



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Geofísico del Perú - IGP

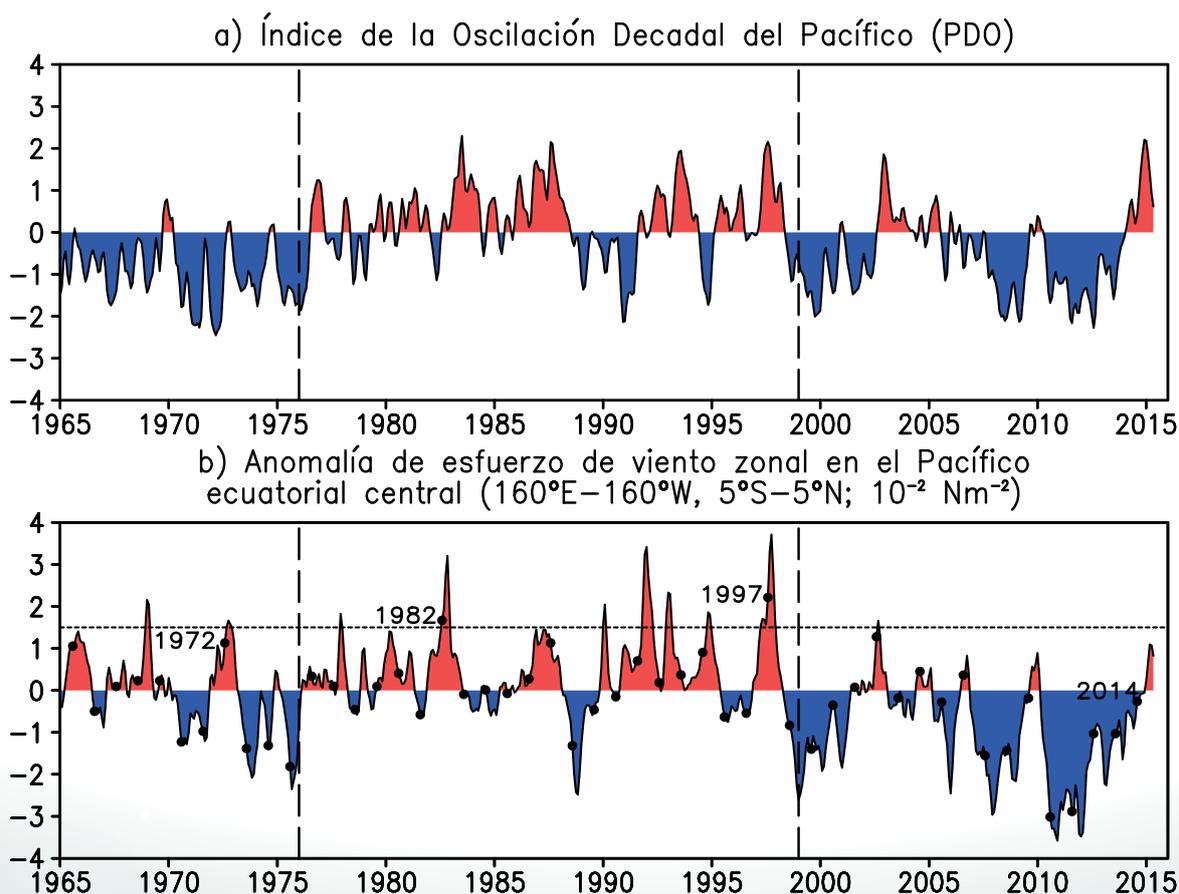


Programa Presupuestal por Resultados N° 068: "Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres" Producto: "Entidades informadas en forma permanente y con pronósticos frente al Fenómeno El Niño"

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

Boletín Técnico

Correspondencia entre la temperatura del mar y la anomalía de vientos del oeste a escala multianual



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 & Dewitte, 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, Julio del 2015

Hecho el Depósito Legal en la
Biblioteca Nacional del Perú N° 2015-09033

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.

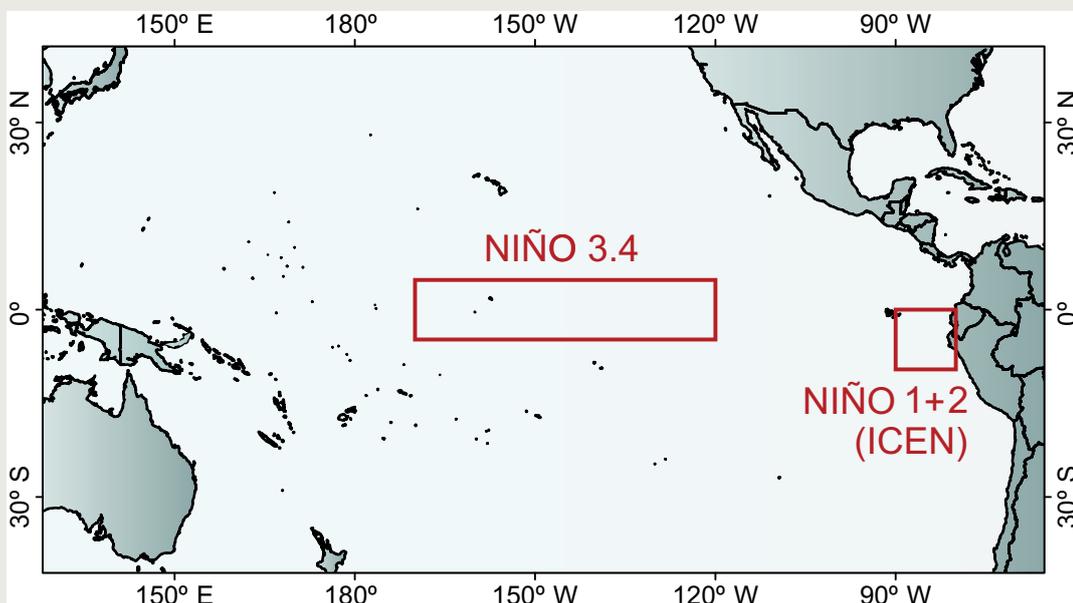
El Comité Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), conformado por representantes de IMARPE, DHN, IGP, SENAMHI, ANA e Indeci, es el ente que genera la información oficial de monitoreo y pronóstico del Fenómeno El Niño y otros asociados.

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.

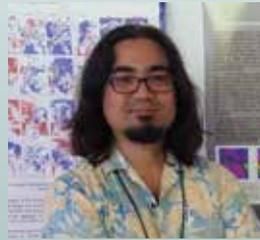


El mapa muestra las dos regiones que definen los principales índices de temperatura superficial del mar utilizadas para monitorizar El Niño y La Niña. La región Niño 1+2 (90°-80°W, 10°S-0°), en la que se basa el Índice Costero El Niño (ICEN), se relaciona con impactos en la costa peruana, mientras que 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.

Influencia de la variabilidad decadal en El Niño-Oscilación Sur

El Niño-Oscilación Sur (ENOS) es un fenómeno que depende en forma fundamental del acoplamiento entre el océano y la atmósfera. En particular, el crecimiento de su fase cálida se desarrolla mediante el proceso de retroalimentación positiva de Bjerknes (1969), el cual consiste en una amplificación mutua entre la lluvia, los vientos del oeste y el calentamiento superficial en el Pacífico Ecuatorial (ver Dewitte et al., 2014). Por otro lado, el proceso de amplificación no actúa indefinidamente, ya que al mismo tiempo que un evento cálido crece, el contenido de calor oceánico es descargado de la zona ecuatorial y esto lleva al fin del evento cálido (ej. modelo carga-descarga; Dewitte et al., 2014). Para la fase fría los procesos son similares, pero en la dirección opuesta.

Las propiedades de ENOS, como su periodicidad y magnitud típica, dependen de los valores de los parámetros que caracterizan los diferentes procesos físicos involucrados. Estos parámetros no son constantes fundamentales de la física (como la velocidad de la luz en el vacío), sino que sus valores son estimados de las condiciones climáticas promedio y, por lo tanto, pueden variar si el clima varía lentamente. Cuando en un modelo simplificado de ENOS se modificaron los valores promedio de la profundidad de la termoclina y del viento del este a lo largo del ecuador, ocurrieron cambios sustanciales en el periodo de oscilación y la tasa de crecimiento de los eventos ENOS (Fedorov y Philander, 2000; 2001; Figura 1). Un resultado



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.

particularmente interesante de este estudio es que las condiciones presentes estarían alrededor de los puntos A y B en la Figura 1, cerca al límite entre el régimen inestable (tasa de crecimiento positiva), con oscilaciones autosostenidas, y el régimen estable (tasa negativa), en el que las oscilaciones son mantenidas por forzantes externos, particularmente la variabilidad atmosférica de alta frecuencia (ver Dewitte et al., 2014). También es interesante que los mecanismos dominantes que controlan la variabilidad de ENOS son distintos según los valores de estos parámetros. Cerca al punto D las fluctuaciones en la inclinación de la termoclina dominan el calentamiento/enfriamiento superficial, mientras que cerca al punto E son dominantes las fluctuaciones en

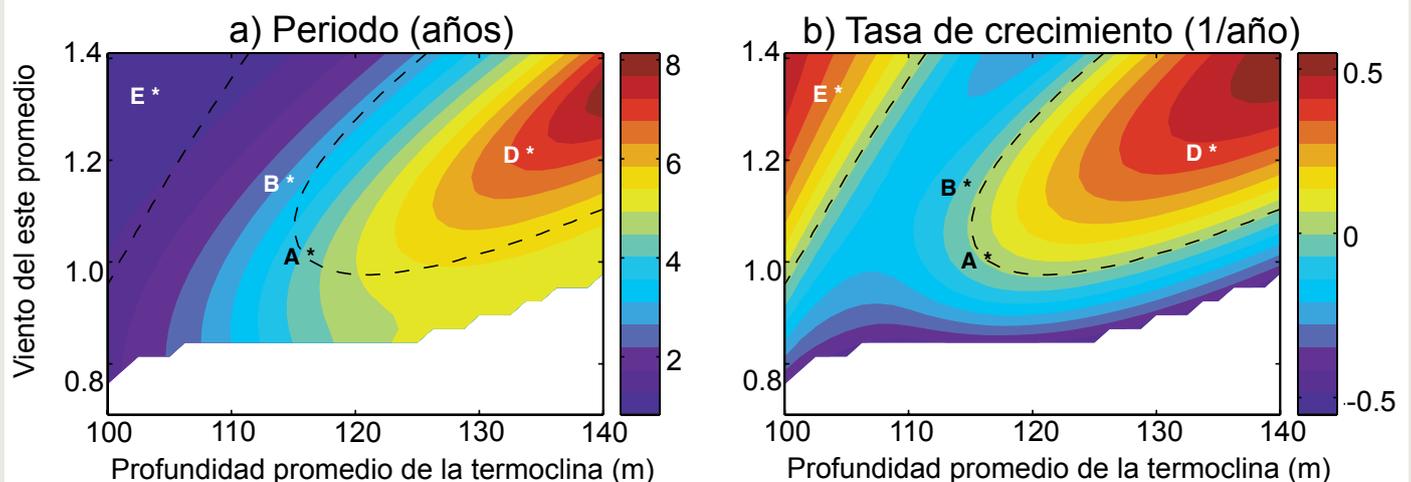


Figura 1. a) Periodo (años) y b) tasa de crecimiento (1/año) de las oscilaciones más inestables como función de la profundidad de la termoclina (m) y los vientos alisios del este ($0.5 \text{ cm}^2/\text{s}^2$) ecuatorial promedio en un modelo simplificado de ENOS. (Adaptado de Fedorov y Philander, 2000).

Influencia de la variabilidad decadal en El Niño-Oscilación Sur

Takahashi K. & Dewitte B.



Ph. D. Boris Dewitte

Investigador Científico del
Laboratoire d'Etudes en Géophysique et
Océanographie Spatiales

Ph. D. en Oceanografía Física de la Université Paul Sabatier, Toulouse, Francia, e Ingeniero en mecánica de fluido de la Escuela Nacional de Aeronáutica y Espacio (Supaero). Desde el año 1999 es investigador científico del Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales (LEGOS), donde se desempeña como especialista en oceanografía física y dinámica tropical. Forma parte de varios comités científicos internacionales, incluyendo el Scientific Steering Group del programa Climate Variability (CLIVAR). Es autor y revisor de diversos artículos científicos de revistas indexadas internacionales y recientemente su investigación está enfocada en la interacción océano-atmósfera en el Pacífico sur-este y cómo el cambio climático afecta la circulación oceánica y el ciclo hidrológico en la costa.

las corrientes ecuatoriales. Se debe notar, sin embargo, que este modelo no incluye todos los mecanismos posiblemente relevantes y estos resultados son una primera aproximación.

A pesar de sus limitaciones, los resultados anteriores nos muestran la importancia que pueden tener las variaciones lentas en el clima sobre ENOS, ya sean las naturales a escala decadal (ver Montecinos, 2015) o a escalas paleoclimáticas (ver Apaéstegui et al., 2015), así como asociadas al cambio climático producido por el hombre (ver Takahashi, 2014). Por otro lado, en simulaciones largas con un modelo climático se determinó que son necesarios 500 años de datos para correctamente caracterizar la variabilidad asociada a ENOS (Wittenberg, 2009), lo cual hace difícil detectar los cambios en ENOS en escalas multidecadales. Por lo anterior, el último reporte del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (Christensen et al., 2013; ver Takahashi, 2014) concluyó que hay baja confianza y poco consenso en si los cambios observados en ENOS puedan ser atribuidos a la influencia inducida por el hombre, a otros forzantes externos o a variabilidad natural.

Una pregunta de gran interés es ¿por qué los eventos El Niño extraordinario de 1982-1983 y 1997-1998, los más intensos registrados, ocurrieron con solo quince años de diferencia? Dicho de otra manera, ¿hubo algo de particular en el clima promedio en las décadas de los años 80 y 90 que hizo a este periodo más propicio para este tipo de eventos? Si fue así, ¿estuvo esto asociado a la variabilidad decadal natural o al calentamiento global? Finalmente, ¿en qué situación estamos ahora?

Experimentos con un modelo simplificado de ENOS mostraron que cuando se cambia el estado climático promedio del

observado en los años 60-70 al del periodo 80-90, los eventos El Niño simulados son más intensos y con periodo más largo (Figura 2; Wang y An, 2001; 2002). Según estos autores, el factor principal habría sido el debilitamiento de los vientos alisios del este (anomalías positivas en Figura 3b) y del afloramiento ecuatorial promedio que en general actúa amortiguando las fluctuaciones de temperatura (Wang y An, 2001; 2002). En la Figura 3 se observa la buena correspondencia entre la temperatura del mar medida según el índice denominado "Oscilación Decadal del Pacífico" (PDO, por sus siglas en inglés) y la anomalía de vientos del oeste a escala multianual. Por otro lado, a partir de finales de los 90, el Pacífico pasó a una nueva fase decadal fría con vientos del este ecuatoriales más intensos (Figura 3), lo cual parece haber propiciado un corrimiento hacia el oeste de las anomalías de TSM ecuatoriales asociadas al ENSO, así como una reducción en sus magnitudes (ej. Ashok et al., 2007; Lee y McPhaden, 2010). Además del amortiguamiento asociado al afloramiento promedio, otro factor que podría explicar el cambio en ENOS durante esta fase fría es que el incremento en el gradiente de temperatura superficial entre el Pacífico Oriental y Occidental puede contribuir a una mayor eficiencia del transporte oeste-este en generar anomalías de TSM en el Pacífico Central (ej. Kug et al., 2009; Choi et al., 2010). El aumento de este gradiente puede tener otro rol, ya que se asocia a enfriamiento en el Pacífico Oriental y Central, que reduce la posibilidad de la activación de lluvias intensas que retroalimentan a El Niño a través de su influencia en los vientos del oeste (Xiang et al., 2013; Chung y Li, 2013). La importancia de estas lluvias en la ocurrencia de El Niño extraordinario ha sido recientemente enfatizada por Takahashi y Dewitte (2015ab) particularmente en el Pacífico Oriental, donde las condiciones promedio de por sí frías dificultan la ocurrencia de lluvias intensas y solo las anomalías cálidas suficientemente elevadas activan esta retroalimentación que luego permite mayor crecimiento. Según lo anterior, en la medida de que continuemos en la fase decadal fría, es más difícil que ocurra un evento El Niño extraordinario. Por otro lado, las variaciones decadales en el viento del oeste pueden alterar la posibilidad de que el predictor basado en este mismo viento exceda el umbral que, de ser superado en agosto, aumenta la probabilidad de que El Niño crezca hasta el nivel extraordinario (Takahashi y Dewitte, 2015ab). Sin embargo, la existencia del umbral está asociada a la temperatura requerida para gatillar las tormentas (Takahashi y Dewitte, 2015a) pero esta temperatura umbral también podría variar decadalmente y un estudio sugiere que este umbral presenta una tendencia a aumentar, posiblemente asociada al cambio climático (Johnson y Xie, 2010). Otro posible factor es que en la fase cálida el océano es en promedio más estratificado, lo cual acopla mejor a los vientos con la dinámica oceánica y tiende a incrementar la amplitud de ENOS (Dewitte et al., 2007).

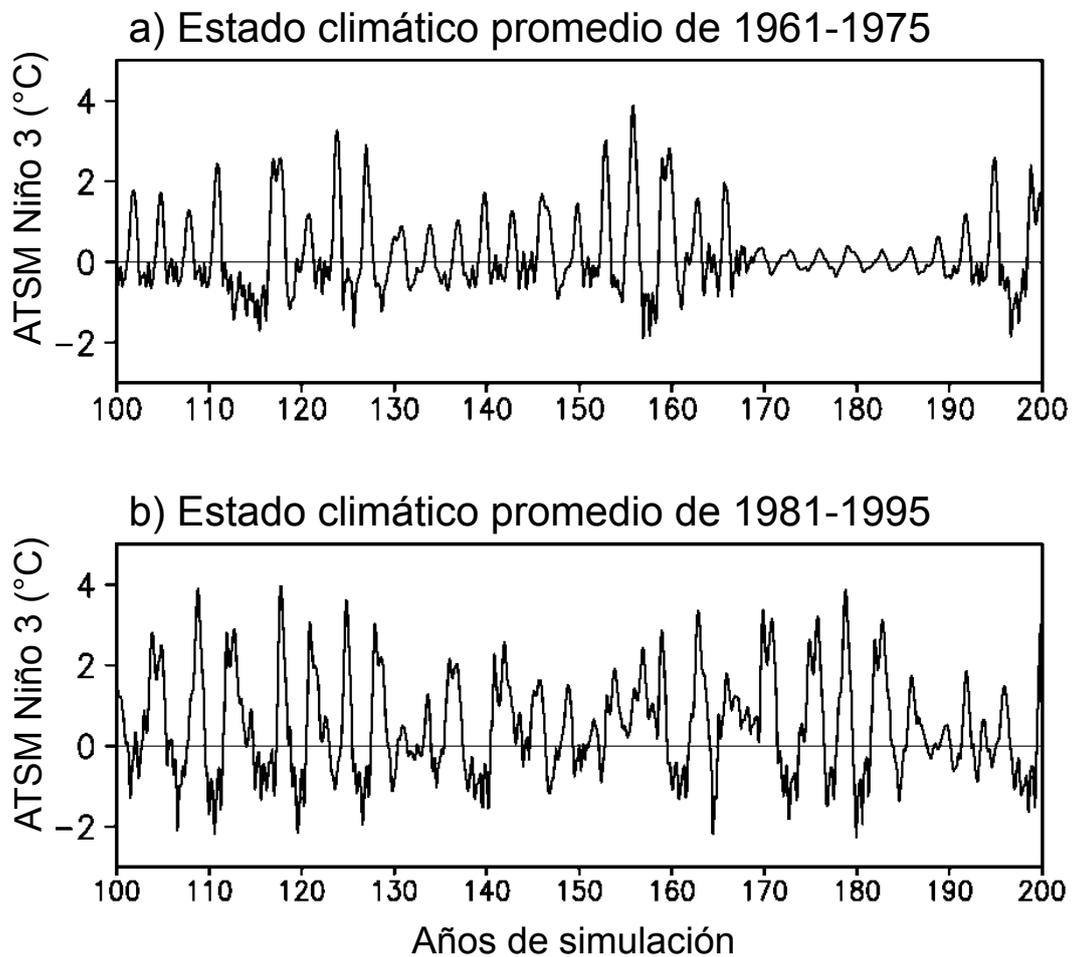


Figura 2. Anomalia de la TSM en la región Niño 3 en simulaciones usando un modelo simplificado de ENOS con estados climatológicos promedio correspondientes a los periodos a) 1961-1975 y b) 1981-1995. (Adaptado de Wang y An, 2001).

Otra perspectiva en el tema es que quizás las variaciones decadales en la estadística de ENOS no se deben a la modulación por un cambio lento en el clima promedio, sino a fluctuaciones estadísticas sin mayor explicación que el azar. Bajo esta óptica, las variaciones lentas en el estado climático promedio serían **consecuencia** de las variaciones en ENOS. En particular, debido a que El Niño y La Niña no son iguales en magnitud o patrón espacial, los patrones de calentamiento o enfriamiento obtenidos al promediar sobre periodos decadales se podrían explicar mediante las variaciones en la actividad de ENOS (Vimont, 2005; Choi et al., 2012; Rodgers et al., 2004). Recientemente, Wittenberg et al. (2014) estudiaron la predictabilidad de periodos decadales, donde ENOS presenta más o menos actividad. Para esto, analizaron simulaciones de miles de años con el modelo GFDL CM2.1 y encontraron que estos periodos ocurren simplemente como secuencias al azar, de la misma manera que al lanzar una moneda varias veces seguidas se puede obtener secuencias

largas de que salga cara. Esto contrasta con otras teorías que proponen que si bien las variaciones en ENOS pueden generar cambios aparentes en el estado climático promedio, estos cambios igual pueden afectar la variabilidad de ENOS, es decir que se propone una interacción bi-direccional entre ENOS y la variabilidad decadal (por ej. An y Choi, 2012; Choi et al., 2009; 2012). Por otro lado, Wittenberg et al. (2014) no pueden descartar que en la realidad exista variabilidad intrínsecamente decadal que modula a ENOS y que no esté representada por el modelo analizado.

Independientemente de su origen, las variaciones decadales en ENOS se manifiestan también en su predictabilidad. En un modelo sencillo, Kirtman y Schopf (1998) mostraron que los periodos donde ENOS era más activo eran no solo más cálidos y con anomalías de vientos del oeste, sino que también eran más predecibles ya que la física de ENOS era menos susceptible al ruido generado por la atmósfera. Esto es

Influencia de la variabilidad decadal en El Niño-Oscilación Sur

Takahashi K. & Dewitte B.

consistente con el análisis de Barnston et al. (2012), quienes encontraron que, a pesar de las mejoras en los modelos climáticos más sofisticados, los pronósticos para el periodo 2002-2011 fueron peores que para el periodo 1980-2010, debido a las variaciones de la predictabilidad de ENOS más que a cualquier cuestión técnica. Esta degradación de los pronósticos es particularmente pronunciada en el Pacífico Oriental, donde ya de por sí los pronósticos no son buenos en general (Reupo y Takahashi, 2014). Por otro lado, como muchos modelos, el NOAA CFSv2 deriva desde condiciones iniciales realistas hacia un estado promedio propio del modelo no tan realista y, en este proceso, perdió la capacidad de distinguir las diferencias en la actividad de ENOS entre los periodos 1982-1998 y 1999-2010, particularmente la reducción en la variabilidad en el Pacífico Oriental (Xue et al., 2013).

Con respecto al presente año, varios modelos climáticos

pronostican el incremento de El Niño en el Pacífico Central hacia finales de 2015, con anomalías comparables a las de El Niño extraordinario 1997-1998, aunque la magnitud para el Pacífico Oriental es bastante más incierta (ENFEN, 2015). En la medida en que el estado climático promedio continúe en una fase decadal fría, se puede esperar menores probabilidades de El Niño extraordinario. Es posible que los modelos de pronóstico estén subestimando este efecto y exagerando el crecimiento de El Niño. Por otro lado, el índice de la "Oscilación Decadal del Pacífico" ha presentado un fuerte incremento desde el año 2014, asociado a un calentamiento frente a la costa de Norteamérica (Figura 3a), y la anomalía del viento del oeste también ha aumentado sustancialmente (Figura 3b). Si bien es muy pronto para decir, esto podría marcar el inicio de una nueva fase decadal cálida y un aumento en la probabilidad de El Niño extraordinario. En este momento no se puede descartar nada.

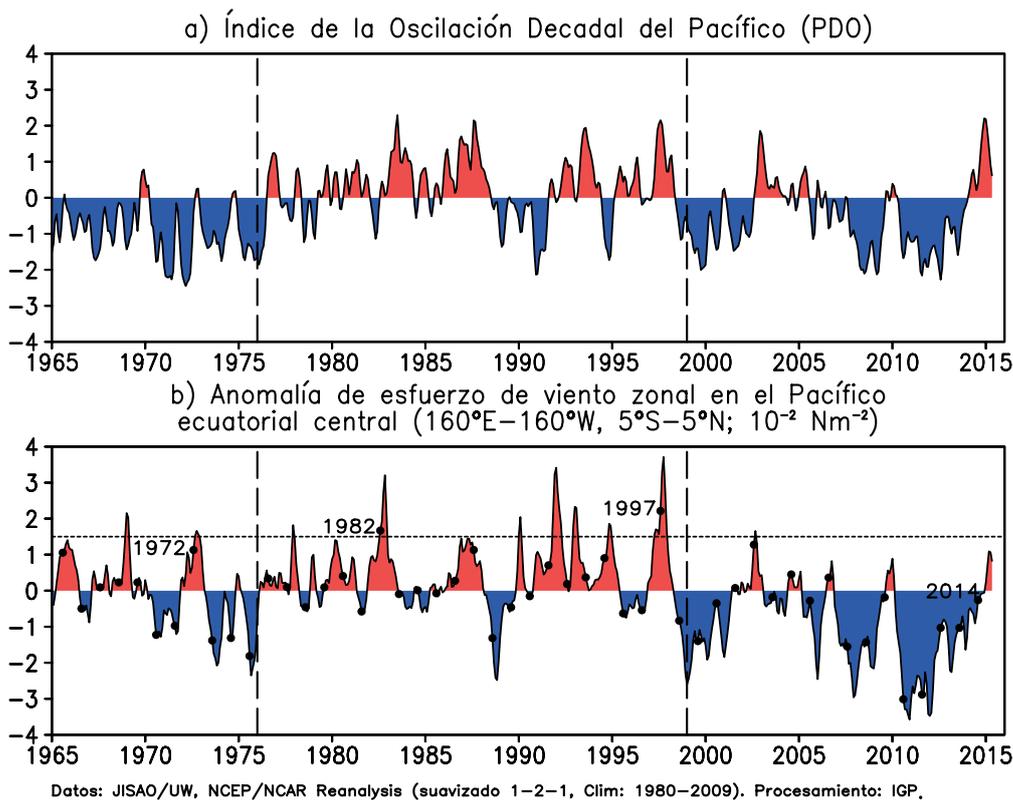


Figura 3. a) Índice mensual de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO), basado en la TSM en el Pacífico al norte de 20°N, b) Anomalía del esfuerzo de viento del oeste en el Pacífico Ecuatorial Central, con los valores de agosto indicados por círculos y el umbral correspondiente para El Niño extraordinario (Takahashi y Dewitte, 2015) como línea punteada. Las líneas entrecortadas indican aproximadamente los cambios de fase decadal.

Referencias

- An, S.-I., J. Choi, 2012: Inverse relationship between the equatorial eastern Pacific annual-cycle and ENSO amplitudes in a coupled general circulation model, *Climate Dynamics*, doi: 10.1007/s00382-012-1403-3.
- Apaéstegui, J., K. Takahashi, L. Ortlieb, A. Sifeddine, J. Macharé, 2015: El Fenómeno El Niño durante el último milenio, *Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño"*, Vol. 2, N°2, 4-8, Instituto Geofísico del Perú.
- Barnston, A. G., Tippet M. K., L'Heureux M. L., Li S., DeWitt D. G., 2012: Skill of Real-Time Seasonal ENSO Model Predictions During 2002–11: Is Our Capability Increasing?, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93 (5), 631-651, doi: <http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00111.1>.
- Bjerknes, J., 1969: Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific, *Monthly Weather Review*, 97 (3), 163-172.
- Choi, J., S.-I. An, J. S. Kug, S.-W. Yeh, 2010: The role of mean state on changes in El Niño's flavor, *Climate Dynamics*, doi: 10.1007/s00382-010-0912-1.
- Choi, J., S.-I. An, B. Dewitte, and W. W. Hsieh, 2009: Interactive feedback between the tropical Pacific decadal oscillation and ENSO in a coupled general circulation model, *Journal of Climate*, 22, 6597-6611.
- Choi, J., S.-I. An, S.-W. Yeh, 2012: Decadal amplitude modulation of two types of ENSO and its relationship with the mean state, *Climate Dynamics*, 38, 2631-2644.
- Christensen, J. H., et al., 2013: Climate Phenomena and their Relevance for Future Regional Climate Change, *Capítulo 14 en Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- Chung, P., T. Li, 2013: Interdecadal relationship between the mean state and El Niño types, *Journal of Climate*, doi:10.1175/JCLI-D-12-00106.1.
- Dewitte, B., S.-W. Yeh, B.-K. Moon, C. Cibot, L. Terray, 2007: Rectification of the ENSO variability by interdecadal changes in the equatorial background mean state in a CGCM simulation, *Journal of Climate*, 20 (10), 2002–2021.
- Dewitte, B., K. Takahashi, K. Mosquera, 2014: Teorías simples de El Niño-Oscilación Sur: Más allá del Oscilador Carga-Descarga, *Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño"*, Vol. 1, N°8, 4-8, Instituto Geofísico del Perú.
- ENFEN, 2015: Comunicado Oficial ENFEN 08-2015.
- Fedorov, A. V., and S. G. Philander, 2000. Is El Niño changing?, *Science*, 288, 1997-2002, doi: 10.1126/science.288.5473.1997.
- Fedorov, A. V., and S. G. Philander, 2001: A stability analysis of tropical ocean-atmosphere interactions: Bridging measurements and theory for El Niño, *Journal of Climate*, 14, 3086-3101.
- Johnson, N., S.-P. Xie, 2010: Changes in the sea surface temperature threshold for tropical convection, *Nature Geoscience*, doi: 10.1038/ngeo1008.
- Kirtman, B. P., and P. S. Schopf, 1998: Decadal variability in ENSO predictability and prediction, *Journal of Climate*, 11, 2804-2822, doi: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0442\(1998\)011<2804:DVIEP A>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0442(1998)011<2804:DVIEP A>2.0.CO;2).
- Kug, J.-S., F.-F. Jin, S.-I. An, 2009: Two-types of El Niño events: cold tongue El Niño and warm pool El Niño, *Journal of Climate*, 22, 1499–1515.
- Lee, T., and M. J. McPhaden, 2010: Increasing intensity of El Niño in the central-equatorial Pacific, *Geophysical Research Letters*, 37, L14603, doi: 10.1029/2010GL044007.
- Montecinos, A., 2015: Variabilidad climática interdecadal en el Pacífico, *Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño"*, Vol. 2, N°1, 4-8, Instituto Geofísico del Perú.
- Reupo, J., K. Takahashi, 2014: Variabilidad decadal de la bondad de los pronósticos con modelos climáticos globales, *Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño"*, Vol. 1, N°8, 9-10, Instituto Geofísico del Perú.
- Rodgers, K., P. Friederichs, M. Latif, 2004: Tropical Pacific decadal variability and its relation to decadal modulations of ENSO, *Journal of Climate*, 17(19):3761–3774.
- Takahashi, K., 2014: El Niño y el cambio climático, *Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño"*, Vol. 1, N°5, 4-7, Instituto Geofísico del Perú.
- Takahashi, K., y B. Dewitte, 2015a: Strong and moderate nonlinear El Niño regimes, *Climate Dynamics*, doi: 10.1007/s00382-015-2665-3.
- Takahashi, K., y B. Dewitte, 2015b: Física de El Niño extraordinario, *Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño"*, Vol. 2, N°4, 4-8, Instituto Geofísico del Perú.
- Vimont, D. J., 2005: The contribution of the interannual ENSO cycle to the spatial pattern of decadal ENSO-like variability, *Journal of Climate*, 18, 2080-2092.
- Wang, B., and S.-I. An, 2001: Why the properties of El Niño changed during the late 1970s, *Geophysical Research Letters* 28 (19), 3709–3712.
- Wang, B., and S.-I. An, 2002: A mechanism for decadal changes of ENSO behavior: roles of background wind changes, *Climate Dynamics*, 18 (6), 475-486.
- Wittenberg, A., 2009: Are historical records sufficient to constrain ENSO simulations?, *Geophysical Research Letters*, doi: 10.1029/2009GL038710.
- Wittenberg, A., A. Rosati, T. L. Delworth, G. A. Vecchi, F. Zeng, 2014: ENSO modulation: Is it decadal predictability?, *Journal of Climate*, doi: 10.1175/JCLI-D-13-00577.1.
- Xiang, B., B. Wang, T. Li, 2012: A new paradigm for the predominance of standing Central Pacific Warming after the late 1990s, *Climate Dynamics*, doi: 10.1007/s00382-012-1427-8.
- Xue, Y., M. Chen, A. Kumar, Z. Hu, W. Wang, 2013: Prediction skill and bias of tropical Pacific sea surface temperatures in the NCEP Climate Forecast System version 2, *Journal of Climate*, doi: 10.1175/JCLI-D-12-00600.

Procesos de interacción océano – atmósfera que contribuyen a las variaciones espacio-temporales de la Temperatura Superficial del Mar

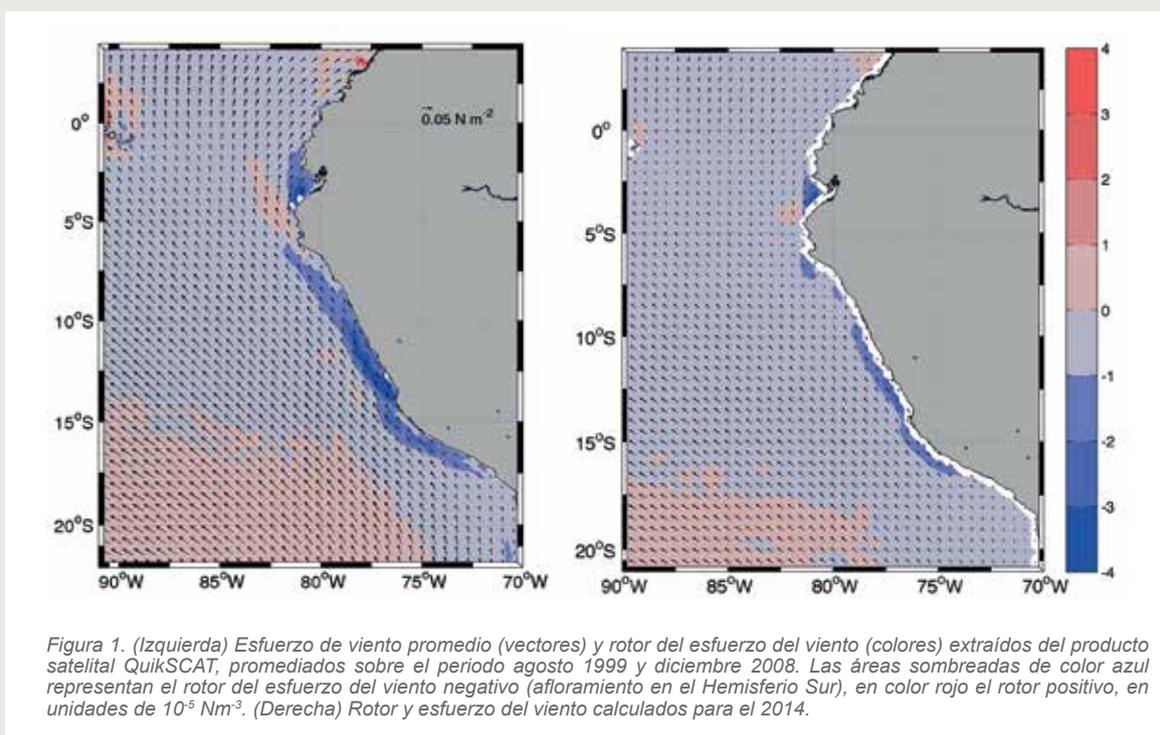
Ivonne Montes¹
¹Instituto Geofísico del Perú

La fuerte interacción entre el océano y la atmósfera desarrollada frente a la costa peruana da como resultado una serie de procesos dinámicos que determinan las características oceanográficas de la región. A lo largo de la costa peruana, el mecanismo más importante es el denominado **transporte de Ekman**, desarrollado debido a la influencia de los vientos alisios. Dichos vientos, que fluyen de sur a norte a lo largo de la costa (Gunther, 1936; Strub et al., 1998), promueven el desplazamiento del agua superficial hacia fuera de la costa, lo cual es compensado por el ascenso de agua más profunda (esto es conocido como el afloramiento costero, e.g. Brink et al., 1983) cuyas características físico-químicas (típicamente frías y ricas en nutrientes) contribuyen a mantener la alta productividad marina así como el clima de la región (normalmente árido y templado), y mantienen las bajas temperaturas registradas en la zona.

Por otro lado, otro mecanismo conocido pero poco explorado es el denominado **bombeo de Ekman**, desarrollado básicamente debido al rotor del esfuerzo del viento (o a las variaciones longitudinales de la intensidad de los vientos), lo cual genera una convergencia (movimiento de aguas superficiales hacia el fondo, también conocido

como hundimiento) o divergencia (movimiento de las aguas del fondo hacia la superficie, también conocido como afloramiento) del transporte de Ekman, produciendo un aumento o decremento del nivel del mar, variaciones en la temperatura superficial del mar, así como profundización o somerización de la termoclina.

Frente a la costa peruana, bajo condiciones normales, el afloramiento costero es el resultado del efecto combinado del transporte más la divergencia debida al bombeo (Figura 1), siendo el transporte de Ekman mucho mayor en magnitud que el bombeo (Halpern, 2002). Sin embargo, un estudio desarrollado por Halpern (2002), mediante el análisis de datos satelitales, reveló que durante eventos cálidos (tales como El Niño extraordinario 1997-1998) el bombeo tuvo un comportamiento contrario, registrando una magnitud cuatro veces mayor que la observada bajo condiciones normales, contribuyendo al calentamiento superficial debido a la convergencia y profundizó la termoclina en aproximadamente 75m. Desafortunadamente, sus resultados quedaron como hipótesis debido a la insuficiente cantidad de datos disponibles sobre la columna de agua y a la incapacidad de discernir un retardo de tiempo entre el inicio del bombeo de Ekman y la profundización de la termoclina.



Procesos de interacción océano – atmósfera que contribuyen a las variaciones espacio-temporales de la Temperatura Superficial del Mar

Montes I.

Por otro lado, es bien sabido que el evento El Niño se presenta en diferentes tipos o variedades (Rasmusson y Carpenter, 1982; Kug et al., 2009; Takahashi et al., 2011), siendo el más frecuente entre el 1999 y la actualidad el denominado El Niño Modoki (Ashok et al., 2007), lo cual conlleva que se desarrollen bajo diferentes mecanismos de interacción océano-atmósfera frente a la costa peruana y presenten diferentes efectos sobre la dinámica regional y el clima de la región. Por lo tanto, el presente trabajo pretende analizar el aporte tanto del transporte como del bombeo de Ekman a lo largo de la costa peruana, examinar su influencia sobre las variaciones espacio-temporales de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) y la estabilidad de la columna de agua, así como su influencia sobre el desarrollo de los eventos El Niño costero entre el periodo 1999 y 2014, haciendo uso de datos observacionales y modelos numéricos.

A fin de realizar un análisis exploratorio de la hipótesis de Halpern (2002), se analizó el periodo del 2014. La comparación entre los mapas del rotor y el esfuerzo del viento promediado para el 2014 y la climatología mostraron que, aunque se mantiene el patrón (mayor divergencia y vientos favorables para el afloramiento a lo largo de la costa), el rotor y el esfuerzo del viento se ven debilitados. Por otro lado, el cálculo de la velocidad del bombeo de Ekman asociado al valor promedio del rotor del esfuerzo del viento para el 2014, estimado siguiendo la ecuación de Smith (1968), mostró el predominio de la divergencia (Figura 2) en la región de estudio. Sin embargo, el análisis diario de la velocidad del bombeo a lo largo de la costa mostró que la divergencia es reemplazada por una intensa convergencia durante el año, lo que sugiere que el bombeo de Ekman pudo haber contribuido con el

calentamiento desarrollado a lo largo de la costa durante el 2014. Análisis complementarios están enfocados a correlacionar los campos de TSM y la profundidad de la termoclina, y al cálculo del transporte mediante datos y modelos numéricos.

Referencias

Ashok, K., S. K. Behera, S. A. Rao, H. Weng, and T. Yamagata, 2007: *El Niño Modoki and its possible teleconnection*, *Journal of Geophysical Research*, 112, C11007.

Gunther, E. R., 1936: *A report on oceanographic investigations in the Peru Coastal Current*, *Discovery Reports*, 13, 107-276.

Halpern, D., 2002: *Offshore Ekman Transport and Ekman Pumping Off Peru During the 1997–1998 El Niño*, *Geophysical Research Letters*, 29 (5).

Kug, J.-S., F.-F. Jin, and S.-I. An, 2009: *Two Types of El Niño Events: Cold Tongue El Niño and Warm Pool El Niño*, *Journal of Climate*, 22, 1499–1515.

Rasmusson, E. M., and T. H. Carpenter, 1982: *Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño*, *Monthly Weather Review*, 110, 354-384.

Strub, P. T., J. M. Mesias, V. Montecino, J. Rutllant, and S. Salinas, 1998: *Coastal ocean circulation off western South America*, *The Sea*, vol. 11, 273 – 314.

Takahashi, K., A. Montecinos, K. Goubanova, and B. Dewitte, 2011: *ENSO regimes: Reinterpreting the canonical and Modoki El Niño*, *Geophysical Research Letters*, 38, L10704.

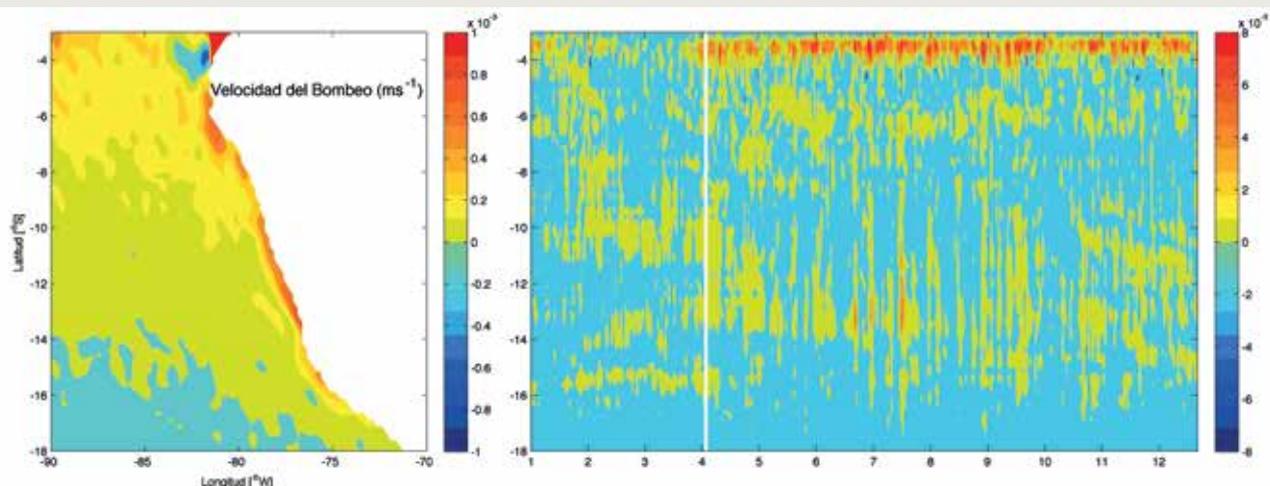


Figura 2. (Izquierda) Velocidad promedio del bombeo de Ekman calculada para el periodo 2014. Valores positivos (negativos) indican divergencia (convergencia). (Derecha) Diagrama tiempo-latitud de la velocidad del bombeo de Ekman (ms^{-1}) a lo largo de la costa peruana.

Resumen del Informe Técnico PPR/El Niño - IGP/ 2015-5

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 abril las condiciones climáticas de la costa peruana fueron cálidas débiles (0.68), y el estimado para mayo indica condiciones cálidas moderadas. El pronóstico de la temperatura superficial del mar de los modelos numéricos internacionales, con condiciones iniciales del mes de mayo, indica que las condiciones climáticas serán entre cálidas moderadas y fuertes en julio y agosto en el Pacífico Oriental. Estos mismos resultados numéricos predicen que para el Pacífico Central las condiciones serán cálidas, entre moderadas y fuertes. La onda Kelvin que se formó a inicios del mes de marzo en el extremo oeste, aún continuó afectando la costa peruana. Por otro lado, la onda que se formó en la primera quincena del mes de mayo estaría arribando a partir de fines del mes de junio.

Índice Costero El Niño

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

Año	Mes	ICEN	Condiciones costeras del mes
2015	Enero	0.08	Neutro
2015	Febrero	0.01	Neutro
2015	Marzo	0.18	Neutro
2015	Abril	0.68	Cálida Débil

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 abril de 2015 es de CÁLIDA DÉBIL**. 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 30 de mayo 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 débil, que se generó a inicios de marzo y cuyo núcleo llegó en la segunda quincena de mayo, continuó afectando la costa peruana. Asimismo, en los productos observacionales y en el modelo lineal ya se observa con mayor claridad la presencia de la onda Kelvin cálida, la cual se formó en la primera quincena de mayo. Se espera que esta onda llegue a fines del mes de junio. 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 continuación 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 julio y agosto, 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 en el rango de "cálidas fuertes" y "cálidas muy fuertes" para el mes de julio y desde el mes de agosto, respectivamente.

Resumen del Informe Técnico PPR/El Niño - IGP/ 2015-5

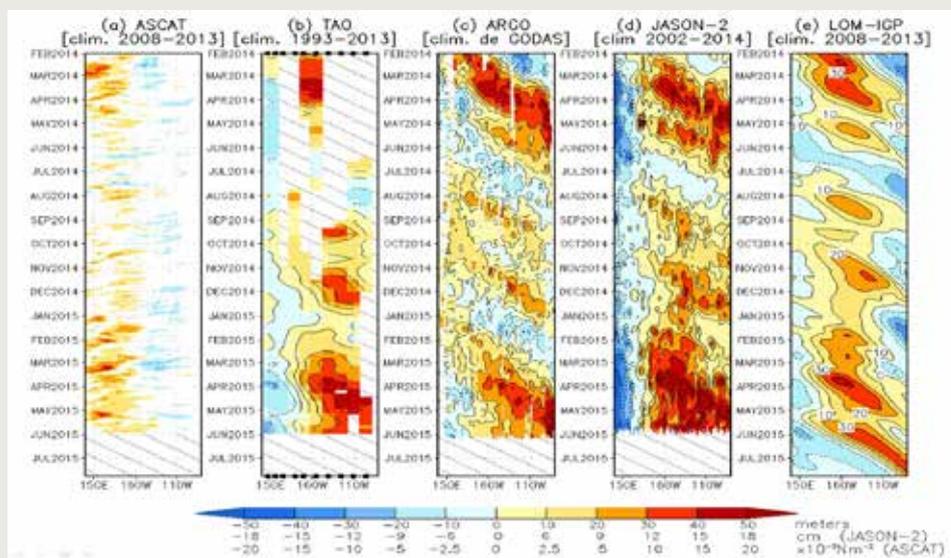


Figura 1. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se muestra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

Subestimación satelital de la temperatura superficial del mar

La estimación de TSM global diaria de NOAA OI SST presentó una reducción abrupta de las anomalías cálidas en la costa en la última quincena de mayo. Este resultado es inconsistente con la continua presencia de ondas Kelvin cálidas. Más aún, un estimado satelital basado en mediciones de microondas¹ muestra la persistencia de las condiciones cálidas. Debido a que las mediciones en infrarrojo pueden ser contaminadas por nubosidad mientras que las de microondas no, se considera probable que la reducción de las anomalías de TSM según NOAA OI SST haya sido falsa. Esto debe ser confirmado con más mediciones *in situ*. En adelante, es recomendable utilizar una diversidad de fuentes satelitales de TSM, particularmente incluyendo mediciones microondas.

Conclusiones

1. El ICEN para abril 2015 fue de 0.68 (cálida débil).

2. Para el Pacífico Oriental (Niño 1+2), el modelo CFSv2, actualizado hasta fin de mayo, continúa indicando condiciones **cálidas principalmente fuertes con el pico en junio** y El Niño costero tendría una magnitud fuerte. Posteriormente, este modelo indica una tendencia a la normalización, con un mínimo en octubre (promedio cálido débil) para luego incrementar hacia el verano 2015-2016, alcanzando condiciones cálidas moderadas en promedio. La magnitud de los pronósticos para fin de año ha ido bajando de intensidad a medida que las condiciones iniciales evolucionaron entre inicio y fin de mayo.

Modelo	Inicio	Extremo	Final	Magnitud
CFS2	abr.-15	jun.-15	No disponible	Fuerte
CMC1	abr.-15	jun.-15	No disponible	Moderado
CMC2	abr.-15	jul.-15	No disponible	Fuerte
GFDL	abr.-15	jul.-15	No disponible	Fuerte
NASA	abr.-15	jul.-15	No disponible	Fuerte
NCAR	-	-	-	-
IGFDL_FLOR	abr.-15	jul.-15	No disponible	Fuerte
NCAR_CCSM4	abr.-15	jul.-ago.-15	No disponible	Fuerte
NMME(prom)	abr.-15	jul.-15	No disponible	Fuerte
ECMWF	abr.-15	Agosto.-15	-	Moderado
OBSERVADO	-	-	-	-

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

3. Para el **Pacífico Central** (Niño 3.4), el modelo CFSv2, actualizado hasta fin de mayo, continúa indicando una tendencia al aumento en las condiciones **cálidas, alcanzando en promedio el nivel de fuerte con el pico en noviembre**. La magnitud de los pronósticos para fin de año ha ido bajando de intensidad a medida que las condiciones iniciales evolucionaron entre inicio y fin de mayo.

4. Los productos observacionales a lo largo de la línea ecuatorial y el modelo lineal indican que la **onda Kelvin cálida, que se generó a inicios de marzo y cuyo núcleo llegó en la segunda quincena de mayo, continuó afectando la costa peruana**. Asimismo, en los

¹<http://www.remss.com/measurements/sea-surface-temperature/oisst-description>.

Resumen del Informe Técnico PPR/El Niño - IGP/ 2015-5

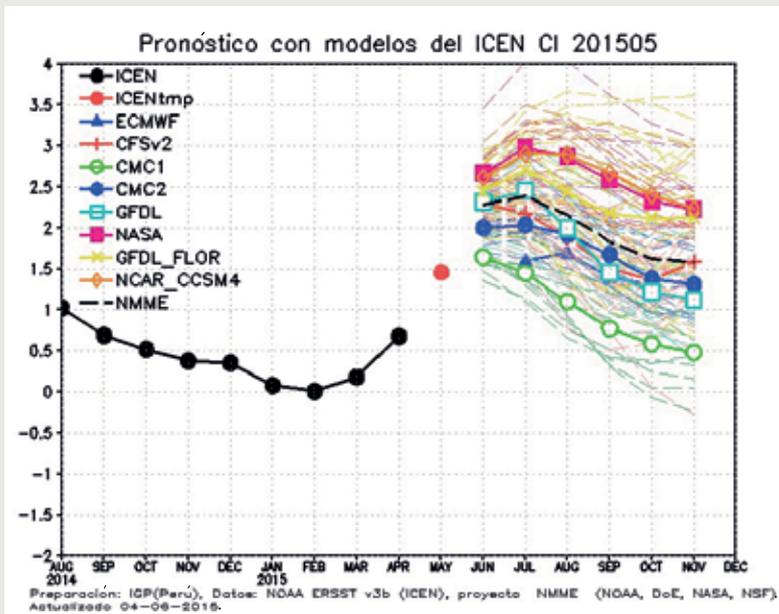


Figura 2. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de tres meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden a los miembros de los "ensembles". Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 tienen como condición inicial el mes de mayo de 2015. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de mayo de 2015. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF).

productos observacionales y modelo lineal ya se observa la presencia de la onda Kelvin cálida, la cual se formó en la primera quincena de mayo. Se espera que esta onda llegue a fines del mes de junio.

5. La continuación de las anomalías cálidas en el Pacífico Ecuatorial Central y de la respuesta a esto de parte de la actividad atmosférica convectiva en el Pacífico Ecuatorial cerca de la línea de cambio de fecha es favorable a la continuación de anomalías de vientos del oeste que pueden generar nuevas ondas Kelvin cálidas.

6. La comparación de la estimación de TSM global diaria de NOAA OI SST basada en mediciones satelitales en infrarrojo (que tienen problemas con la nubosidad) con las estimaciones basadas en microondas (que no tienen problemas con las nubes), sugiere que la reducción abrupta de las anomalías cálidas en la costa en la última quincena de mayo sería errada. Esto se debe confirmar con datos *in situ*. En el futuro, se recomienda monitorear la TSM también con el producto de microondas.

7. La reducción en la magnitud de los pronósticos de CFS2 podría estar asociada a que el pulso de vientos del oeste en el Pacífico Central-Oriental pronosticado por este modelo para la segunda quincena de mayo y asociado a MJO, no ocurrió.

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 Magister 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 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° 08 - 2015 Estado del sistema de alerta: **Alerta de El Niño Costero¹**

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

El Niño podría extenderse hasta fin de año aunque con magnitud aún incierta.

Durante el otoño e invierno no se esperan intensas lluvias en la costa, pero sí temperaturas por encima de lo normal. **Los indicadores biológicos de la anchoveta, manifiestan que este recurso no ha sido impactado por El Niño**.

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 mayo.

A lo largo del litoral, la temperatura superficial del mar (TSM) y las temperaturas extremas del aire (máximas y mínimas) estuvieron por encima de lo normal, con anomalías entre +1° y +4°C. Las anomalías de TSM fueron mayores frente a la costa norte, mostrando un valor promedio en la región Niño 1+2 de +2.2°C. El Índice Costero El Niño (ICEN, región Niño 1+2) estimado para abril y mayo indica condiciones cálidas débil y moderada, respectivamente.

Se observó la continuación de las anomalías cálidas en casi todo el Pacífico ecuatorial, presentando actividad convectiva² que refleja el acoplamiento de la atmósfera al océano, lo cual promovió la ocurrencia de un nuevo pulso de viento del oeste en el Pacífico ecuatorial occidental en esta primera quincena con magnitud similar al observado en la primera quincena de marzo del 2015.

Asociado a la onda Kelvin cálida generada en marzo, el promedio del nivel medio del mar estuvo entre 10 y 25 cm por encima de lo normal a lo largo de la costa del Perú en la primera quincena de mayo, particularmente en el norte, mientras que la termoclina³ continuó más profunda que lo normal en el norte, con anomalías de temperatura oceánica bajo la superficie de hasta +8°C frente a Paíta. Este incremento del nivel medio del mar, aunado a las bravesas, ocasionaron mayores impactos en el perfil de la costa.

Con respecto a las lluvias en la costa norte del país, estas han ocurrido en periodos cortos, lo cual no se ha visto reflejado en incrementos sustanciales de los caudales. Por otro lado, los reservorios en la costa norte y sur cuentan con almacenamiento al 92% y 71% de su capacidad máxima, respectivamente.

La anchoveta presentó un desplazamiento hacia el sur, distribuyéndose desde Chimbote (9°S) hasta Punta Infiernillos (15°S). La distribución vertical de sus cardúmenes continuó mostrando mayor profundización solo entre Huacho (11°S) y Pucusana (12°S). Los indicadores biológicos de la anchoveta, manifiestan que este recurso no ha sido impactado por El Niño costero.

PERSPECTIVAS

Se espera que la onda Kelvin cálida continúe su presencia en la costa hasta el mes de junio, lo cual mantendría las anomalías positivas de la temperatura superficial del mar y del aire, así como el nivel medio del mar y la profundidad de la termoclina.

Debido al pulso de viento del oeste observado en la primera quincena de mayo, se espera la formación de una nueva onda Kelvin cálida que estaría arribando a nuestras costas a partir de mediados de junio de 2015, contribuyendo a mantener las condiciones cálidas en la costa durante el invierno.

Durante otoño e invierno, el calentamiento costero no produciría efectos sustanciales en las precipitaciones por ser temporada seca, aunque no se descarta algún episodio de lluvias ligeras asociado a sistemas meteorológicos aislados en Tumbes y Piura.

Si continúa el acoplamiento entre las anomalías cálidas de la temperatura superficial y la convección atmosférica en el Pacífico ecuatorial occidental y central, persistirán las anomalías de vientos del oeste, generando nuevas ondas Kelvin cálidas, las que a su vez promoverán la persistencia de las condiciones cálidas en la costa en los siguientes meses.

Las corridas más recientes de los modelos climáticos indican que el evento El Niño costero tendría una magnitud entre moderado y fuerte (ICEN⁴, región Niño 1+2), con un máximo calentamiento alrededor de julio. Considerando estos pronósticos, el análisis de las condiciones observadas en el Pacífico ecuatorial y en la costa, particularmente el nuevo pulso de viento del oeste y las mayores anomalías de temperaturas en el litoral, el Comité Multisectorial ENFEN eleva la estimación de la magnitud del presente El Niño costero a entre moderado y fuerte.

Por otro lado, para el Pacífico central (región Niño 3.4), todos los modelos pronostican la intensificación de las condiciones El Niño hacia fin de año con magnitudes que podrían exceder 2°C en los casos más extremos. Según esto, si bien el pronóstico para la región costera es incierto para fin de año, no se puede descartar que El Niño exceda una magnitud moderada. 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, 20 de mayo 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: Se refiere a la presencia de sistemas atmosféricos de gran desarrollo vertical asociados a lluvia intensa.

³Termoclina: Capa oceánica donde de la temperatura disminuye rápidamente con la profundidad. La base de la termoclina se identifica mediante la isoterma de 15°C.

⁴Condiciones 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° 09 - 2015 Estado del sistema de alerta: **Alerta de El Niño Costero¹**

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

El Niño podría extenderse hasta fin de año aunque con magnitud aún incierta.

Durante el otoño e invierno no se esperan intensas lluvias en la costa, pero sí temperaturas por encima de lo normal. Los indicadores biológicos de la anchoveta, indican que este recurso no ha sido impactado por El Niño.

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 del mes de mayo.

A lo largo del litoral, en promedio durante mayo, la temperatura superficial del mar (TSM) y las temperaturas extremas del aire (máximas y mínimas) estuvieron por encima de lo normal, con anomalías entre +1° y +4.5°C. Las anomalías de TSM fueron mayores frente a la costa norte, alcanzando +3.7°C en Paíta, y mostrando un valor en la región Niño 1+2 de +2.4°C. El valor del Índice Costero El Niño (ICEN, región Niño 1+2) para abril es de 0.68°C, correspondiente a condiciones cálidas débiles, mientras que el último estimado para mayo corresponde a condiciones cálidas moderadas².

Se observó la continuación de las anomalías cálidas en casi todo el Pacífico ecuatorial, presentando actividad convectiva³ que refleja el acoplamiento de la atmósfera al océano, lo cual promovió la ocurrencia de un nuevo pulso de viento del oeste en el Pacífico ecuatorial occidental en la primera quincena de mayo, con magnitud similar a la observada en la primera quincena de marzo del 2015, así como la continuación de anomalías del oeste durante el resto del mes, extendiéndose hacia el Pacífico oriental.

Asociado a la onda Kelvin cálida generada en marzo, el promedio del nivel medio del mar estuvo entre 10 y 20 cm por encima de lo normal a lo largo de la costa del Perú, particularmente en el norte. La estación oceanográfica a 5 mn frente a Paíta muestra que la onda Kelvin estuvo presente en la costa todo el mes, mostrando anomalías de temperatura alrededor de +4°C sobre los 80 m de profundidad, mientras que, en el perfil frente a Chicama, la termoclina⁴ continuó más profunda que lo normal.

Con respecto a las lluvias y caudales en la costa norte del país, estas han ocurrido dentro de lo normal, aunque se notaron algunos picos puntuales en los caudales pero no muy intensos ya que mayo es el inicio de la temporada seca. Por otro lado, los reservorios en la costa norte y sur cuentan, en promedio, con almacenamiento al 94% y 63% de su capacidad máxima, respectivamente.

La anchoveta presentó un desplazamiento hacia el sur, distribuyéndose desde Chimbote (9°S) hasta Punta Infiernillos (15°S), así como entre

Atico (16°S) y Morro Sama (18°S). Los indicadores de la biología de la anchoveta, indican que este recurso no ha sido impactado por El Niño costero, probablemente debido a la disponibilidad de nutrientes, que permite una mayor productividad primaria.

PERSPECTIVAS

Se espera que la onda Kelvin cálida continúe su presencia en la costa hasta el mes de junio, lo cual mantendría las anomalías positivas de la temperatura superficial del mar y del aire, así como el nivel medio del mar y la profundidad de la termoclina.

La onda Kelvin formada por el pulso de viento del oeste en la primera quincena de mayo arribará a nuestras costas a partir de mediados de junio y con el pico en julio, lo cual contribuirá a mantener las condiciones cálidas en la costa durante el invierno.

Durante otoño e invierno, el calentamiento costero no produciría efectos sustanciales en las precipitaciones por ser temporada seca, aunque no se descarta algún episodio de lluvias ligeras asociado a sistemas meteorológicos aislados en Tumbes y Piura.

Si continúa el acoplamiento entre las anomalías cálidas de la temperatura superficial y la convección atmosférica en el Pacífico ecuatorial occidental y central, persistirán las anomalías de vientos del oeste, generando nuevas ondas Kelvin cálidas, las que a su vez promoverán la persistencia de las condiciones cálidas en la costa en los siguientes meses.

Las corridas más recientes de los modelos climáticos continúan indicando que el evento El Niño costero tendría una magnitud entre moderado y fuerte (ICEN⁵, región Niño 1+2), con un máximo calentamiento alrededor de julio, mientras que para el Pacífico central (región Niño 3.4), los modelos globales pronostican la intensificación de las condiciones El Niño hacia fin de año con magnitudes que podrían exceder 2°C en los casos más extremos. Según esto, si bien el pronóstico para la región costera es incierto para fin de año, no se puede descartar que El Niño exceda una magnitud moderada. 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, 4 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 ICEN_{tmp} indica condiciones cálidas, y se espera que se consolide El Niño costero (Nota Técnica ENFEN 01-2015).

²Nota: Las estimaciones satelitales NCEP OI SST de final de mayo presentaron una subestimación del orden de 2°C con respecto a los datos costeros, oceanográficos y de sensores satelitales de microondas.

³Actividad convectiva: Refiere a la presencia de sistemas atmosféricos de gran desarrollo vertical asociados a lluvia intensa.

⁴Termoclina: Capa oceánica donde de la temperatura disminuye rápidamente con la profundidad. La base de la termoclina se identifica mediante la isoterma de 15°C.

⁵Condiciones costeras moderadas= ICEN entre 1 y 1.7, 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:

