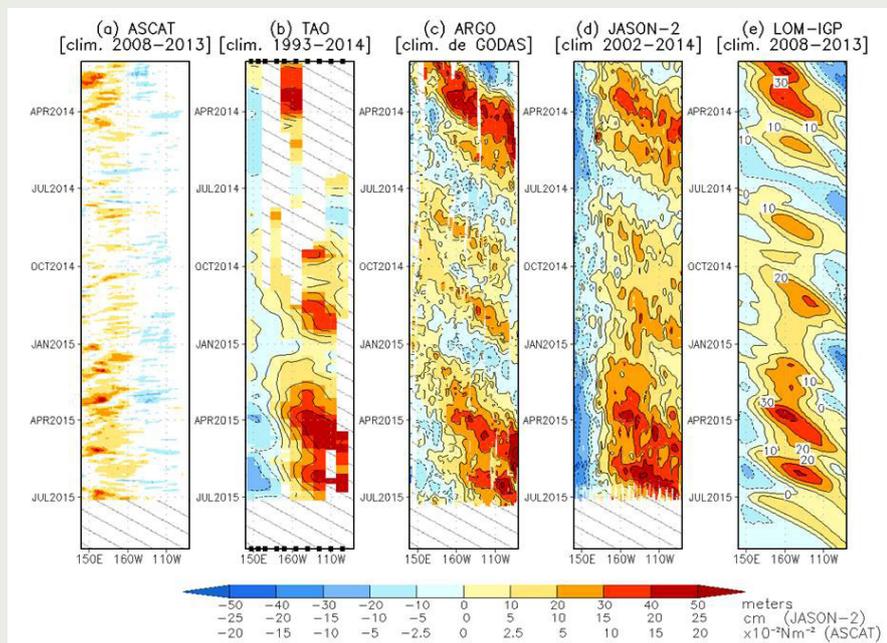


Figura 1. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se muestra la anomalía de la profundidad de la termoclina calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT, y $\tau_{ax}=0$ para el pronóstico). Las líneas diagonales representan una propagación hacia el este con velocidad de 2.6 m/s. (Elaboración: IGP).

Conclusiones

1. El ICEN para mayo 2015 fue de 1.36 (cálida moderada).

2. La onda Kelvin, formada en la primera quincena de mayo y que debe haber impactado el extremo este del Pacífico a fines de junio, ya debe haber iniciado su impacto en la costa peruana. Por otro lado, un **nuevo pulso de viento formado a fines de junio, entre 150°W y 180°** (línea de cambio de fecha), **estaría arribando al extremo este del Pacífico entre fines del mes de agosto e inicios del mes de setiembre.**

3. Para el **Pacífico Oriental** (Niño 1+2), la mayoría de modelos (6 de 8) inicializados en junio indica que El Niño costero en marcha tendría magnitud fuerte (los otros dos modelos indican moderado). El pico sería en julio. Hacia inicio del 2016, todos los modelos predicen menores anomalías de TSM, pero aún correspondientes a condiciones cálidas.

4. Para el **Pacífico Central** (Niño 3.4), todos los modelos inicializados en junio considerados indican que El Niño continuaría hasta al menos fines del 2015. La mayoría de modelos (7 de 11) indica que El Niño alcanzaría una magnitud muy fuerte hacia finales del 2015, algunos incluso antes de agosto (NASA, CMC2). Si bien varios de los modelos presentan consenso dentro de sus *ensembles*, algunos (GFDL CM2.1, CMC1, POAMA) presentan gran dispersión que abarca condiciones entre neutras y muy fuertes.

Modelo	Inicio	Extremo	Final	Magnitud
CFS2	abr-15	jul-15	No disponible	Moderado
CMC1	abr-15	jul-15	No disponible	Fuerte
CMC2	abr-15	jul-15	No disponible	Fuerte
GFDL	abr-15	jul-15	No disponible	Moderado
NASA	abr-15	jul-15	No disponible	Fuerte
GFDL_FLOR	abr-15	ago-15	No disponible	Fuerte
NCAR_CCSM4	abr-15	ago-15	No disponible	Fuerte
NMME(prom)	abr-15	jul-15	No disponible	Fuerte
ECMWF	abr-15	jul/ago-15	-	Fuerte
OBSERVADO	-	-	-	-

Tabla 2. Pronósticos de evento El Niño en la costa según modelos climáticos con condiciones iniciales de junio de 2015.

5. Como se señaló en el comunicado anterior, El Niño en toda la cuenca del Pacífico podría seguir creciendo incluso hasta finales del 2015, debido a las actuales condiciones océano-atmósfera de gran escala y, además, a lo indicado por los pronósticos numéricos. Sin embargo, aún existe sustancial incertidumbre sobre su magnitud final. En el Pacífico Oriental, no se puede descartar El Niño extraordinario, aunque en agosto se tendrá una evaluación más precisa.

Resumen del Informe Técnico PPR/El Niño - IGP/ 2015-6

Pronóstico con modelos del ICEN CI 201506

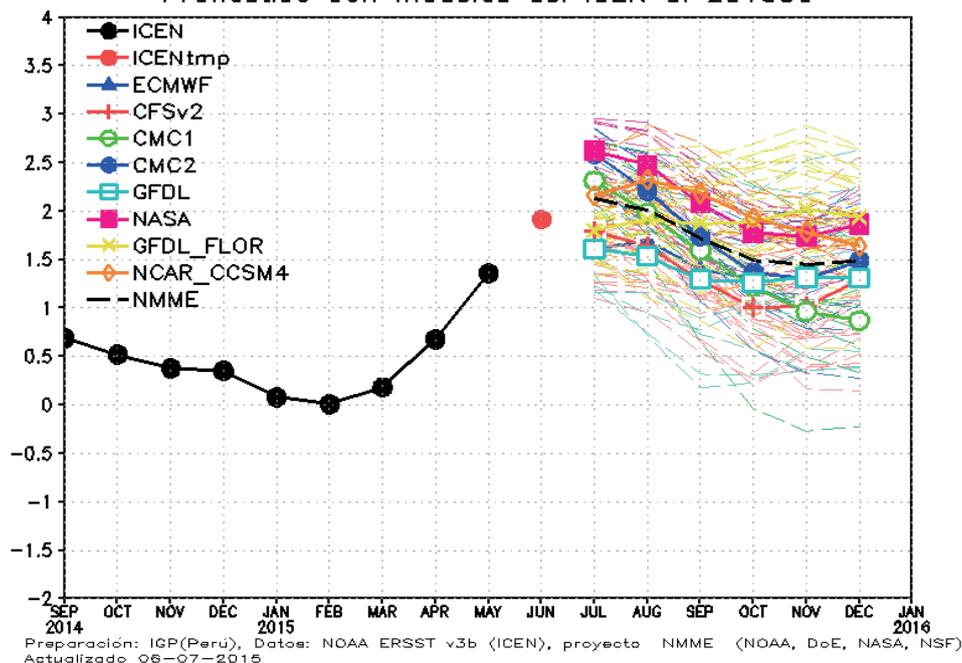


Figura 2. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de tres meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden a los miembros de los "ensembles". Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCISM4 tienen como condición inicial el mes de junio de 2015. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de junio de 2015. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF).

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", Vol. 1, N°5, Mayo, Instituto Geofísico del Perú.

Barnston, A., M. Tippett, M. L'Heureux, S. Li, D. DeWitt, 2012: Skill of Real-Time Seasonal ENSO Model Predictions during 2002-11: Is Our Capability Increasing? Bulletin American Meteorological Society, 93, 5, 631-351.

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

Lagos, P., Y. Silva, E. Nickl, K. y Mosquera, 2008: El Niño - related precipitation variability in Perú, Advances in Geosciences, 14, 231-237.

Lavado, W. y J. C. Espinoza, 2014: Entendiendo los impactos de diferentes tipos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 1, N°3, Marzo, Instituto Geofísico del Perú.

Machuca, R., 2014: Cálculo de daños económicos potenciales en viviendas por inundaciones durante la ocurrencia del fenómeno El Niño: caso norte peruano, Tesis para optar el título profesional de Economía, Universidad Nacional del Callao.

Machuca, R., K. Takahashi, y A. G. Martínez, 2014: Impactos económicos de El Niño costero en el sector vivienda a causa de inundaciones en la costa norte del Perú, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 1, N°12, Diciembre, Instituto Geofísico del Perú.

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

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", Vol. 1, N°1, Enero, Instituto Geofísico del Perú.

Mosquera, K., B. Dewitte y P. Lagos, 2011: Variabilidad Intra-estacional de la onda de Kelvin ecuatorial en el Océano 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, 5, 9, p. 55.

Mosquera, K., D. Pareja y K. Takahashi, 2014: Altimetría Satelital para el monitoreo de la onda Kelvin ecuatorial en el Océano Pacífico, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 1, N°4, Abril, Instituto Geofísico del Perú.

Reupo, J., 2011: Evaluación y desarrollo de metodologías para el pronóstico estacional de anomalías de la temperatura en el mar peruano asociadas al Fenómeno El Niño y otros, Compendio de trabajos de investigación realizado por estudiantes, Vol. 12. Instituto Geofísico del Perú.

Reupo, J. y K. Takahashi, 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", Vol. 1, N°1, Enero, Instituto Geofísico del Perú.

Takahashi, K., 2014: Variedades de El Niño, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 1, N°2, Febrero, Instituto Geofísico del Perú.

Takahashi, K., K. Mosquera, D. Pareja, J. Reupo y J. Aparco, 2014: Monitoreo del Pacífico ecuatorial, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 1, N°3, Marzo, Instituto Geofísico del Perú.

Comunicado Oficial ENFEN

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



COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 10 - 2015 Estado del sistema de alerta: **Alerta de El Niño Costero¹**

El Comité Multisectorial ENFEN mantiene el estado de Alerta, observando la consolidación de las condiciones asociadas a El **Niño costero**. Se espera que este evento alcance una magnitud entre **moderada y fuerte en este invierno**.

Es probable que El Niño costero **se extienda hasta el verano** con magnitud incierta, sin descartar que pueda alcanzar una magnitud fuerte o extraordinaria.

Durante este invierno no se esperan intensas lluvias en la costa, pero sí temperaturas por encima de lo normal.

Este estado del sistema de alerta podrá ser revisado y modificado de acuerdo a cómo se desarrollen las condiciones.

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 de la primera quincena del mes de junio.

A lo largo del litoral, las temperaturas extremas del aire (máximas y mínimas) continuaron por encima de lo normal, con anomalías entre +1° y +4.6°C. En promedio, las anomalías de TSM fueron mayores a +3°C frente a la costa norte y central, alcanzando +4.6°C en Chimbote.

El valor del Índice Costero El Niño (ICEN, región Niño 1+2) estimado para mayo corresponde a condiciones cálidas moderadas, mientras que para junio el valor se estima como correspondiente a cálido fuerte.

Continuaron las anomalías cálidas superficiales en todo el Pacífico ecuatorial, así como un fuerte acoplamiento de la atmósfera al océano, reflejado en la presencia de actividad convectiva² y de anomalías de viento del oeste, extendiéndose incluso hacia el Pacífico oriental. Asimismo, se observa la respuesta oceánica en la progresiva inclinación de la termoclina ecuatorial hacia el este, lo cual en conjunto evidencia el establecimiento de la fase cálida de El Niño-Oscilación Sur (ENOS).

El nivel medio del mar estuvo en promedio alrededor de 15 cm por encima de lo normal a lo largo de la costa norte y centro del Perú. La estación oceanográfica a 5 millas náuticas (mn) frente a Paita muestra la continuidad de las anomalías de temperatura alrededor de +4°C sobre los 100 m de profundidad. Esto está asociado tanto a la onda Kelvin cálida observada en las semanas previas, como a la inclinación de la termoclina ecuatorial.

Por otro lado, en el Pacífico ecuatorial oriental, se observa un núcleo de anomalía de temperatura subsuperficial de +6°C entre 120°W y 100°W asociado a la nueva onda Kelvin cálida formada en la primera quincena de mayo.

Con respecto a las lluvias y caudales en la costa del país, en general estas han ocurrido dentro de lo normal, aunque los caudales de los ríos Chira y Santa presentaron picos puntuales, pero no muy intensos, ya que junio corresponde a la temporada seca. Por otro lado, los reservorios en la costa norte y sur cuentan, en promedio, con almacenamiento al 97% y 64% de su capacidad máxima, respectivamente.

La anchoveta presentó un desplazamiento hacia el sur, distribuyéndose desde Supe (11°S) hasta Punta Infiernillos (15°S), así como entre Atico (16°S) y Morro Sama (18°S). Los indicadores del ciclo reproductivo y de la condición de la anchoveta no evidencian el impacto de El Niño costero.

PERSPECTIVAS

Se espera que continúen las anomalías positivas de la temperatura superficial del mar y del aire en los siguientes meses, así como el nivel medio del mar y la profundidad de la termoclina, asociadas a El Niño costero, que son mantenidas por el acoplamiento océano-atmósfera en el Pacífico ecuatorial asociado a la fase cálida de El Niño-Oscilación Sur. Además, la onda Kelvin cálida formada por el pulso de viento del oeste en la primera quincena de mayo arribará a nuestras costas en el transcurso del presente mes y con el pico en julio, lo cual contribuirá a mantener las condiciones cálidas en la costa durante el invierno.

Durante el invierno, el calentamiento costero no producirá efectos sustanciales en las precipitaciones por ser temporada seca.

Las corridas más recientes de los modelos climáticos indican que el evento El Niño costero tendría una magnitud fuerte en este invierno (ICEN³, región Niño 1+2), con un máximo calentamiento alrededor de julio. Para el Pacífico central (región Niño 3.4), los modelos globales continúan pronosticando la intensificación de las condiciones El Niño hacia el verano y la mayoría de estos pronostican magnitudes que históricamente solo se han observado en asociación a eventos El Niño costero fuertes o extraordinarios.

De acuerdo al análisis del Comité Multisectorial ENFEN, se considera probable que El Niño costero se extienda hasta el verano con magnitud incierta, sin descartar que pueda alcanzar una magnitud fuerte o extraordinaria. El pronóstico será más preciso a partir de agosto.

El Comité Multisectorial ENFEN continuará monitoreando e informando sobre la evolución de las condiciones observadas y actualizando las perspectivas.

Callao, 18 de junio de 2015

¹Definición de "Alerta de El Niño costero": Según las condiciones recientes, usando criterio experto en forma colegiada, el Comité ENFEN considera que el evento El Niño costero ha iniciado y/o el valor del ICENtmp indica condiciones cálidas, y se espera que se consolide El Niño costero (Nota Técnica ENFEN 01-2015).

²Actividad convectiva: Refiere a la presencia de sistemas atmosféricos de gran desarrollo vertical asociados a lluvia intensa.

³Condiciones costeras moderadas= ICEN entre 1 y 1.7, fuerte = ICEN entre 1.7 y 3 (Nota Técnica ENFEN, 2012).



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



COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 11 - 2015 Estado del sistema de alerta: **Alerta de El Niño Costero¹**

El Comité Multisectorial ENFEN mantiene el estado de Alerta, observando la presencia de las condiciones asociadas a **El Niño costero**. Se espera que este evento alcance una magnitud entre **moderada y fuerte en este invierno**.

Es probable que el Niño costero se extienda hasta el verano con magnitud incierta, sin descartar que pueda alcanzar una magnitud fuerte o extraordinaria. El pronóstico será más preciso a partir de agosto.

Durante este invierno no se esperan intensas lluvias en la costa, pero sí temperaturas por encima de lo normal. Este estado del sistema de la alerta podrá ser revisado y modificado de acuerdo a como se desarrollen las condiciones.

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 de la primera quincena del mes de junio.

En promedio, las anomalías de TSM fueron mayores a +3°C frente a la costa norte y central, alcanzando +4.6°C en Chimbote. El valor del Índice Costero El Niño (ICEN, región Niño 1+2) para mayo corresponde a condiciones cálidas moderadas (1.36°C), mientras que para junio el valor estimado corresponde a cálido fuerte. A lo largo del litoral, las temperaturas extremas del aire (máximas y mínimas) continuaron por encima de lo normal, con anomalías hasta +4.2°C.

Continuaron las anomalías cálidas superficiales en todo el Pacífico ecuatorial, así como un fuerte acoplamiento de la atmósfera al océano, reflejado en la presencia de actividad convectiva² y de anomalías de viento del oeste, extendiéndose incluso hacia el Pacífico oriental. Asimismo, continúa la inclinación de la termoclina ecuatorial hacia el este, lo cual en conjunto evidencia el establecimiento de la fase cálida de El Niño-Oscilación Sur.

El nivel medio del mar estuvo en promedio alrededor de 15 cm por encima de lo normal a lo largo de la costa norte y centro del Perú. La estación oceanográfica a 5 mn frente a Paíta muestra la continuidad de las anomalías de temperatura del mar alrededor de +3°C sobre los 100 m de profundidad. También se observó en el extremo del Pacífico ecuatorial oriental un incremento en la anomalía de la temperatura subsuperficial del mar y también la profundización de la termoclina. Estas anomalías están asociadas a la onda Kelvin cálida formada en la primera quincena de mayo.

Las lluvias y caudales en la costa del país, ocurrieron dentro de lo normal, aunque el caudal en el río Chira presentó un pico no muy intenso asociado a las lluvias en el sur del Ecuador. Por otro lado, los reservorios en la costa norte y sur cuentan, en promedio, con almacenamiento al 97% y 64% de su capacidad máxima, respectivamente.

La anchoveta mantuvo su distribución en las regiones centro y sur desde Supe (11°S) hasta el extremo sur, con los principales desembarques, frente a Morro Sama (18°S). Los indicadores de la biología de la anchoveta (fracción desovante³, índice gonadosomático⁴, contenido graso⁵, índice de atresia⁶), mostraron valores ligeramente por debajo de sus patrones históricos en la última quincena.

PERSPECTIVAS

Se espera que continúen las anomalías positivas de la temperatura superficial del mar y del aire, del nivel medio del mar y de la profundidad de la termoclina en los siguientes meses. Estas anomalías están asociadas a El Niño costero y son mantenidas por el acoplamiento oceano-atmósfera en el Pacífico ecuatorial asociado a la fase cálida de El Niño-Oscilación Sur.

La onda Kelvin cálida formada por el pulso de viento del oeste en la primera quincena de mayo y la que está en formación por otro pulso de viento ocurrido en la segunda quincena de junio, contribuirían a mantener las condiciones de El Niño Costero.

Durante el invierno, el calentamiento costero no producirá efectos sustanciales en las precipitaciones por ser temporada seca.

Las corridas más recientes de los modelos climáticos indican que el evento El Niño costero tendría una magnitud fuerte en este invierno (ICEN⁷, región Niño 1+2), con un máximo calentamiento alrededor de julio, mientras que para el Pacífico central (región Niño 3.4), los modelos globales continúan pronosticando la intensificación de las condiciones El Niño hacia fin de año con magnitudes que podrían exceder 2°C en los casos más extremos.

De acuerdo al análisis del Comité Multisectorial ENFEN, se considera probable que El Niño costero se extienda hasta el verano con magnitud incierta, sin descartar que pueda alcanzar una magnitud fuerte o extraordinaria. El pronóstico será más preciso a partir de agosto.

El Comité Multisectorial ENFEN continuará monitoreando en informando sobre la evolución de las condiciones observadas y actualizando las perspectivas.

Callao, 08 de julio de 2015

¹Definición de "Alerta de El Niño costero": Según las condiciones recientes, usando criterio experto en forma colegiada, el Comité ENFEN considera que el evento El Niño costero ha iniciado y/o el valor del ICEN_{tmp} indica condiciones cálidas, y se espera que se consolide El Niño costero (Nota Técnica ENFEN 01-2015).

²Actividad convectiva: Refiere a la presencia de sistemas atmosféricos de gran desarrollo vertical asociados a lluvia intensa.

³Fracción de hembras desovantes: Indica del porcentaje de hembras desovantes en las muestras analizadas. Este índice se obtiene de las lecturas de cortes histológicos de gónadas de hembras (ovarios).

⁴Índice gonadosomático: Índice que relaciona el peso eviscerado del pez con el peso de la gónada hembra. Es indicador de la actividad reproductiva.

⁵Contenido graso: Es el promedio del porcentaje de grasa de las muestras de anchoveta. Se calcula utilizando el método de Soxhlet.

⁶Índice de atresia: Fase posterior al desove en la que las células sexuales femeninas (ovocitos) que no fueron expulsadas, se reabsorben. El incremento de este índice refiere que el período de desove ha finalizado.

⁷Condiciones costeras moderadas: ICEN entre 1 y 1.7; condición fuerte: ICEN entre 1.7 y 3 (Nota Técnica ENFEN, 2012).





© 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

En el marco del:

