PERÚ Ministerio del Ambiente | Instituto Geofísico del Perú - IGP

Programa Presupuestal por Resultados Nº 68 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”. Producto: “Estudios para la estimación del riesgo de desastres”

“Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño”

Boletín Técnico

Uso e importancia de las fuentes documentales escritas para el estudio del Fenómeno El Niño en Perú

Titulares del diario El Comercio haciendo eco de los sucesos ocurridos durante El Niño 1925

PERÚ PROGRESO PARA TODOS

Vol. 3 Nº 5 Mayo 2016

Contenido

2 - 3 **Introducción**

4 - 8 **Artículo de Divulgación** Científica

9 - 10 **Avances** Científicos

11 - 13 **Resumen** Informe Técnico

14 - 15 **Comunicado** Oficial ENFEN

Programa Presupuestal por Resultados N° 68 "Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres".
Producto: "Estudios para la estimación del riesgo de desastres".
Actividad: "Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño".

Manuel Pulgar Vidal
Ministro del Ambiente

Ronald Woodman
Presidente Ejecutivo IGP

José Macharé
Director Científico IGP

Ken Takahashi
Responsable Producto El Niño - IGP

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

Edición: Cristiana Leucci
Diseño y Diagramación: Dante Guerra

Carátula: Martínez A., 2016

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

Impreso por Empresa: Imprenta Editora Gráfica Real SAC.
Jr. Independencia 953 – Trujillo – La Libertad
Teléfono (44) 25-3324

Lima, junio del 2016

Hecho el Depósito Legal en la
Biblioteca Nacional del Perú N° 2016-07565

Introducción

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

El Instituto Geofísico del Perú (IGP) viene participando en el Programa Presupuestal por Resultados 068: "Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres". A partir del año 2014, algunas de las instituciones integrantes del Comité Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) participan en este PPR con el producto denominado "Estudios para la estimación del riesgo de desastres", que consiste en la entrega en forma oportuna de información científica sobre el monitoreo y pronóstico de este evento natural oceáno-atmosférico, mediante informes técnicos mensuales, que permitan la toma de decisiones a autoridades a nivel nacional y regional.

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

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

Los resultados de esta actividad están disponibles en: *www.igp.gob.pe/sysppr.*

IGP

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.

ENFEN

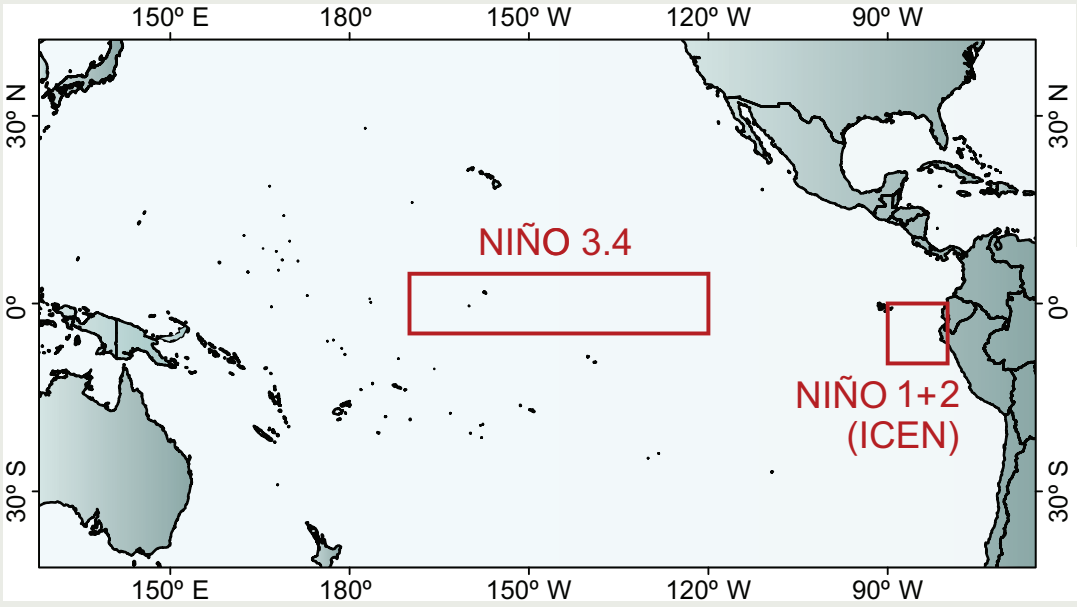
El Comité Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), conformado por representantes de IMARPE, DHN, IGP, SENAMHI, ANA e Indeci, es el ente que genera la información oficial de monitoreo y pronóstico del Fenómeno El Niño y otros asociados.

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 Amazonía peruana.

Uso e importancia de las fuentes documentales escritas para el estudio del Fenómeno El Niño en Perú

Mag. Alejandra Martínez
Investigadora Científica del Instituto Geofísico del Perú

Magister en Ecología y Gestión Ambiental de la Universidad Ricardo Palma y Economista de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Actualmente es responsable de la Subdirección de Geofísica y Sociedad e investigadora científica del Instituto Geofísico del Perú. Recientemente, sus estudios están enfocados en los impactos socioeconómicos de los fenómenos geofísicos en la sociedad y su desarrollo, especialmente en los temas de vulnerabilidad, adaptación y gestión de desastres naturales.

Introducción

No existe un Fenómeno El Niño igual a otro, ya que estos pueden alcanzar distintas magnitudes que pueden variar entre débil, moderada, fuerte o extraordinaria (como los eventos ocurridos en 1982-83 y 1997-98), y, además, el desarrollo físico de cada evento también es distinto. Tal como señala Takahashi (2014), en Perú, en particular en los últimos años, ha surgido confusión tanto entre los legos como entre los investigadores del clima, sobre a qué llamar El Niño, debido a las diferencias de conceptos sobre el Fenómeno manejadas en el país y en el resto del mundo (Figura 1).

Los climatólogos utilizan una serie de herramientas para el estudio del Fenómeno, que incluyen el desarrollo de modelos climáticos - tanto atmosféricos como oceánicos -, así como el análisis de datos convencionales obtenidos de estaciones meteorológicas y oceanográficas, pero también datos biológico-marinos y pesqueros, y otros como los llamados reanálisis, que combinan datos puntuales con modelos numéricos[1]. Uno de los problemas que los científicos deben afrontar al hacer estudios sobre El Niño es la falta de datos en superficie. Si bien existe una red de estaciones meteorológicas distribuida a lo largo de Sudamérica, su existencia como tal se da desde mediados del siglo XX, y su uso encuentra dificultades como el acceso a la información, datos no digitalizados, heterogeneidades en la información, entre otros (Garreaud et al., 2009).

Otros tipos de estudios que puedan dar un complemento y base para la reconstrucción de datos meteorológicos y que ayuden a dar luces sobre el desarrollo de eventos El Niño pasados vienen siendo desarrollados por los investigadores. Algunos de estos trabajos incluyen el análisis de *proxies* de alta resolución como anillos de árboles, espeleotemas y *ice cores* de glaciares tropicales (e. g. Rodríguez

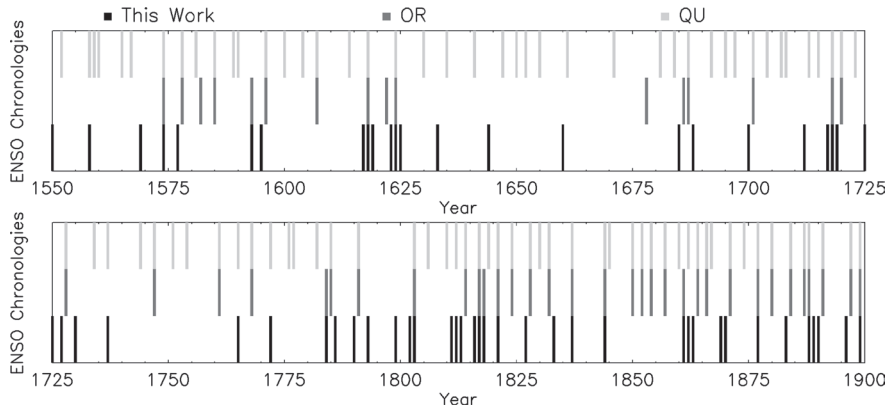


Figura 1. Ejemplo de cronologías históricas de eventos El Niño en el periodo 1550–1900. Comparación entre años El Niño: Arriba, según Quinn et al. (1987); Centro, según Orlieb (2000); y Abajo, según García-Herrera (2007). (Fuente: García-Herrera et al., 2007).

[1] *http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html.*

et al., 2005; Apaéstegui et al., 2014; Thompson et al., 2013, respectivamente). Estos registros permiten caracterizar El Niño en la escala de miles de años, sin embargo, en general, no dan información sobre eventos específicos (e. g. Apaéstegui y Takahashi, 2016).

Las fuentes documentales escritas para el estudio de El Niño son una fuente de información que aún no ha sido tan ampliamente difundida ni utilizada como podría serlo, a pesar de estar presente en las agendas de investigación del Fenómeno El Niño desde hace al menos un par de décadas (Katz et al., 1998). Probablemente entre las causas se encuentre la escasez de trabajo interdisciplinario entre científicos físicos y sociales y la suposición de que los datos que pueden obtenerse de documentos históricos solo serían anecdóticos o puntuales.

En el presente artículo de divulgación se hará un rápido recuento de algunas fuentes históricas escritas existentes, así como de algunos de los trabajos pasados y recientes que han utilizado fuentes documentales escritas para reforzar o complementar estudios sobre la física de El Niño, y los impactos locales y regionales del Fenómeno.

Principales fuentes documentales escritas para el estudio de El Niño

El trabajo de Prieto & García-Herrera (2009) describe en detalle la amplia gama de fuentes documentales que potencialmente podrían ser utilizadas para la reconstrucción de variaciones climáticas pasadas. Los autores examinan la distribución espacial y temporal de récords de datos en los países que fueron colonias españolas, diferenciando los archivos hispanoamericanos (Archivo General de Indias, Sevilla; Archivo del Museo Naval y Archivo de la Real Academia de Historia, ambos en Madrid; Archivos Generales de la Nación de Bolivia, Ecuador y Perú, entre otros); las fuentes documentales del periodo colonial (colecciones de cartas, anales o diarios de clérigos y militares; registros de barcos, etc., ubicados en archivos y bibliotecas de las que fueran las principales ciudades del Virreinato español, así como en archivos y bibliotecas de Norteamérica y Europa, entre otros); las fuentes documentales del siglo XIX (memorias anuales de ministerios, periódicos, reportes de guerra, etc.); y, finalmente, las primeras observaciones sistemáticas y datos instrumentales (observaciones barométricas, de temperatura y precipitación, muchas veces publicadas en periódicos locales o como datos de archivo de las primeras estaciones meteorológicas de Sudamérica).

El término “El Niño” aparece por primera vez en la literatura en el trabajo del capitán peruano Camilo Carrillo (1892), publicado en el Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima tras el evento El Niño de 1891, que tuvo graves consecuencias para la economía del país. Un par de años después, Eguiguren (1894), hace la primera reconstrucción de la historia del Fenómeno considerando reportes sobre la ocurrencia de lluvias en el norte del país en un periodo de casi 100 años. Durante los años 1925-26 sucedió otro evento El Niño de envergadura, con lo que nuevos trabajos relatando los impactos e incluyendo datos meteorológicos y oceanográficos, fueron publicados en los años inmediatamente posteriores (Murphy, 1926; Zegarra, 1927; Zorrell, 1929).

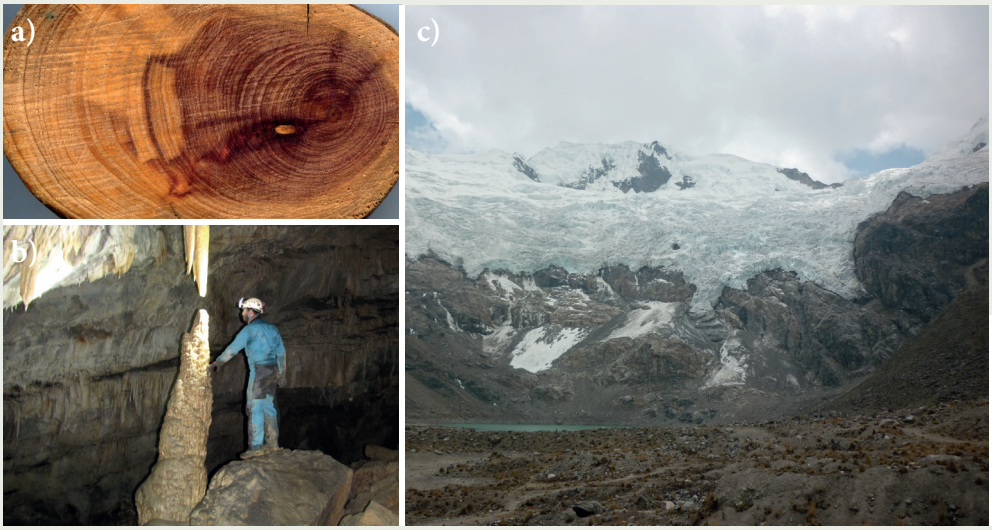


Figura 2. El análisis de los anillos de árboles, espeleotemas y ice cores son proxies de alta resolución que complementan los datos meteorológicos. a) Anillos de árboles, b) Investigaciones en espeleotemas realizados en el IGP, c) Glaciar Huaytapallana.

Descripciones y estadísticas sobre eventos se multiplican en calidad y cantidad con los eventos El Niño posteriores, incluyendo estadísticas de ministerios e instituciones, reportes de pérdidas económicas, descripciones sobre mortandad de aves y peces, etc.

Breve repaso bibliográfico

Uno de los trabajos fundamentales realizados sobre El Niño utilizando fuentes históricas es el de Quinn, Neal y Antúnez de Mayolo (1987), donde los autores, haciendo uso de documentos tan variados como crónicas de viajeros, eclesiásticos y militares, así como posteriores reportes de exploradores, naturalistas y funcionarios coloniales entre otros, construyen una cronología cualitativa de los eventos El Niño desde el siglo XIV, basada en los impactos identificados en las fuentes consultadas, clasificándolos en moderados, fuertes y muy fuertes (los eventos débiles no fueron considerados).

Desde su publicación, este trabajo ha sido ampliamente citado y revisitado por autores como Diaz y Pulwarty (1994) y Orlieb (2000), quienes han comentado y/o afinado la cronología de Quinn et al. gracias, principalmente, al análisis de otras variables atmosféricas, oceanográficas y geológicas. Por otro lado, historiadores peruanos como Lizardo Seiner (2001, 2002, 2004) y Lorenzo Huertas (2001, 2009) han trabajado con fuentes documentales tanto sobre los eventos El Niño, como sobre otros fenómenos geofísicos de importancia, dando nuevas luces sobre el desarrollo e impactos de estos eventos, pero también sacando a la luz bases de datos históricas no utilizadas con anterioridad.

A estos deben sumarse trabajos de investigación no exclusivamente vinculados a eventos El Niño, pero que se caracterizan por su naturaleza altamente interdisciplinaria, así como por haber contribuido con metodologías de análisis que combinan aspectos físicos y sociales para la reconstrucción de bases de datos, en muchos casos inferidas parcialmente de información primaria de archivos históricos de distinto tipo. Entre los que vienen desarrollando toda una línea de investigación en este sentido se encuentran Ricardo García-Herrera (García-Herrera et al., 2003; García-Herrera et al., 2005) y María del Rosario Prieto (Prieto et al., 2012; Prieto & Rojas, 2013), así como otros autores a cuyos trabajos los dos primeros también han contribuido (García et al., 2001; Gallego et al., 2008; Neukom et al., 2009).

Entre los trabajos de investigación que específicamente se han ocupado de eventos El Niño, destacan los estudios de García-Herrera et al. (2008) y de Aceituno et al. (2009). En el primero, los autores utilizan información primaria de los archivos de la ciudad de Trujillo (Perú), del Archivo General de las Indias (España) y del Archivo General de la Nación (Perú) para presentar una cronología de los eventos El Niño entre los años 1550 y 1900, sus impactos en la ciudad de Trujillo y alrededores, comparando además esta cronología con otros indicadores ENSO. En el segundo caso, los autores examinan en profundidad el evento El Niño de 1877-78, que tuvo repercusiones mundiales con intensas sequías en Asia y África, ocasionando millones de muertos; así como sus repercusiones en Sudamérica, analizándose datos meteorológicos y fuentes documentales con información sobre impactos de casi todo el subcontinente.

Una fuente poco utilizada: Periódicos locales y nacionales

Los periódicos locales y nacionales han sido empezados a analizar en detalle en los últimos años. Los trabajos de Chang (2014) y Rojas (2014) analizaron los reportes en los diarios El Comercio (nacional, basado en Lima) y El Tiempo (local, basado en Piura), respectivamente, sobre el Fenómeno El Niño 1925-26, mostrando que estos son una fuente importante de información para el análisis sobre impactos del evento vinculados a la comunicación, aspectos visuales, historia y economía política, pero también para la obtención de datos meteorológicos y oceanográficos reportados.

De particular interés es el diario El Comercio, fundado el año 1839, que casi sin interrupciones de importancia (a excepción del periodo correspondiente a enero 1880 - octubre 1884) es publicado hasta la actualidad. Por su carácter nacional, desde sus primeras ediciones El Comercio recogía información de las regiones a través de corresponsales, o de diarios locales; por ejemplo, durante El Niño 1925-26, El Comercio publicó más de 2500 notas sobre impactos asociados a este Fenómeno (Chang, 2014).

Recientemente, el trabajo de Takahashi & Martínez (2016) analiza el evento de 1925 desde el punto de vista de la física del clima, sosteniendo que, además del calentamiento de la costa, este evento se caracterizó por condiciones frías en el Pacífico Central, fuertes vientos del norte y el desplazamiento

de la Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ) al sur de la línea ecuatorial, y no tanto por los procesos climáticos de larga escala del ENSO, como en el caso de los eventos extraordinarios de 1982-83 y 1997-98.

Datos de impactos sociales y económicos, registros de lluvias y caudales de ríos, entre otros, obtenidos de los registros del diario El Comercio de 1925-26 fueron utilizados para completar, corroborar y validar información meteorológica y oceanográfica. Entre esta información se pueden incluir datos diarios de braveza del mar, presencia de niebla y aguaje, temperatura de agua, dirección del viento y lluvia en el puerto del Callao (sección Memorándum del Puerto), así como datos puntuales de precipitación y caudal de ríos para ciudades como Piura o Lambayeque. Además, la descripción detallada que se presentaba en las noticias de la época permitió, por ejemplo, evaluar y comparar eventos puntuales de precipitación con El Niño de otros años o con precipitaciones ocurridas en distintos puntos del país en el período analizado:

"No hay recuerdo de que Trujillo haya sufrido nada semejante, en lo que se refiere a los daños causados por las lluvias. El año 1891, las inundaciones perjudicaron solo a determinadas calles, pero ahora, a los terribles efectos que ellas han causado en los barrios de Miraflores, Mansiche, Paseo Muñiz y otros, hay que agregar la acción destructora de las lluvias constantes sobre toda la ciudad, incluyendo sus calles más importantes."[2]

La utilización de El Comercio como fuente para el estudio de Takahashi & Martínez (2016) tuvo además la ventaja de contar con una amplia cobertura geográfica, gracias a que el diario recogía y publicaba notas de corresponsales, pero también reportes oficiales, cartas de diputados, y noticias de periódicos locales de las zonas afectadas, recogiéndose información de ciudades como Tumbes, Piura, Lambayeque, Trujillo, Casma, Lima, Ica, Arequipa, entre otras.

Bases de datos sobre desastres como la del SINPAD[3] (1995-actualidad) o la de DESINVENTAR[4] (1970-2013) no van mucho atrás en el tiempo y, al ser bases de datos sistematizadas en entradas fijas, tienen la desventaja adicional de perder detalle en las descripciones de los eventos, además de no ser específicas sobre El Niño.

Figura 3. Vistas de algunas noticias aparecidas en el diario El Comercio de 1925, dando cuenta de los terribles impactos del evento en diversas zonas del país.

Conclusiones

En general, las fuentes históricas documentales no han sido lo suficientemente explotadas para el estudio de eventos El Niño históricos, a pesar de la riqueza de fuentes de información que se tienen en el país, incluyendo precios de productos marinos o agrícolas, datos de morbilidad y mortandad, estadísticas sobre líneas férreas y carreteras, etc. Además, la información contenida en periódicos locales y nacionales viene mostrando ser una fuente adicional de datos que puede contribuir con el entendimiento de la física de El Niño, así como de sus impactos asociados.

[2] *En El Comercio del 1925-03-23, p. 2., resaltan el título "Trujillo bajo la acción de las aguas" y los subtítulos "Las lluvias torrenciales y loas aguas de la quebradas inundaron parte de la ciudad - Todo el paseo Muñiz ha quedado en ruinas - La magnitud de los daños sufridos - La miseria y el hambre amenazan a los habitantes".*
[3] *http://sinpad.indeci.gob.pe/PortalSINPAD/.*
[4] *http://www.desinventar.org/.*

Referencias

Aceituno, P., M. del R. Prieto, M. E. Solari, A. G. Martínez, G. Poveda, y M. Falvey, 2009: The 1877-78 El Niño episode: Associated impacts in South America, Climatic Change, 92, 389-416.

Apaéstegui, J., F. W. Cruz, FA. Sifeddine, J. C. Espinoza, J. L. Guyot, M. Khodri, & E. Carvalho, 2014: Hydroclimate variability of the South American Monsoon System during the last 1600 yr inferred from speleothem isotope records of the north-eastern Andes foothills in Peru, Climate of the Past Discussions, 10 (1), 533-561.

Apaéstegui, J., y K. Takahashi, 2016: Variabilidad del ENSO durante el Holoceno: evidencias paleoclimíticas, Boletín Técnico "Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño", 3, 2, 4-8, Instituto Geofísico del Perú.

Carrillo, C. N., 1892: Hidrografía oceánica, Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima, 2, 72-110.

Chang, A., 2014: La cobertura periodística del fenómeno del Niño de 1925-1926 en el diario El Comercio de Lima, Tesis para optar el grado de Magister en Historia por la Pontifica Universidad Católica del Perú.

Diaz, H. F., & & R. S. Pulwarty, 1994: An analysis of the time scales of variability in centuries-long ENSO-sensitive records in the last 1000 years, The Medieval Warm Period, 317-342. Springer Netherlands.

Eguiguren, V., 1894: Las lluvias en Piura, Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima, 4, 241-258.

Gallego, D., R. García-Herrera, R. Prieto, & C. Peña-Ortiz, 2008: On the quality of climate proxies derived from newspaper reports? A case study, Climate of the Past, 4 (1), 11-18.

Garcia, R. R., H. F. Díaz, R. García-Herrera, J. Eischeid, M. R. Prieto, E. Hernández, L. Gimeno, F. Rubio Durán, and A. M. Bascary, 2001: Atmospheric circulation changes in the tropical Pacific inferred from the voyages of the Manila galleons in the sixteenth-eighteenth centuries, Bulletin of the American Meteorological Society, 82 (11), 2435-2455.

García-Herrera, R., R. R. García, M. R. Prieto, & E. Hernández, 2003: The use of Spanish historical archives to reconstruct climate variability, Bulletin of the American Meteorological Society, 84 (8), 1025.

García-Herrera, R., G. P. Können, D. A. Wheeler, M. R. Prieto, P. D. Jones, & F. B. Koek, 2005: CLIWOC: A climatological database for the world's oceans 1750–1854, Climatic Change, 73 (1-2), 1-12.

Garcia-Herrera, R., D. Barriopedro, E. Hernández, H. F. Diaz, R. R. Garcia, M. R. Prieto, & R. Moyano, 2008: A Chronology of El Niño Events from Primary Documentary Sources in Northern Peru, Journal of climate, 21 (9), 1948-1962.

Garreaud, R., M. Vuille, R. Compagnucci, and J. Marengo, 2009: Present-day South American climate, Palaegeography, Palaeclimatology, Palaeoecology, 281, 3-4, 180-195.

Huertas, L., 2001: Diluvios andinos a través de las fuentes documentales, Lima: Fondo editorial de la Pontifica Universidad Católica del Perú.

Huertas, L., 2009: Injurias del tiempo. Desastres naturales en la historia del Perú, Editorial Universitaria, Universidad Ricardo Palma.

Katz, E., M. Goloubinoff, and A. M. Lammel, 1998: El Niño visto por las Ciencias Sociales: Propuestas de Investigación, Bulletin de l´Institut Francais d´Etudes Andines, 27 (3): 857-864.

Murphy, R. C., 1926: Oceanic and climatic phenomena along the west coast of South America durin 1925, Geographical Review, 16 (1), 26-54.

Neukom, R., M. Prieto, R. Moyano, J. Luterbacher, C. Pfister, R. Villalba, P. Jones, and H. Wanner, 2009: An extended network of documentary data from South America and its potential for quantitative precipitation reconstructions back to the 16th century, Geophysical Research Letters, 36, 12.

Ortlieb, L., 2000: The documented historical record of El Nino events in Peru: an update of the Quinn record (sixteenth through nineteenth centuries), El Niño and the Southern Oscillation: Multiscale variability and global and regional impacts, 207-295.

Prieto, M. del R., and R. García Herrera, 2009: Documentary sources from South America: Potential for climate reconstruction, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 281, 196-209, doi:10.1016/j. palaeo.2008.07.026.

Prieto, M. D. R., M. E. Solari, J. Crouchet, & A. Larroucau, 2012: Fuentes documentales para el estudio del clima en la región sur-austral de Chile (40º-51º S) durante los últimos siglos, Bosque (Valdivia), 33 (2), 135-144.

Prieto, M. del R., & F. Rojas, 2013: Climate anomalies and epidemics in South America at the end of the Colonial Period, Climatic change, 118 (3-4), 641-658.

Quinn, W. H., V. T. Neal, &S. E. Antunez de Mayolo, 1987: El Niño occurrences over the past four and a half centuries, Journal of Geophysical Research: Oceans, 92 (C13), 14449-14461.

Rodriguez, R., A. Mabres, B. Luckman, M. Evans, M. Masiokas, and T. M. Ektvedt, 2005: "El Niño" events recorded in dry-forest species of the lowlands of northwest Peru, Dendrochronologia, 22, 3, 181-186.

Rojas, C., 2014: "La fotografía como elemento informativo del diario "El Tiempo" de Piura: evolución de su uso en la cobertura del fenómeno "El Niño" de 1925 y de 1983", Tesis para optar el grado de Licenciado en Comunicación por la Universidad de Piura.

Seiner, L, 2001: El Fenómeno El Niño en el Perú: Reflexiones desde la Historia, Debate agrario, 33, Perú.

Seiner, L., 2002: Estudios de historia medioambiental. Perú, siglos XVI-XX, Lima: Fondo de Desarrollo Editorial de la Universidad de Lima.

Seiner, L., 2004: La historia de la ciencia en el Perú : meteorología y sociedad, siglos XVIII-XIX, Tesis para optar el grado de Magister en Historia, Pontificia Universidad Católica 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", 1, 2, 4-7, Instituto Geofísico del Perú.

Takahashi, K., & A. G. Martínez, 2016: The very strong El Niño in 1925 in the far-eastern Pacific, Climate Dynamics (Submitted).

Thompson, L. G., E. Mosley-Thompson, M. E. Davis, V. S. Zagorodnov, I. M. Howat, V. N. Mikhalenko, & P. N. Lin, 2013: Annually resolved ice core records of tropical climate variability over the past~ 1800 years, Science, 340 (6135), 945-950.

Zegarra, J. M., 1927: "Las lluvias y avenidas extraordinarias en verano de 1925 y su influencia en la agricultura de La Libertad", Informes y memorias de la Sociedad de Ingenieros del Perú, 28.

Zorell, F., 1929: La corriente del Niño en 1925, Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima, XVLI, 1-18.

Retroalimentación no lineal de Bjerknes en modelos globales atmosféricos: CMIP3 y CMIP5

Juan C. Sulca, M.Sc.[1] y Ken Takahashi, Ph.D.[1]
[1]Instituto Geofísico del Perú

Introducción

Un tema clave de la dinámica de El Niño es entender la transición de un evento fuerte a uno extraordinario, el cual presenta un calentamiento mucho mayor en el Pacífico Oriental que los otros tipos de evento. El Niño y su naturaleza no lineal pueden ser caracterizados usando dos índices, *E* y *C*, que representan las variaciones de la temperatura superficial del mar (TSM) en el Pacífico Oriental y Central, respectivamente, las cuales son ortogonales e independientes entre sí (Takahashi et al., 2011). Usando estos índices, Takahashi et al. (2011) propusieron que El Niño extraordinario pertenece a un régimen dinámico distinto a los demás, lo cual fue mostrado por Takahashi y Dewitte (2015ab, TD15 en adelante) en el modelo climático global GFDL CM2.1, el cual es capaz de simular realísticamente algunos de los aspectos de El Niño, tales como su diversidad (Kug et al., 2010) y modulación decadal (Wittenberg et al., 2014). Takahashi y Dewitte propusieron que la retroalimentación de Bjerknes (el calentamiento superficial produce vientos del oeste que, a su vez, aumentan el calentamiento) es un proceso no lineal en el Pacífico Oriental y que esto podría explicar cómo un evento El Niño crece aceleradamente hasta el nivel extraordinario después de haber superado un calentamiento umbral (E_{crit}). Este umbral está asociado a la activación de la convección atmosférica en el Pacífico Oriental, que típicamente es muy fría para esto, y corresponde a una temperatura superficial de alrededor de 26°C. Por encima de este umbral, la convección y los vientos del oeste aumentan linealmente con el calentamiento con una mayor tasa que a temperaturas menores. El cambio en estas tasas, por encima (*Hi*) y por debajo (*lo*) del punto crítico, se puede caracterizar por una *razón de no-linealidad* entre estas tasas (*Hi/lo*). El presente trabajo tiene como objetivo principal extender el análisis de TD15, particularmente la caracterización de la retroalimentación de Bjerknes no-lineal, a un mayor número de modelos climáticos.

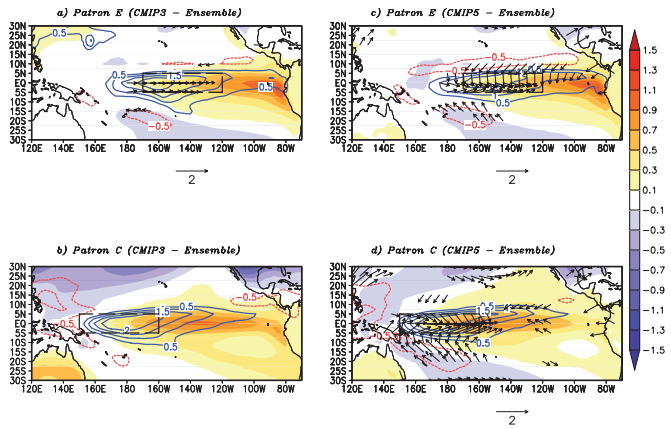


Figura 1. Mapas de regresión lineal de temperatura superficial del mar (°C, sombreado), esfuerzo del viento (10^{-2} Nm^{-2}, solo son ploteados vectores con magnitudes mayores a 5x10-3 Nm-2), y precipitación (contornos azules para 0.5, 1, 1.5, 2 3 mm dia-1, similarmente para valores negativos en rojo) con los índices a) C y b) E. Las cajas negras se usan para calcular los índices promedio de las variables de esfuerzo de viento y radiación saliente de onda larga. Se utilizó el ensemble de los modelos atmosféricos globales del AMIP pertenecientes al CMIP3 [a) E y b) C)] y CMIP5 [c) E y d) C].

Datos y Metodología

Para caracterizar la retroalimentación no lineal de Bjerknes se utilizaron las salidas de varios modelos atmosféricos globales de las simulaciones AMIP (siglas en inglés, *Atmospheric Model Intercomparation Project*), en las cuales se imponen condiciones de frontera realistas usando datos mensuales de temperatura superficial del mar observada para el periodo 1978-2009, para poder comparar las componentes atmosféricas de los modelos climáticos acoplados excluyendo los efectos del océano. Las simulaciones analizadas corresponden a los proyectos CMIP3 y CMIP5, cuyo objetivo es la intercomparación de modelos climáticos. Los modelos del CMIP3 usados están enlistados en la siguiente página web (https://esg.llnl.gov), mientras que solo se utilizaron 5 modelos atmosféricos globales para el CMIP5 (GFDL, GISS, MPI, IPSL y CNRM; http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5//).

Se realizó una homogenización horizontal y vertical a todos los modelos atmosféricos globales (CMIP3 y CMIP5) a través de una interpolación bilineal (horizontal y vertical) en todo el dominio (144x73x17 puntos de grillas). Solo se analizó el periodo 1980-1999 (1980-2008), ya que es común para todos los modelos del CMIP3 (CMIP5).

El presente estudio reprodujo la metodología descrita en TD15. Para comparar los valores críticos identificados en ambos grupos de modelos (CMIP3 y CMIP5), se analizaron las anomalías estandarizadas de esfuerzo de vientos (Nm-2) y ROL (ROL; Wm-2). Ambos índices fueron definidos como el valor promedio de la variable dentro de las cajas negras mostradas en la Figura 1.

Resultados

Los resultados de nuestro análisis de los ensembles de anomalías estandarizadas del esfuerzo de vientos, ROL, precipitación y temperatura superficial del aire en los modelos atmosféricos globales del AMIP pertenecientes al CMIP3 y CMIP5 son mostrados en la Figura 1. La Figura 1.a muestra claramente el predominio de anomalías del oeste del esfuerzo de vientos sobre la región de

máxima actividad convéctiva (lluvias) sobre el océano Pacífico. Sin embargo, la intensidad de la componente meridional del esfuerzo de viento es menor con respecto al patrón observacional de TD15, ya que no reproduce adecuadamente la zona convergencia de los vectores de esfuerzo de vientos. Para el caso del índex C, la Figura 1.b no ilustra el ensemble del campo de esfuerzo de vientos en el CMIP3, ya que su magnitud es menor al 50% del patrón observacional (TD15), mientras que el resto de campos (TSM y precipitación) sí son comparables al patrón observacional. En contraste, el ensemble de los modelos del CMIP5 reproduce adecuadamente ambos patrones observacionales de TD15.

Los resultados de la identificación y cuantificación del valor crítico (Ecrit) y la razón de no linealidad (Hi/lo) en los ensembles de esfuerzo de viento zonal y ROL de los modelos atmosféricos globales del AMIP agrupados en el CMIP3 y CMIP5 son mostrados en la Figura 2. Sin embargo, la Figura 2 solo muestra los modelos atmosféricos globales que presentan la retroalimentación no lineal propuesta por TD15. Por ejemplo, aproximadamente el 33.33% del total de los modelos del CMIP3 cumplen tal condición (CNRM, GISS, INMCM3 y GFDL), mientras que, para el caso de los modelos del CMIP5 (CNRM, GFDL y GISS), llega al 60%.

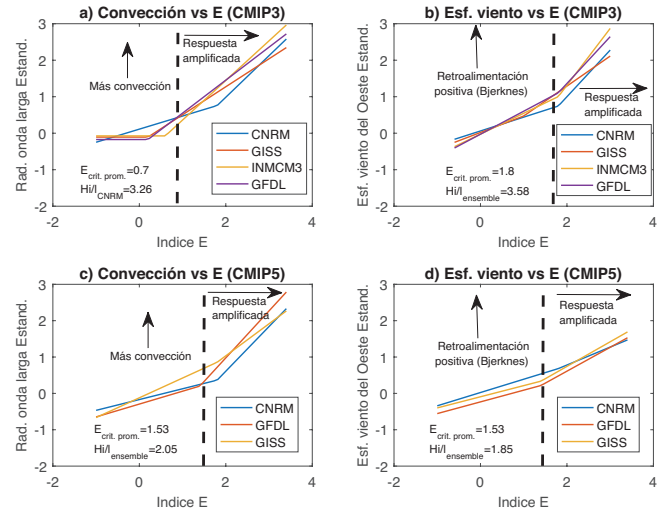


Figura 2. Ajuste de "Piecewise linear regression" (líneas de colores) a los índices estandarizados de a, c) ROL y b, d) esfuerzo de viento zonal con respecto al índice E para los modelos atmosféricos globales del AMIP pertenecientes al a, b) CMIP3 y c, d) CMIP5.

La Figura 1.b ilustra claramente que el índice estandarizado de esfuerzo de viento zonal asociado con el índice E en los modelos CMIP3 es consistente con los resultados de TD15, ya que presenta valores de Ecrit = 1.8 y Hi/lo = 3.58 para esta variable. Estos valores son mayores que los valores documentados en TD15, quienes usaron el modelo GFDL CM2.1, Ecrit = 1.59 y Hi/lo= 3.30. En contraste, la Figura 1.a muestra claramente que solo el modelo CNRM del CMIP3 es capaz de reproducir el comportamiento no lineal hallado por TD15 para la variable ROL, ya que presenta un Ecrit = 1.8 y Hi/lo = 3.26. Por otro lado, el resto de los modelos del CMIP3 (GISS, INMCM3 y GFDL) reproduce la relación no lineal observacional (TD15) pero subestima el valor observacional de Ecrit (Ecrit < 0.8). Además, si bien para E por encima del crítico (Ecrit) la convección crece fuerte y linealmente con el aumento de E, a diferencia de las observaciones, el índice estandarizado de ROL presenta valores muy cercanos a cero para valores de E menores a Ecrit. Este comportamiento no lineal es similar al de las lluvias de la costa norte peruana durante El Niño (Woodman y Takahashi, 2014). Estos resultados sugieren que los esquemas de convección en los modelos del CMIP3 serían el principal problema ya que todos ellos sí reprodujeron adecuadamente el comportamiento no lineal en la variable esfuerzo de viento zonal, aunque subestimaron la intensidad teórica.

Por otra parte, en el CMIP5, todos los modelos atmosféricos globales del AMIP seleccionados reproducen adecuadamente el comportamiento no lineal del índice estandarizado del esfuerzo de viento zonal (Figura 1.d) y de la ROL (Figura 1.c) asociados con el índex E propuesto en TD15. Por ejemplo, el índice estandarizado de esfuerzo de viento zonal (ROL) del ensemble de los modelos se caracteriza por Ecrit = 1.53 y Hi/lo = 1.85 (Ecrit = 1.53 y Hi/lo = 2.05). Pero, los valores de Ecrit y Hi/lo en ambos índices estandarizados tienden a ser menores a los observacionales documentados en TD15. Los resultados son similares para el índice C (Figuras no mostradas).

Conclusión

En conclusión, algunos modelos atmosféricos globales del AMIP del CMIP3 (CNRM, GISS, INMCM3 y GFDL) y CMIP5 (GFDL, GISS y CNRM) reproducen los patrones observacionales de anomalías de esfuerzo de vientos, ROL, temperatura superficial del aire y precipitación asociados con los índices E y C, así como la retroalimentación no lineal de Bjerknes, con valores de Ecrit y razón de no linealidad consistente con el estimado observacional de TD15.

Referencias

Kug, J. S., J. Choi, S.-I. An, F.-F. Jin, and A. Wittenberg, 2010: Warm pool and cold tongue El Niño events as simulated by the GFDL 2.1 coupled GCM, Journal of Climate, 23, 1226–1239.

Takahashi, K., A. Montecinos, K. Goubanova, B. Dewitte, 2011: ENSO regimes: reinterpreting the canonical and Modoki El Niño, Geophysical Research Letters, 38: L10704, doi: 10.1029/2011GL047364.

Takahashi, K., and 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", 2, 4, 4-8, Instituto Geofísico del Perú.

Wittenberg, A. T., A. Rosati, T. L. Delworth, G. A. Vecchi, and F. Zeng, 2014: ENSO modulation: Is it decadally predictable?, Journal of Climate, 27, 2667–2681. doi: 10.1175/JCLI-D-13-00577.1.

Woodman, R., and K. Takahashi, 2014: ¿Por qué no llueve en la costa del Perú (salvo durante El Niño)? Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", 1, 6, 4-7, Instituto Geofísico del Perú.

Resumen del Informe Técnico
PPR/El Niño - IGP/ 2016-5

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 valor del Índice Costero El Niño (ICEN), para el mes de abril las condiciones climáticas de la costa peruana fueron cálidas débiles (0.77ºC). Los valores temporales del ICEN (ICENtmp), 1 y 2, indican que para los meses de mayo y junio las condiciones serían neutras, lo que indicaría que el evento El Niño habría durado hasta abril. El pronóstico de la temperatura superficial del mar (TSM) de los modelos numéricos internacionales para la región del Pacífico Oriental, con condiciones iniciales del mes de mayo, indican en promedio condiciones neutras para los meses de junio y julio. Estos mismos resultados numéricos predicen que para el Pacífico Central las condiciones serían neutras y frías débiles para esos meses.

Según los datos de la anomalía de la profundidad de la termoclina ecuatorial (ARGO), la onda Kelvin que debería llegar a fines de mayo e inicios de junio (segunda onda Kelvin fría del año en curso) perdió intensidad luego de pasar por 120°W, posiblemente debido a las anomalías de viento del noroeste en el Pacífico Oriental. La tercera onda continúa su desplazamiento hacia el este y llegaría en el mes de julio. Estas ondas probablemente mantendrán en valores neutros o negativos la anomalía de la TSM a lo largo de la costa peruana en los siguientes tres meses. Por otra parte, no se observaron anomalías de vientos zonales ecuatoriales sustanciales, aunque continúan ligeramente del oeste, y la convección en el Pacifico Oriental se ha debilitado alcanzando valores dentro de lo normal.

Índice Costero El Niño

Utilizando los datos de TSM promediados sobre la región Niño1+2, actualizados hasta el mes de mayo de 2016 del producto ERSST v3b, generados por el *Climate Prediction Center* (CPC) de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, EE.UU.), se ha calculado el Índice Costero El Niño (ICEN; ENFEN, 2012) hasta el mes de abril de 2016. Los valores se muestran en la Tabla 1.

Año	Mes	ICEN	Condiciones costeras del mes
2016	Enero	1.77	Cálida Fuerte
2016	Febrero	1.49	Cálida Moderada
2016	Marzo	1.07	Cálida Moderada
2016	Abril	0.77	Cálida Débil

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

Según el valor del ICEN para el mes de abril, se establece que continúa la presencia de El Niño costero, el que se inició en abril de 2015.

Diagnóstico del Pacífico Ecuatorial

En el océano Pacífico Ecuatorial las principales variables climáticas mostraron, en promedio, valores alrededor de su normal. A la fecha no se aprecian señales de un acoplamiento favorable para el desarrollo de un enfriamiento, a diferencia del año 1998 en el que se observaban anomalías de viento del este por estas fechas. La anomalía de la temperatura superficial del mar (ATSM) en la región Niño 3.4, en promedio (IR, ME, OSTIA), continúa con una tendencia negativa y en la actualidad se ubica dentro de su rango normal, muy similar a lo que ocurrió en otoño de 1998. Por otro lado, en la región Niño 1+2, la ATSM fue próxima a sus condiciones normales, siendo inferior a la ATSM del evento del año 1992 y superior a la de 1973. Las anomalías de viento del oeste en el Pacífico Central (160ºE-160ºW; 5ºS-5ºN) mostraron, en promedio, anomalías negativas. La convección en el Pacífico Central-Oriental continuó su decaimiento hasta alrededor de su climatología durante la segunda quincena del mes, lo que indica que no existe un acoplamiento entre la atmósfera y el océano para generar un evento cálido o frío. La termoclina en el Pacífico Oriental, en los puntos 110ºW y 95°W, continúa mostrando anomalías negativas debido al paso de las ondas Kelvin frías. Por otro lado, la inclinación este-oeste de la termoclina ecuatorial es casi climatológica, mientras que la descarga de calor se ha detenido temporalmente en el mes de mayo y su valor es aproximadamente el 60% de lo observado en 1998.

Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones

Los datos de la profundidad de la isoterma de 20°C ecuatorial según ARGO (Figura 1c) muestran que la segunda onda Kelvin fría perdió intensidad luego de pasar por 120°W, posiblemente debido a anomalías débiles de vientos del noroeste en la región oriental del Pacifico. La tercera onda Kelvin fría continua su desplazamiento hacia el este y llegaría en julio. Esta onda probablemente contribuirá a mantener magnitudes neutras o frías de la anomalía de la TSM a lo largo de la costa peruana en los siguientes tres meses.

Resumen del Informe Técnico
PPR/El Niño - IGP/ 2016-5

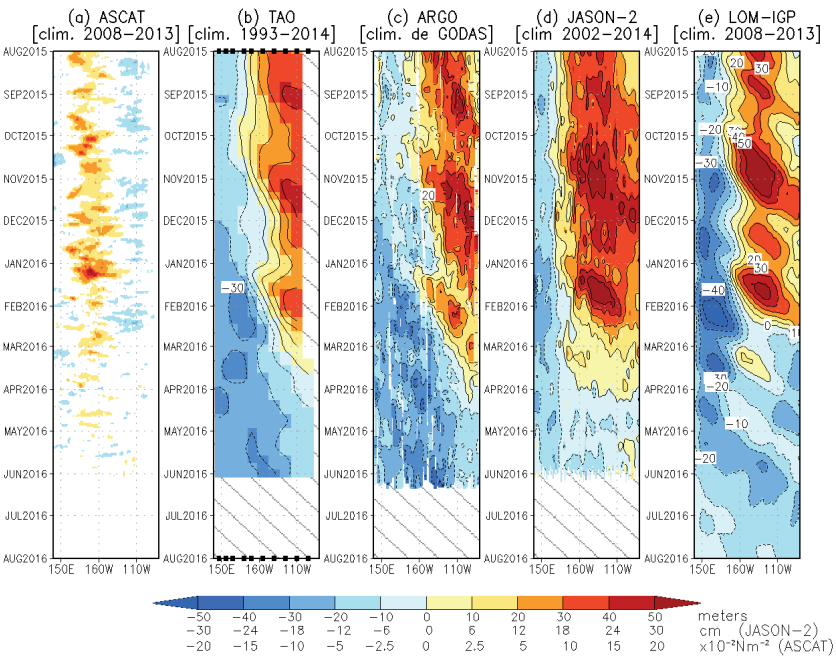


Figura 1. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se muestra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

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Los modelos climáticos inicializados en mayo indican que para el mes de junio los pronósticos de la anomalía de TSM en el Pacifico Oriental (región Niño 1+2), 6 de 7 modelos son de condiciones neutras, y 1 de 7 modelos indica condiciones frías débiles; para el mes de julio, 7 de 8 modelos indican condiciones neutras y 1 de 8 modelos frías débiles; para el mes de agosto, los 8 modelos indican anomalías negativas, sin embargo están dentro del límite de condiciones neutras. (Figura 2). Por otro lado, en el Pacífico Central (Niño 3.4), los modelos indican que las condiciones en promedio para el mes de junio serian neutras, mientras que para el mes de julio se esperarían condiciones frías débiles. Las condiciones para los trimestres junio – agosto y setiembre – noviembre 2016 serían frías débiles.

Un análisis retrospectivo de eventos La Niña en la región Niño 3.4 indica una tendencia general a la sobreestimación de estos eventos, lo cual nos indica la necesidad de tomar con precaución los pronósticos actuales.

Conclusiones

1. El **ICEN para abril** de 2016 fue de 0.77 **(cálida débil)**. Asimismo, el **ICENtmp** para **mayo y junio es 0.21 y -0.22** respectivamente, siendo condiciones neutras.

2. Durante el mes de mayo, la TSM en la región Niño 1+2 mostró una oscilación entre su valor climatológico y +1ºC. Los tres productos (infrarrojo, microdondas y OSTIA) mostraron esta variación.

3. Según la anomalía de la profundidad de la termoclina, la onda Kelvin que debería llegar a fines de mayo e inicios de junio (segunda onda Kelvin fría del año en curso) perdió intensidad luego de pasar por 120ºW, posiblemente debido a las anomalías de viento del noroeste en el Pacífico Oriental. La tercera onda continúa su desplazamiento hacia el este y llegaría en julio. Estas ondas probablemente generarán y mantendrán anomalías entre neutras y negativas de TSM a lo largo de la costa peruana en los siguientes tres meses.

4. No se observaron anomalías de vientos zonales ecuatoriales sustanciales, aunque continúan ligeramente del oeste, y la convección en el Pacífico Oriental se ha debilitado alcanzando valores dentro de lo normal. En el Pacífico Central-Oriental (Niño 3) se observan anomalías negativas de TSM, pero no están acompañadas por vientos anómalos del este. Lo anterior implica que en este momento no hay acoplamiento entre la atmósfera y el océano.

5. La inclinación de la termoclina ecuatorial es normal, mientras que la descarga de calor ecuatorial durante el mes de mayo se ha frenado temporalmente en mayo. Si bien la anomalía de volumen de agua cálida sigue sustancialmente negativa, su valor es aproximadamente el 60% de lo observado en 1999 en la misma fecha.

6. Para el **Pacífico Oriental** (Niño 1+2), 7 de 8 modelos inicializados en mayo (salvo el CFSv2 actualizado en junio) indican que el mes de julio presentaría condiciones neutras y 1 de 8 modelos indica condiciones frías débiles. En general, estos pronósticos son menos fríos que los inicializados en abril.

7. Para el **Pacífico Central** (Niño 3.4), todos los modelos que han sido considerados, y que fueron inicializados en mayo, indican que El Niño continuaría su declinación y presentaría condiciones frías débiles en promedio para julio. Para los siguientes meses los modelos predicen La Niña en el Pacífico Central. Se nota que los modelos han tendido a exagerar las magnitudes de La Niña pasadas y, dado que la descarga de calor se ha frenado (al menos temporalmente), es posible que el enfriamiento ecuatorial no sea tan pronunciado como pronosticado.

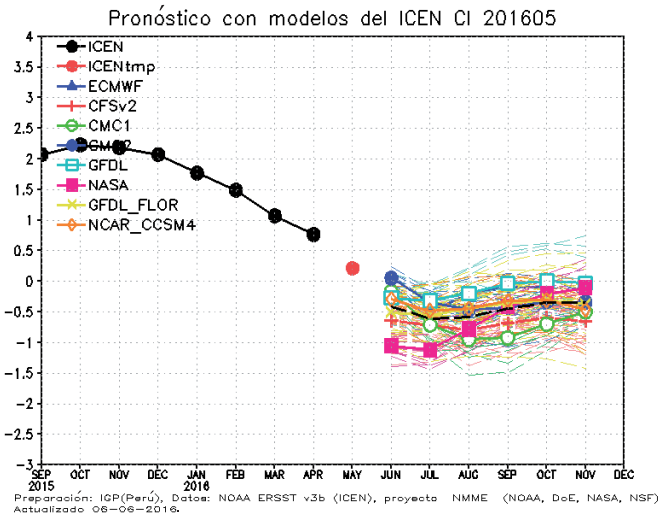


Figura 2. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de tres meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden 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 2016. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de mayo de 2016 (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", 1, 5, 8-9, 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 Amererican 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.

Kug, J. S., Fei-Fei Jin, and Soon-Il An, 2009: Two Types of El Niño Events: Cold Tongue El Niño and Warm Pool El Niño. J. Climate, 22, 1499–1515.

Lagos, P., Y. Silva, E. Nickl, K. 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", 1, 3, 4-7, 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, Lima.

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", 1, 12, 4-8, Instituto Geofísico del Perú.

McPhaden, M. J., 2012: A 21st Century Shift in the Relationship between ENSO SST and Warm Water Volume Anomalies, Geophysical Research Letters, 39, L09706, doi:10.1029/2012GL051826.

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, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.

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", 1, 1, 4-7, 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, 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", 1, 4, 8-9, 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", 1, 1, 8-9, 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", 1, 2, 4-7, 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", 1, 3, 8-9, Instituto Geofísico del Perú.

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

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

COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 10-2016

Continúan condiciones normales en la costa del Perú

El Comité Multisectorial encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) mantiene al estado de Alerta "No activo"[1], debido a que en la actualidad en promedio se presentan condiciones normales de temperatura superficial del mar (TSM) en la región Niño 1+2, así como a lo largo de la costa del Perú. Para los siguientes dos meses, a lo largo de la costa peruana, se esperan condiciones normales a ligeramente frías, debido al arribo de una onda Kelvin fría a partir de la segunda quincena de junio. No se descarta el desarrollo de La Niña costera en los siguientes meses.

El Comité encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) se reunió para analizar y actualizar la información de las condiciones meteorológicas, oceanográficas, biológico-pesqueras e hidrológicas correspondiente al mes de mayo del 2016 y sus perspectivas.

El contenido de calor en el océano ecuatorial continuó presentando una anomalía negativa; y su tasa de disminución (descarga) se ha desacelerado. En la región del Pacífico Ecuatorial Central (Niño 3.4)[2], la anomalía de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) presentó una tendencia negativa, alcanzando en la última semana del mes un valor de -0,2°C (ver Figura 1). Sin embargo, la actividad convectiva, la subsidencia[3] y el viento zonal en el Pacífico Ecuatorial hasta el momento no han mostrado un acoplamiento favorable al desarrollo de un mayor enfriamiento.

En el Pacífico Ecuatorial Oriental (región Niño 1+2), la TSM mostró valores en el rango normal (Figura 1). El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) para abril fue de +0,77°C (Condición Cálida Débil). El valor estimado del ICEN para mayo (ICENtmp) es +0,21°C (Condición Neutral).

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS) presentó una intensidad debajo de lo normal. Los vientos alisios del sudeste, frente a la costa, mostraron en promedio intensidades normales a débiles.

Las temperaturas extremas del aire a lo largo de la costa norte y central se presentaron por encima de lo normal con anomalías de +1,7°C para la temperatura máxima y +0,9°C para la temperatura mínima. En la costa sur, las anomalías fueron +0,8°C y +0,6°C, respectivamente.

En cuanto a las anomalías de la TSM en el litoral, estas presentaron en promedio valores de -0,3°C en la costa norte, +0,9°C en la costa central y +0,6°C en la costa sur (Figura 2). Por otro lado, se mantiene la presencia de aguas oceánicas de alta salinidad fuera de las 10 mn frente a la costa central.

La segunda onda Kelvin fría que alcanzó la costa peruana a partir de la segunda quincena de abril hasta el mes de mayo, contribuyó a la normalización de la temperatura del mar y de la profundidad de la termoclina. Cabe indicar que la intensidad de esta onda disminuyó en su propagación hacia Sudamérica debido a anomalías débiles de vientos del oeste en la región oriental del Pacífico, lo cual mitigó sus impactos.

En la Estación Fija Paita, localizada a siete mn de la costa, la columna de agua mostró condiciones neutrales de temperatura en los primeros 80 m de profundidad y anomalías de +1°C a 100 m. Dentro de las 100 mn de la costa, frente a Paita, se registraron condiciones neutrales en toda la columna de agua hasta los 500 m de profundidad. Frente a Chicama, se observaron anomalías positivas de hasta +4°C fuera de las 40 mn hasta los 100 m de profundidad, mientras que cerca de la costa se presentaron condiciones neutras.

Los caudales de los ríos de la costa continuaron presentándose por debajo de su normal, con una tendencia decreciente propia del período de transición a la temporada seca. Los reservorios en la costa norte y sur alcanzaron en promedio 79% y 67% de su capacidad hidráulica.

---

[1]Estado de Alerta "No activo": Corresponde a condiciones neutras o cuando el Comité ENFEN espera que El Niño o La Niña costeros están próximos a finalizar
[2]Región Niño 3.4: 5°S - 5°N, 170°W - 120°W
[3]Subsidencia es el descenso del aire frío hacia la superficie terrestre

La clorofila-a, indicador de la producción del fitoplancton que es base de la cadena alimenticia en el mar, presentó condiciones normales para el mes a lo largo de toda la franja costera. La anchoveta, en la región norte-centro entre Paita (05°S) y Pisco (13°), se encontró replegada dentro de las 10 mn de la costa; en la región Sur, se ubicó entre Atico (16°S) y Morro Sama (18°S), dentro de las 20 mn de la costa. Los indicadores de la actividad reproductiva de la anchoveta mostraron la finalización del periodo de desove de verano del stock norte-centro. Continuó la presencia de especies asociadas a aguas cálidas, como la caballa, entre Chimbote (09°S) y Matarani (17°S), dentro de las 20 mn de la costa; samasa, frente a Paita (05°S) y Pisco (13°S), dentro de las 10 mn, así como barrilete, frente al Callao (12°S), a 30 mn de la costa. Frente a Chimbote (9°S) se registró la presencia de camotillo, especie asociada a aguas frías.

PERSPECTIVAS

Se prevé el arribo de la tercera onda Kelvin fría para la segunda quincena de junio, la cual sumada a la previsible intensificación del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) y de los vientos costeros del sur, podría contribuir a que se desarrollen anomalías negativas de las temperaturas del mar y del aire a lo largo de la costa peruana durante los dos próximos meses. Sin embargo, de debilitarse esta onda fría, como ocurrió con la anterior, las temperaturas podrían mantenerse en un rango neutral.

Asimismo, se espera que estas condiciones estén acompañadas por un aumento de la cobertura nubosa y presencia de lloviznas a lo largo de la costa en los próximos meses, propios de la estación.

La mayoría de los modelos globales pronostican el desarrollo de La Niña para el Pacífico Ecuatorial Central (región Niño 3.4) a partir de julio. No obstante, se ha observado que los modelos han tendido a sobreestimar la magnitud de enfriamientos pasados en esta región. Además, la desaceleración de la descarga del contenido de calor y la falta de acoplamiento entre la atmósfera y el océano observadas generan incertidumbre en el desarrollo de este escenario. Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), la mayoría de modelos globales pronostican anomalías negativas aunque dentro del rango neutral en al menos los próximos tres meses.

El Comité Multisectorial ENFEN considera probable que el invierno sea de características normales a ligeramente más frías de lo normal, sin descartar un posible desarrollo de La Niña costera en los siguientes meses.
El Comité Multisectorial ENFEN continuará informando sobre la evolución de las condiciones observadas y sus perspectivas.

Comité Multisectorial ENFEN
Callao-Perú, 09 de junio de 2016

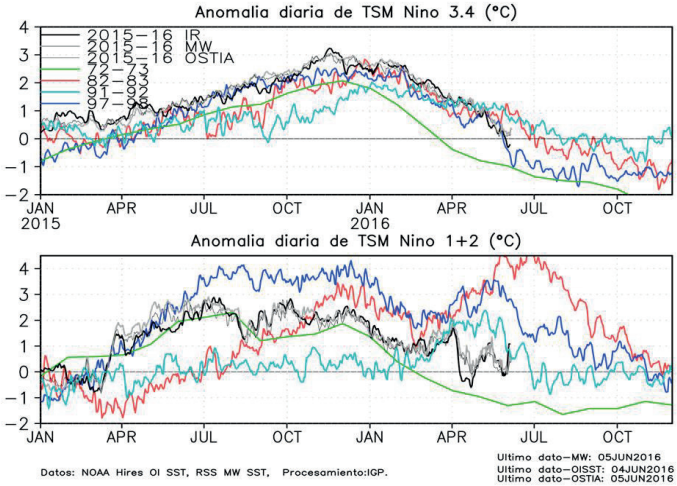


Figura 1. Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (arriba) y en la región Niño 1+2 (abajo). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del producto OSTIA, respectivamente. Las líneas de color rojo, azul, celeste y verde, indican la evolución de la anomalía de la TSM para los años 1982-83, 1997-98, 1991-92 y 1972-73.

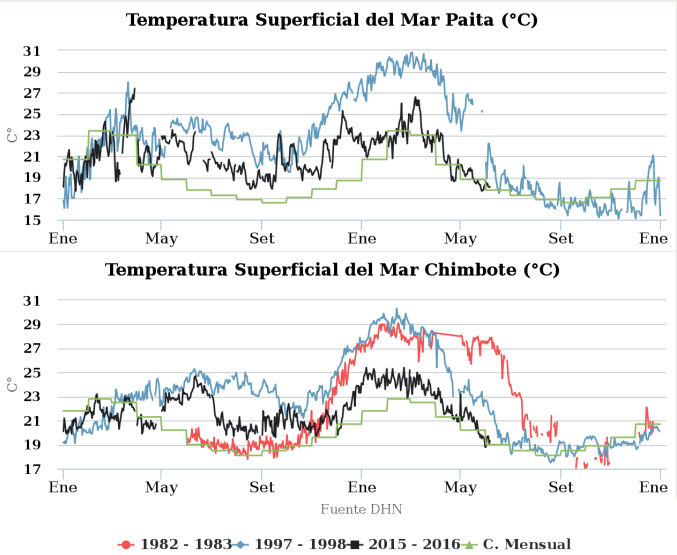


Figura 2. Series de tiempo de la TSM diaria observada en Paita y Chimbote. Las líneas de color rojo, azul y negro, indican la evolución de la TSM en los años 1982-83, 1997-98, 2015-2016, respectivamente, y la línea segmentada indica la climatología 1981-2010 [Fuente: DHN].

© 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: