



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Geofísico del Perú - IGP



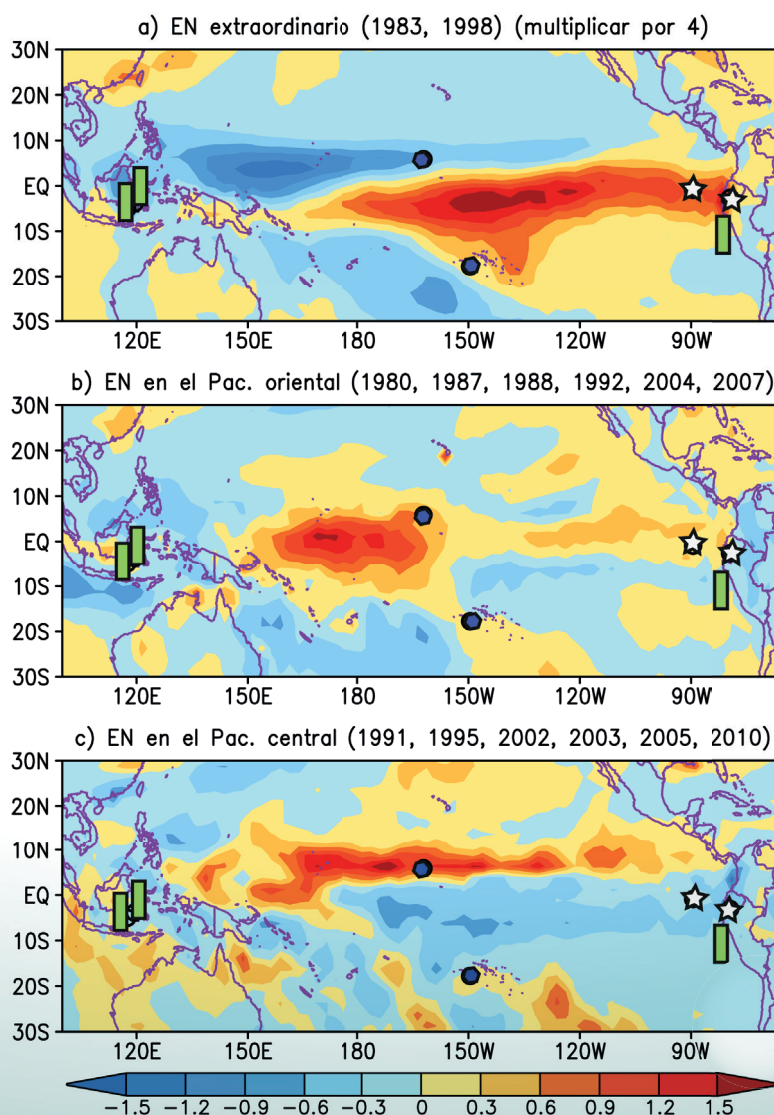
Programa Presupuestal por Resultados N° 068: "Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres" Producto: "Entidades informadas en forma permanente y con pronósticos frente al Fenómeno El Niño"

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

Boletín Técnico

Anomalías de precipitación promediadas de febrero a abril (mm/día) para los diferentes patrones de El Niño.

Las marcas de posición referencian algunos registros paleoclimáticos utilizados para el estudio de ENSO durante el último milenio.



Contenido

2 - 3 Introducción

4 - 8 Artículo de Divulgación Científica

9 - 10 Avances Científicos

11 Novedades

12 - 14 Resumen Informe Técnico

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: Apaéstegui, 2014. Ver figura y leyenda en la página 5.

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, Marzo del 2015

Hecho el Depósito Legal en la
Biblioteca Nacional del Perú N° 2015-04552

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

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

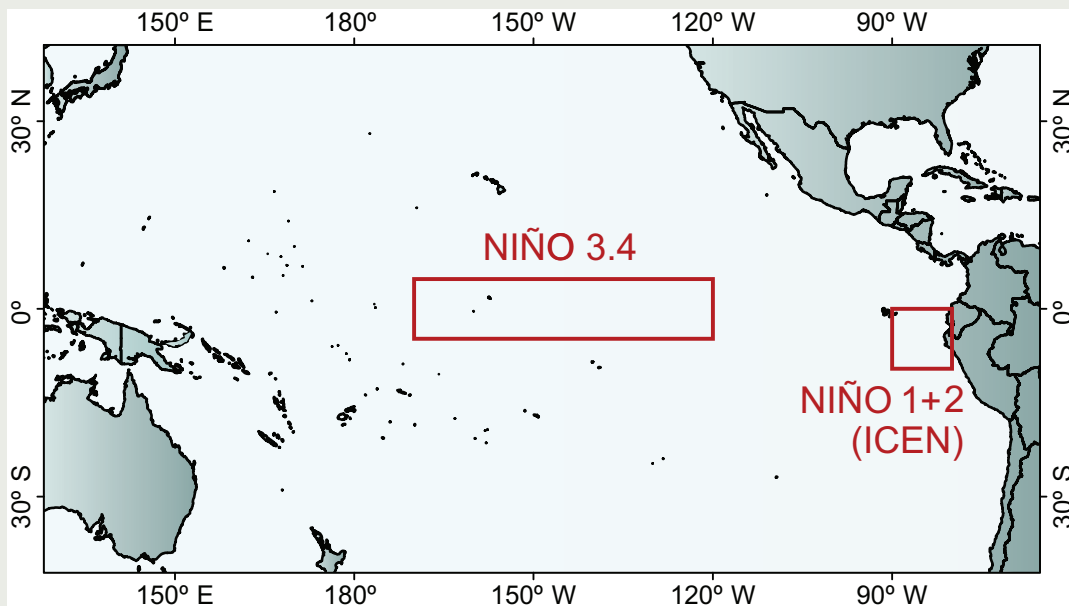
El Comité Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), conformado por representantes de IMARPE, DHN, IGP, SENAMHI, ANA e Indeci, es el ente que genera la información oficial de monitoreo y pronóstico del Fenómeno El Niño y otros asociados.

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.

Artículo de Divulgación Científica

El Fenómeno El Niño durante el último milenio

El Fenómeno El Niño-Oscilación Sur (ENSO por sus siglas en inglés) representa la mayor perturbación natural en el sistema climático global. En escala de tiempo interanual, este fenómeno está asociado a procesos de reorganización del sistema océano – atmosférico en el Pacífico Tropical que, a su vez, induce a anomalías climáticas remotas (teleconexiones), tanto en áreas tropicales como extra-tropicales del planeta. Debido a su naturaleza y sus impactos en los ecosistemas y economías globales, este fenómeno ha despertado el interés de varios estudios que se proponen entender los procesos que explican su ocurrencia, intensidad e impactos en base a mediciones instrumentales periódicas en el sistema océano-atmósfera.

Las informaciones generadas en base a registros instrumentales que abarcan aproximadamente los últimos cien años han generado progresos en la comprensión de algunos procesos e interacciones que se han observado durante la ocurrencia del fenómeno. Inicialmente la concepción del evento se basaba en anomalías de temperatura superficial del mar en el Pacífico Oriental que se propagaban hacia la región central durante la fase madura del evento (El Niño Canónico o del Pacífico Oriental, EP). Sin embargo, se observaron patrones diferentes durante la ocurrencia de los últimos eventos de intensidad extraordinaria (1982-83 y 1997-98). Particularmente, trabajos recientes han propuesto la existencia de un nuevo tipo de “El Niño” conocido como “El Niño del Pacífico Central” o “El Niño Modoki”, entre otros nombres (Larkin y Harrison, 2005; Ashok et al., 2007; Kug et al., 2009; Yeh et al., 2009), que se caracteriza por un calentamiento del mar principalmente en el Pacífico Central Ecuatorial mas no tanto en la costa de Sudamérica. Más recientemente, el análisis de Takahashi et al., 2011 (también ver Takahashi, 2014) indica que los eventos El Niño extraordinario corresponden a un tipo inusual de El Niño con muy intenso calentamiento en el este, distinto a los demás eventos observados. Para esto, definieron índices relacionados con las temperaturas en las regiones del centro (índice *C*) y del este (índice *E*) del océano Pacífico. Estos índices fueron utilizados posteriormente por Lavado y Espinoza (2014) para mostrar que el calentamiento en el Pacífico Oriental (índice *E*) produce mayores precipitaciones en la costa norte del Perú, mientras que el calentamiento en el Pacífico Central (índice *C*) se asocia con menores precipitaciones en las regiones andina y amazónica peruanas.

Recientemente y debido al incremento de la información recopilada, se propone que las anomalías de temperatura en el Pacífico Ecuatorial también varían en escala decenal. Por otro lado, esfuerzos relacionados a la comprensión de este fenómeno en escalas de tiempo



Dr. James Apaéstegui

Doctore en Geociencias de la Universidad Federal Fluminense, Brasil, con área de actuación en Geoquímica Ambiental aplicada a la Paleoclimatología. Actualmente es investigador científico en el IGP donde desarrolla investigaciones en Paleoclimatología

de los Andes orientales basada en indicadores geoquímicos e isotópicos de espeleotemas y el uso de trazadores isotópicos para estudios hidrológicos. Además es miembro del laboratorio mixto internacional Paleotracas y del grupo de trabajo PAGES 2k.

Dr. José Macharé
Director Científico
Instituto Geofísico del Perú

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

Dr. Abdelfettah Sifeddine
Director de Investigación
Laboratoire d'Océanographie et du Climat:
Expérimentations et Analyses Numériques

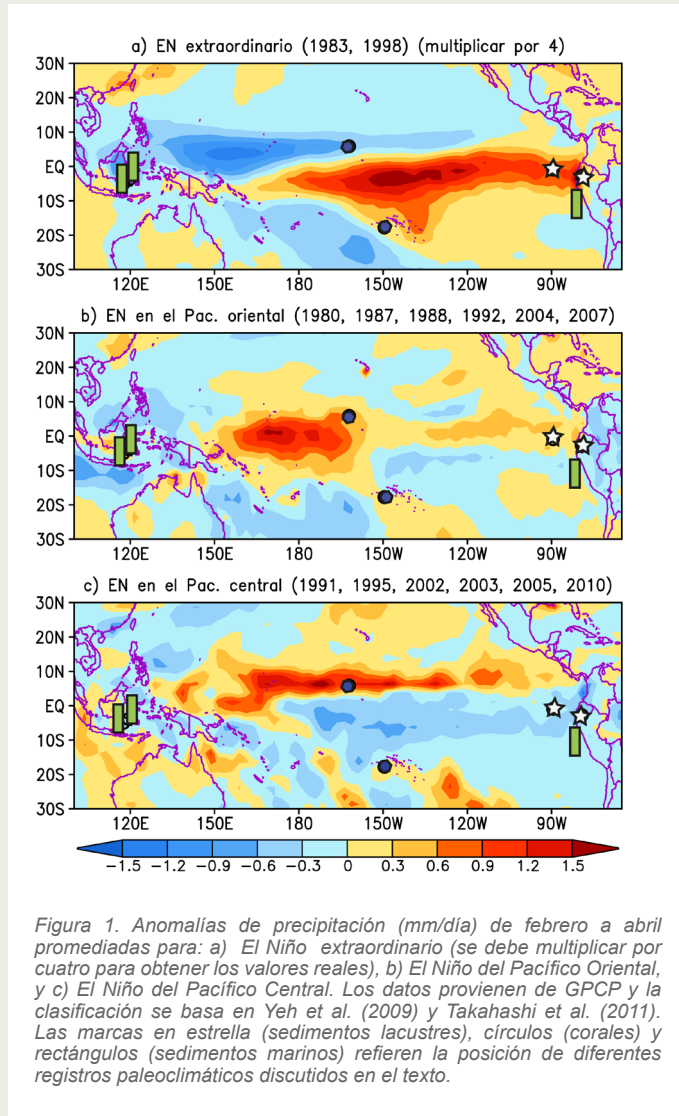
Dr. Luc Ortlieb
Director de Investigación Emérito IRD
Laboratoire d'Océanographie et du Climat:
Expérimentations et Analyses Numériques

mayores a las comprendidas por los registros instrumentales están representados por las reconstrucciones paleoclimáticas (Figura 1). Dichas reconstrucciones representan condiciones ambientales pasadas en base a diferentes tipos de indicadores, o proxies, que pueden encontrarse en ambientes marinos o continentales otorgando evidencias sobre la ocurrencia y magnitud de los eventos ENSO en el pasado. En tal sentido, estos estudios sugieren que ENSO además de poseer la variabilidad interanual intrínseca exhibe considerable variabilidad natural en escalas interdecenal y secular (Li et al., 2011) que empiezan a ser exploradas y corroboradas por los registros instrumentales y modelos.

Si bien el término ENSO es comúnmente utilizado para el fenómeno a escala global con centro de acción en el Pacífico Central, el término “El Niño” históricamente se ha referido a las manifestaciones regionales del fenómeno océano - climático localizadas en el este del Pacífico y el oeste de Sudamérica (por ej.: Macharé y Ortlieb, 1993). Las implicancias sociales durante la ocurrencia de estos fenómenos han despertado el interés por describir y documentar, en algunos casos, impactos catastróficos. Al respecto existen varios registros documentarios históricos y arqueológicos que evidencian la ocurrencia de estos eventos en el pasado. A su vez, una serie de registros paleoclimáticos de origen biológico (por ej.: anillos de árboles, foraminíferos marinos, entre otros) y geológico (por ej.: sedimentos marinos y lacustres, cordones litorales, coladas de lodo, entre otros) muestran evidencias de la ocurrencia y evolución de estos eventos en el pasado. El presente trabajo tiene como objetivo mostrar algunas de estas evidencias para el último milenio y cómo son utilizadas por la comunidad paleoclimática en vista de incrementar el conocimiento de la evolución del clima y el fenómeno en sí mismo.

El Fenómeno El Niño durante el último milenio

Apaéstegui J., Takahashi K., Ortlieb L., Sifeddine A., Macharé J.



Es reconocido que durante la ocurrencia de los eventos El Niño (EP y extremos), precipitaciones anómalas son registradas en varias regiones del planeta, siendo la costa norte del Perú una de las regiones con mayor impacto del fenómeno. Siguiendo estos impactos, registros históricos provenientes de regiones costeras entre el norte de Perú y Chile central han sido elaborados en diversos trabajos (Hamilton & García, 1986; Quinn et al., 1987; Macharé y Ortlieb, 1993; Hocquenghem y Ortlieb, 1992; Ortlieb, 2000; García – Herrera et al., 2008) para identificar una serie de eventos y, en algunos casos, indicios de la magnitud de estos durante los últimos siglos. En tal sentido, y utilizando principalmente los reportes de lluvias anómalas en las regiones del norte de Perú y sur de Ecuador revisados por Ortlieb (2000, 2002), además de los registros históricos de la ciudad de Trujillo (García-Herrera et al., 2008), se presenta una nueva serie de los eventos observados en ambas regiones en la Tabla N°1.

Tabla N°1: Eventos "El Niño" evidenciados a partir de los registros arqueológicos y posibles intensidades de los eventos, respectivamente.

Años Niño	Intensidad	Años Niño	Intensidad	Años Niño	Intensidad
1899 - 1900	MF	1799 - 1800	M	1589	F
1890 - 1897	M	1793 - 1794	M	1685 - 1686	MF
1891	MF	1790 - 1791	MF	1578	F
1887 - 1888	F	1786	M	1551	F
1884	F	1783 - 1784	MF	1545	M
1880	M	1777 - 1778	F	1535	F
1878 - 1877	MF	1772 - 1773	M	1624	MF
1871	MF	1765	M	1522	F
1866	D	1761	F	1519 - 1519	F
1864	F	1747 - 1748	F	1507	M
1862	D	1737 - 1738	F		
1854 - 1855	M	1730 - 1731	M		
1850	D	1728	MF		
1844 - 1845	MF	1725	F		
1837	M	1720	F		
1832 - 1833	F	1719	M		
1827 - 1828	F	1713	M		
1824	F	1701	F		
1821	M				
1819	M				
1817	M				
1814	F				
1803 - 1804	M				

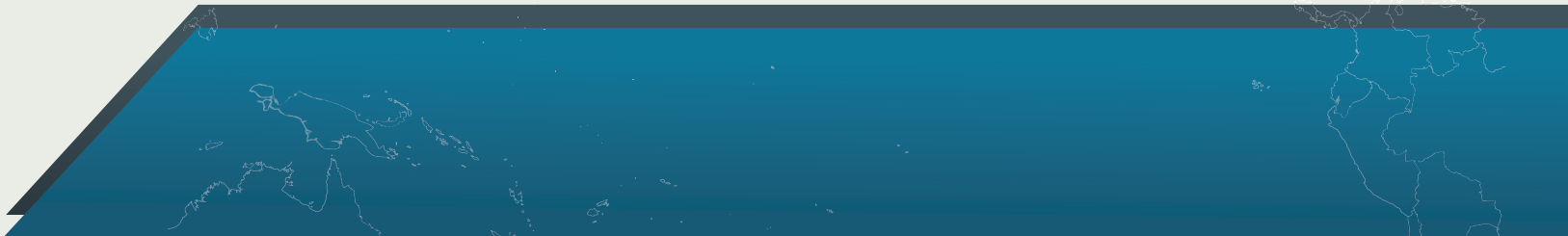
Años Niño	Intensidad
1595	F
1593	F
1577 - 1578	MF
1575	F
1568	F
1558	F
1551	F
1540	M
1531 - 1532	M

D	Débil
M	Moderado
F	Fuerte
MF	Muy fuerte

El Niño durante los últimos siglos en la costa norte del Perú

Aun para los eventos El Niño modernos, su determinación y clasificación no es simple, depende del lugar de observación y el componente oceanográfico o climático considerado. Para el último siglo, donde existen datos instrumentales, es posible revisar información de variación en las temperaturas oceánicas, como las encontradas en Puerto Chicama en La Libertad, o las variaciones en los regímenes de precipitación en varias estaciones pluviométricas de la costa norte, así como registros de caudales de ríos de la vertiente del Pacífico. Además, se ha validado la utilidad de los registros de anillos de árboles de algarrobo (*Prosopis Pallida*) como indicador de la ocurrencia de los eventos El Niño de gran magnitud a través de casi todo el último siglo, donde ha sido posible reconocer los eventos de los años 1925–26, 1982–83 y 1997–98, en concordancia con los registros instrumentales (Rodríguez et al., 2005).

Es interesante mencionar que durante el siglo XIX se han reconocido 23 eventos El Niño en base a los documentos históricos, cinco de los cuales (los registrados en los años 1844-45, 1871, 1877-78, 1891 y 1899-1900) presentan una notable magnitud o, en otras palabras, han sido considerados como Niños muy fuertes (MF). Durante el siglo XVIII los registros históricos parecen más escasos y solo cuatro de estos eventos habrían sido de gran magnitud. Así mismo, se registran dos eventos fuertes durante el siglo XVI y solo uno en la segunda mitad del XV (Tabla N°1). Trabajos presentados por Ortlieb interpretan también que es probable que solo después de 1820 A.D. se emplazó el sistema de teleconexión que hoy conocemos, con coincidencia de anomalías de precipitación en el norte del Perú y en la parte central de Chile. Por otro lado, en tiempos más remotos, anteriores a la existencia de registros documentales, eventos pasados de fuertes precipitaciones identificados en registros arqueológicos como la crecida de Naylamp (~1100 A.D.) en el norte del Perú o el evento Miraflores en la costa sur (siglo XII), han sido asociados a manifestaciones posibles de eventos



El Niño de gran magnitud. Es de notar que, por lo menos en el caso del evento Miraflores, excesos de precipitaciones no son característicos de los eventos modernos de El Niño. La relación entre El Niño y la ocurrencia de aluviones y demás huaycos en la costa sur ha sido el tema de debates que no han concluido aún (Keefer et al., 1998; 2003; Ortlieb y Vargas, 2000; Vargas et al., 2006).

Estado Medio del Pacífico Ecuatorial y El Niño

Desde el punto de vista paleoclimático existe mucho interés en determinar las variaciones pasadas en la frecuencia o intensidad de los eventos El Niño, su evolución durante

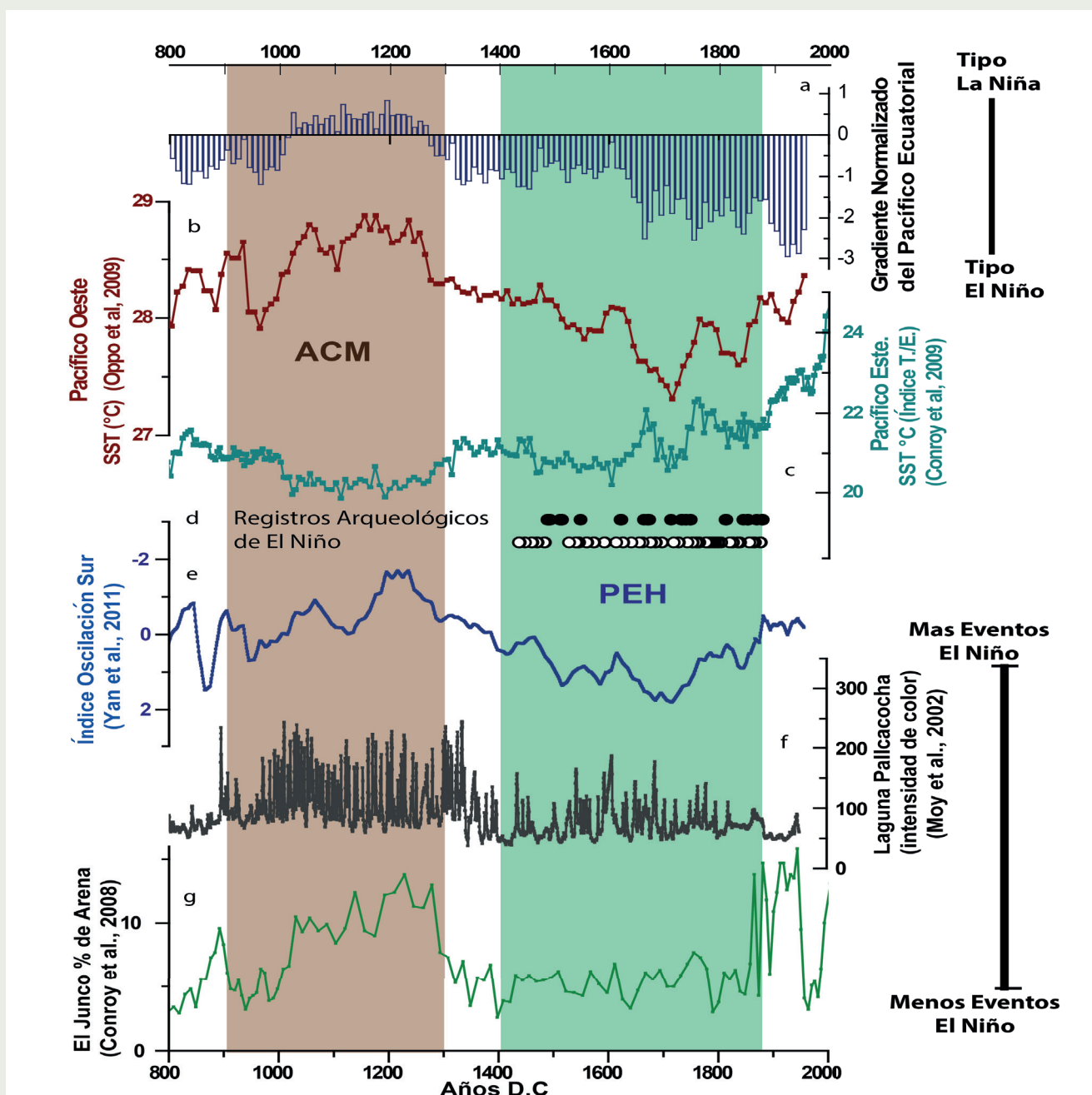


Figura 2: a) Reconstrucción del gradiente de temperaturas en el Pacífico Ecuatorial para el último milenio (Conroy et al., 2010) estimado a partir de la diferencia de temperaturas en b) Indo - Pacífico (Oppo et al., 2009) y c) este del Pacífico Ecuatorial (Índice T/E; Conroy et al., 2009); d) Los puntos representan los eventos El Niño de la Tabla N°1 obtenidos a partir de registros históricos; los puntos blancos representan los eventos de intensidad débil, moderada y fuerte, mientras que los puntos oscuros representan los eventos de mayor magnitud (Ortlieb et al., 2000; García-Herrera, 2007); e) Reconstrucción del Índice de Oscilación Sur a partir de registros de precipitación (Yan et al., 2011); f y g) Registro de intensidad de color en la laguna Pallcacocha y porcentaje de arena en sedimentos de la laguna El Junco - Ecuador evidenciando precipitaciones asociadas a eventos El Niño.



El Fenómeno El Niño durante el último milenio

Apaéstegui J., Takahashi K., Ortlieb L., Sifeddine A., Macharé J.

largos periodos temporales (por ej.: el Holoceno y el último milenio) y también durante fases climáticas globales como la Pequeña Edad de Hielo (PEH, 1350 – 1850 A.D.) o la Anomalía Climática Medieval (ACM, 900 – 1200 A.D.). Para lograr este objetivo, se aborda la concepción de la ocurrencia del evento desde dos principales perspectivas. El primer criterio infiere la ocurrencia de los eventos en base a teleconexiones típicas observadas como, por ejemplo, el incremento y/o disminución de las precipitaciones en ciertas regiones del planeta, que pueden ser determinadas en diferentes registros tales como sedimentos lacustres, anillos de árboles, espeleotemas y glaciares, entre otros (Figura 2e, f, g). El segundo criterio se basa en caracterizar a los periodos largos de tiempo mediante el gradiente de temperatura promedio a lo largo de la banda ecuatorial del Pacífico ($T^{\circ}\text{C}$ Oeste – Este), lo cual define situaciones cuasi-permanentes “tipo El Niño” o “tipo La Niña”, según el gradiente sea disminuido o intensificado, respectivamente (Figura 2a). Para esto es necesario reflejar las condiciones oceánicas a partir de reconstrucciones de temperatura y salinidad obtenidas mediante análisis geoquímicos (por ej.: foraminíferos, alquenonas, corales, entre otros) (Figura 2b, c).

En tal sentido, un reciente trabajo que analiza temperaturas oceánicas a partir de registros de corales en el centro del Pacífico con indicadores de incremento/disminución de precipitación en anillos de árboles de varias regiones adyacentes al Pacífico nos brinda información sobre la variabilidad del fenómeno e indica que la actividad del ENSO durante el final del siglo XX fue anómalamente más elevada que durante los últimos siete siglos, sugiriendo el efecto de un continuo calentamiento global (Li et al., 2013). Sin embargo, son aún necesarias más reconstrucciones que concilien las diferentes perspectivas sobre la ocurrencia, magnitud y duración de los eventos.

En general, las reconstrucciones de las temperaturas oceánicas para el último milenio identifican que durante la Anomalía Climática Medieval (ACM) el gradiente en el Pacífico Tropical fue intensificado mostrando condiciones que algunos autores han reconocido como del tipo La Niña (Figura 2a, b, c). Sin embargo, estas definiciones guardan controversias con respecto a los registros continentales, los cuales refieren condiciones opuestas, o de tipo El Niño, durante este mismo periodo climático en base a los incrementos de precipitaciones que son observados en los registros lacustres de Ecuador (Conroy et al., 2008; Figura 3g), los sedimentos marinos (Rein et al., 2004) o las inferencias realizadas a través del análisis isotópico del hielo en el nevado de Quelccaya en Cusco (Thompson et al., 2013). Si bien existen aún escasos registros para definir correctamente las condiciones océano-atmosféricas durante este periodo, un estudio, usando múltiples proxies y simulaciones con modelos, sugiere que durante la ACM las teleconexiones observadas serían más consistentes con condiciones tipo La Niña. Al mismo tiempo refiere que el calentamiento anómalo de los océanos Pacífico Occidental e Índico habría sido necesario para explicar la reorganización de la circulación atmosférica durante este periodo de tiempo (Graham et al., 2010). Esto, a su vez, es consistente con lo hallado en la zona de resurgencia costera frente al Perú, que presentó una intensa zona mínima de oxígeno y gran productividad marina (Salvatecci et al., 2014).

Durante la Pequeña Edad de Hielo (PEH), las reconstrucciones de temperatura oceánica correspondientes al Pacífico Ecuatorial representan un gradiente reducido y han sido interpretadas como condiciones tipo El Niño (Figura 2a). Además, los registros de sedimentos marinos en la región de Pisco estudiados por Salvatecci et al. (2014) sugieren que durante los periodos fríos en el hemisferio norte (como durante la Pequeña Edad de Hielo) las regiones de surgencia costera frente al Perú exhibieron condiciones medias del tipo El Niño, caracterizadas por una débil zona mínima de oxígeno y una baja productividad marina. Estas condiciones estarían asociadas a disminución de las precipitaciones en la región andino-amazónica. Sin embargo, esto es contrario al incremento de precipitaciones encontrado para estas regiones en otros estudios desarrollados (Vuille et al., 2012; Apaéstegui et al., 2014). Es posible que los detalles de los cambios en el Pacífico sean importantes para explicar los impactos en el continente (Lavado y Espinoza, 2014), pero al mismo tiempo es importante notar que las condiciones en el océano Atlántico así como un posicionamiento hacia el sur de la Zona de Convergencia Intertropical en la región ecuatorial durante este periodo de tiempo (Haug et al., 2001) serían factores que afectarían la señal de El Niño en las regiones al este de la cordillera de los Andes.

Observaciones Finales

Los registros de eventos el Niño en el pasado son interpretados a partir de documentos históricos que proveen informaciones sobre la ocurrencia y la magnitud de los impactos de estos eventos. Complementariamente, reconstrucciones paleoclimáticas de diversos orígenes brindan informaciones que permiten extender los registros de la ocurrencia de estos eventos en el pasado y evidenciar las condiciones oceánicas y continentales durante el fenómeno.

Las perspectivas para reconocer el ENSO en diferentes escalas temporales se han expuesto en este trabajo. Para periodos largos de tiempo se definen situaciones de tipo El Niño/La Niña en base a gradientes de temperatura en el Pacífico Ecuatorial. Por otra parte, teleconexiones como lluvias o inundaciones indican la ocurrencia del evento de manera más episódica con algunos indicios en la intensidad de los impactos. Estas diferentes perspectivas deben ser complementadas por el nuevo conocimiento que viene siendo desarrollado en relación a los modos de ENSO (Canónico, Extraordinario, Modoki) y sus teleconexiones a manera de mejorar nuestra comprensión del evento y su evolución en un pasado reciente.

Finalmente, para el último milenio, el gradiente reconstruido del Pacífico Tropical en base a trazadores paleoambientales nos indica que las condiciones oceánicas pueden cambiar a través de largos periodos temporales, como durante la Anomalía Climática Medieval o la Pequeña Edad de Hielo. Estas evidencias nos llevan a tomar en cuenta modos de variabilidad que deben ir más allá de la escala interanual e investigar a través de otras escalas temporales, tal como la escala decenal o hasta secular. Sin embargo, y dado a que los registros instrumentales son recientes y generalmente solo corresponden a los últimos decenios, la exploración de registros paleoclimáticos de alta resolución podría brindar información valiosa que nos ayudaría a entender la evolución de las diferentes variedades de El Niño y a disminuir las incertidumbres de los modelos océano – atmosféricos que intentan reproducir la física de estos eventos.

Referencias

- Apaéstegui, J., F. W. Cruz, A. Sifeddine, M. Vuille, J. C. Espinoza, J. L. Guyot, M. Khodri, N. Strikis, R. V. Santos, H. Cheng, L. Edwards, E. Carvalho, W. Santini, 2014: Hydroclimate variability of the northwestern Amazon Basin near the Andean foothills of Peru related to the South American Monsoon System during the last 1600 years, *Climate of the Past*, 10, 1967–1981, doi:10.5194/cp-10-1967-2014.
- Ashok, K., S. K. Behera, S. A. Rao, H. Weng, T. Yamagata, 2007: El Niño Modoki and its possible teleconnection, *Journal of Geophysical Research*, 112, C11007, doi:10.1029/2006JC003798.
- Conroy, J. L., J. T. Overpeck, J. E. Cole, T. M. Shanahan, M. Steinitz-Kannan, 2008: Holocene changes in eastern tropical Pacific climate inferred from a Galápagos lake sediment record, *Quaternary Science Review*, 27, 1166–1180.
- Conroy, J. L., T. Overpeck, J. E. Cole, 2010: El Niño/Southern Oscillation and changes in the zonal gradient of tropical Pacific sea surface temperature over the last 1.2ka, *Pages News*, 18 (1): 32 – 34.
- García-Herrera, R., H.F. Díaz, R.R. García, M.R. Prieto, D. Barriopedro, R. Moyano, E. Hernandez, 2008: A Chronology of El Niño Events from Primary Documentary Sources in Northern Peru, *Journal of Climate*, 21, 9, 1948 - 1962, doi: 10.1175/2007JCLI1830.1.
- Graham, N. E., C. M. Ammann, D. Fleitmann, K. M. Cobb, J. Luterbacher, 2010: Support for global climate reorganization during the “Medieval Climate Anomaly”, *Climate Dynamics*, 37, 1217–1245, doi:10.1007/s00382-010-0914-z.
- Hamilton, K., R. Garcia, 1986: El Niño-Southern Oscillation events and their associated midlatitude teleconnections 1531–1841, *Bulletin of the AMS*, 67(11):1354–61.
- Haug, G. H., K. Hughen, D. M. Sigman, L. C. Peterson, U. Röhl, 2001: Southward migration of the intertropical convergence zone through the Holocene, *Science*, 293, 1304–1308.
- Hocquenghem, A-M. y Ortlieb, L., 1992: Eventos El Niño y lluvias anormales en la costa del Perú: Siglos XVI-XIX, *Bulletin de l'Institut français d'Etudes Andines*, 21 (1): 197-278.
- Keefer, D. K., S. D. deFrance, M. E. Moseley, J. B. Richardson, D. R. Satterlee, A. Day-Lewis, 1998: Early maritime economy and El Niño events at Quebrada Tacahuay, Peru, *Science*, 281, 1833–1835.
- Keefer, D.K., M. E. Moseley, S. D. deFrance, 2003: A 38,000-year record of floods and debris flows in the Ilo region of southern Peru and its relation to El Niño events and great earthquakes, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 194, 41–77.
- 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 (6), 1499–1515, doi: 10.1175/2008JCLI2624.1.
- Lavado, W., J. C. Espinoza, 2014: Impact of El Niño and La Niña events on Rainfall in Peru, *Revista Brasileira de Meteorologia*, 29, 171 – 182.
- Larkin, N. K., D. E. Harrison, 2005: Global seasonal temperature and precipitation anomalies during El Niño autumn and winter, *Geophysical Research Letters*, 32, L16705, doi: 10.1029/2005GL022860.
- Machare, J., L. Ortlieb, editors, 1993: Registros del fenómeno El Niño y de Eventos ENSO en América del Sur, *Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines (IFEA)*, 22(1), 412.
- Li, J., S.-P. Xie, E. R. Cook, G. Huang, R. D'Arrigo, F. Liu, J. Ma, X.-T. Zheng, 2011: Interdecadal modulation of El Niño amplitude during the past millennium, *Nature Climate Change*, 1(2), 114–118, doi:10.1038/nclimate1086.
- Li, J., S.-P. Xie, E. R. Cook, M. S. Morales, D. A. Christie, N. C. Johnson, F. Chen, R. D'Arrigo, A. M. Fowler, X. Gou, K. Fang, 2013: El Niño modulations over the past seven centuries, *Nature Climate Change*, 3(9), 822–826, doi:10.1038/nclimate1936.
- Oppo, D. W., Y. Rosenthal, and B. K. Linsley, 2009: 2,000-year-long temperature and hydrology reconstructions from the Indo-Pacific warm pool, *Nature*, 460, 1113–1116.
- Ortlieb, L., 2002: Manifestations Historiques du phénomène El Niño en Amérique du Sud depuis le XVIe siècle, *La Houille Blanche*, 6/7.
- Ortlieb, L., 2000: The documentary historical record of El Niño events in Peru: An update of the Quinn record (sixteenth through nineteenth centuries), in *El Niño and the Southern Oscillation: Variability, Global and Regional Impacts*, H. Diaz & V. Markgraf (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, 207-295.
- Ortlieb, L., G. Vargas, 2000: Depósitos aluviales y huaycos del Pleistoceno tardío y Holoceno temprano en la costa sur del Perú: ¿Qué significado tienen para la reconstrucción de manifestaciones antiguas de eventos El Niño?, X Congreso Peruano de Geología (Lima, Julio 2000), Abstr. vol.: 144.
- Quinn, W. H., V. T. Neal, S. E. Antunez de Mayolo, 1987: El Niño Occurrences over the past four and half centuries, *Journal of Geophysical Research*, 92(C13):14449–61.
- Rein, B., A. Lückge, F. Sirocko, 2004: A major Holocene ENSO anomaly during the Medieval period, *Geophysical Research Letters*, 31, L17211, doi:10.1029/2004GL020161.
- Rodríguez, R., A. Mabres, G. Luckman, M. Evans, M. Masiokas, T. M. Ektvedt, 2005: El Niño events recorded in dry-forests species of the lowlands of northwest Peru, *Dendrochronologia*, 22, 181-186.
- Salvatteci, R., D. Gutiérrez, D. Field, A. Sifeddine, L. Ortlieb, I. Bouloubassi, M. Boussafir, H. Boucher, F. Cétin, 2014: The response of the Peruvian Upwelling Ecosystem to centennial-scale global change during the last two millennia, *Climate of the Past*, 10, 715-731, doi:10.5194/cp-10-715-2014.
- Takahashi, K., A. Montecinos, K. Goubanova, K. & B. Dewitte, 2011: ENSO regimes: Reinterpreting the canonical and Modoki El Niño, *Geophysical Research Letters* 38, L10704.
- Takahashi, K., 2014: Variedades de El Niño, *Boletín Técnico “Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño, Instituto Geofísico del Perú*, 1, 2, Febrero.
- 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), 945–50, doi:10.1126/science.1234210.
- Vargas, G., J. Rutllant, L. Ortlieb, 2006: ENSO tropical-extratropical climate teleconnections and mechanisms for Holocene debris flows along the hyperarid coast of western South America (17°-24°S), *Earth and Planetary Science Letters*, 249, 467–483.
- Vuille, M., S. J. Burns, B. L. Taylor, F. W. Cruz, B. W. Bird, M. B. Abbott, L. C. Kanner, H. Cheng, F. Novello, 2012: A review of the South American monsoon history as recorded in stable isotopic proxies over the past two millennia, *Climate of the Past*, 8, 1309–1321, doi:10.5194/cp-8-1309-2012.
- Yeh, S.-W., J.-S. Kug, B. Dewitte, M.-H. Kwon, B. P. Kirtman, F.-F. Jin, 2009: El Niño in a changing climate, *Nature*, 461, 511–515.



Avances Científicos

Avances de investigación: El Niño 2014, el Comité ENFEN y los medios

Ken Takahashi¹, Kobi Mosquera¹
¹Instituto Geofísico del Perú

Desde el año 1998 no ha ocurrido un evento El Niño de magnitud fuerte o extraordinaria. El año 2014 fue interesante para la comunidad científica internacional especializada en El Niño, ya que en un momento algunos especularon que se podría configurar en un evento similar al de 1998 y algunos sectores de la población naturalmente se preocuparon, pero sin embargo la realidad mostró ser muy distante de esto. Por otro lado, los pronósticos del Comité Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), con énfasis particular en la costa peruana y actualizados quincenalmente, tuvieron generalmente bastante acierto.

En este breve análisis se describen algunos aspectos del desarrollo del evento El Niño 2014, dividiendo ese año en cinco fases, y cómo esto fue explicado en la información proporcionada por canales oficiales y noticiosos; además, se incluyen algunas recomendaciones. Se advierte que este análisis no refleja necesariamente la posición del ENFEN.

Fase I. Pulsos de viento del oeste

Esta fase, de mediados de enero a mediados de marzo, se caracterizó por fuertes pulsos de viento del oeste en el Pacífico occidental. El primero tuvo lugar entre mediados y fines de enero, seguido de otro pulso más largo entre mediados de febrero y mediados de marzo (Fig. 1a). Hasta inicio de marzo la ocurrencia e intensificación de estos pulsos fueron notadas por el ENFEN y se previó que “entre fines de marzo e inicios de abril, llegue una onda Kelvin cálida al Pacífico oriental que incrementaría la temperatura y el nivel medio del mar, así como la temperatura del aire, principalmente en la costa norte del Perú”¹. En ese mismo momento, el *Center for Climate Prediction* (CPC) de NCEP/NOAA (EE.UU.) activó un estado de vigilancia de El Niño basado en los pronósticos de los modelos climáticos, aunque indicó que “*existe una incertidumbre considerable*” y que . Este comunicado fue reportado en los medios de comunicación peruanos junto con declaraciones de algunos interesados en el tema². Por otro lado, dos semanas después, tras un seguimiento cuidadoso de las ondas Kelvin formadas por los dos pulsos de viento y evaluando sus posibles impactos en el Perú, el ENFEN indicó que estas ondas podrían “*generar un evento El Niño en la costa peruana a mediados del presente año*”, “*alterando [...] la distribución de los recursos pesqueros en el mar*”³.

Fase II. Propagación y arribo de las ondas Kelvin

Esta fase, de mediados de marzo a mediados de mayo, se caracterizó por la propagación de las ondas de Kelvin cálidas y el inicio de su arribo a la costa sudamericana (franjas diagonales rojas en la Fig. 1b-d), tal como fue previsto por el ENFEN, quien indicó una posible magnitud “*entre débil y moderada*” del evento El Niño costero esperado en el invierno⁴. Primero se reportó el aumento de nivel del mar y profundización de la termoclina en la costa peruana entre

finales de marzo e inicios de abril⁵, pero recién “*durante la segunda quincena de abril, las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) se incrementaron hasta alcanzar anomalías positivas entre 2° y 3°C en la costa norte del Perú*”⁶.

Por otro lado, debido a la alta intensidad de los vientos y las ondas Kelvin, algunos académicos, aficionados y otras fuentes no-oficiales a nivel internacional especularon que este año podría repetirse un evento de características similares a las de 1997-1998, siendo citados en diversos medios⁷ y llevando al público a considerar la preocupante posibilidad de un El Niño extraordinario. Estas especulaciones alarmistas, sin sustento técnico sólido, también tuvieron eco en algunos medios en el Perú⁸. Sin embargo, en las evaluaciones del ENFEN no se veían condiciones para un El Niño extraordinario. Es más, en el caso de El Niño en el Pacífico central, aún había duda de si incluso llegaría a ocurrir un evento, como pasó en el año 2012⁹. Esto motivó al ENFEN a expresar claramente que “*hacia fin de año no se espera el desarrollo de un evento El Niño extraordinario en la costa peruana*”¹⁰. Debe notarse que el ENFEN es el único ente oficial a nivel mundial que explícitamente enfoca el pronóstico de El Niño a la costa de Sudamérica y uno de los pocos que, en ese entonces, estaba indicando su posible magnitud.

Fase III. Establecimiento de El Niño costero

Esta fase, entre mediados de mayo y mediados de julio, se caracterizó por la evolución del calentamiento frente a la costa de Perú (Fig. 1f). El Índice Costero El Niño (ICEN) excedió el umbral de “*condiciones cálidas débiles*” en mayo (Fig. 1e), aunque esto se reportó recién al mes siguiente¹¹ debido a la metodología usada para su cálculo¹², marcando el inicio de El Niño costero. En el mismo comunicado se

¹Comunicado Oficial ENFEN 02-2014 (6 de marzo del 2014).

²<http://peru21.pe/actualidad/fenomeno-nino-tres-razones-que-vaticinan-su-llegada-este-ano-al-peru-2173893> (12 de marzo), http://www.rpp.com.pe/2014-03-18-hay-un-50-de-probabilidad-de-que-se-presente-el-fenomeno-del-nino-noticia_677595.html (18 de marzo).

³Comunicado Oficial ENFEN 03-2014 (19 de marzo del 2014).

⁴Comunicado Oficial ENFEN 04-2014 (4 de abril del 2014).

⁵Comunicado Oficial ENFEN 04-2014 (4 de abril del 2014) y 05-2014 (15 de abril del 2014).

⁶Comunicado Oficial ENFEN 06-2014 (6 de mayo del 2014).

⁷Ver compilación de noticias a nivel internacional y discusión en <http://fabiusmaximus.com/2014/05/02/monster-el-nino-67779>.

⁸http://www.rpp.com.pe/2014-05-15-estiman-que-el-nino-seria-severo-por-condiciones-actuales-noticia_692139.html (15 de mayo), <http://www.larepublica.pe/22-05-2014/nasa-detecta-evidencias-de-que-se-avicina-fenomeno-de-el-nino> (22 de mayo).

⁹<http://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/details-june-2014-enso-discussion>.

¹⁰Comunicado Oficial ENFEN 07-2014 (20 de mayo del 2014).

¹¹Comunicado Oficial ENFEN 08-2014 (4 de junio del 2014).

¹²ENFEN 2012: Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú.

Nota Técnica ENFEN.

¹³Takahashi, K., Mosquera, K. y Reupo, J., 2014: El Índice Costero El Niño (ICEN): historia y actualización, Boletín Técnico “Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño”, Vol. 1, N.º 2, 8-9, Instituto Geofísico del Perú.

Avances de investigación: El Niño 2014, el Comité ENFEN y los medios

Takahashi K., Mosquera K.

informó que “las agregaciones de anchoveta presentaron una mayor profundización debido a la permanencia de aguas cálidas”. A más grande escala, se verificó que “las anomalías de vientos del oeste en el Pacífico occidental disminuyeron respecto al mes anterior, no habiéndose generado nuevas ondas Kelvin cálidas en ese sector”, por lo que no había evidencia observacional de que El Niño se extendería más allá de lo proyectado por el ENFEN. Debido a la intensificación de los vientos en la costa, se previó que las condiciones cálidas en la misma se mantendrían hasta julio¹³ y que en los “próximos dos meses se espera que las actuales anomalías observadas, declinen”¹⁴, esperándose ahora que “El Niño Costero sería de una magnitud más débil que moderada”¹⁵. En esta fase algunos medios, basados en información foránea, aún indicaban sobre la posibilidad de un Niño fuerte a fines de año¹⁶.

Fase IV. Declinación de El Niño costero

Durante julio se confirmó una tendencia a la normalización en la franja costera en el centro y sur¹⁷ debido al incremento de los vientos del sur y, a inicios de agosto, el ENFEN consideró el evento como concluido¹⁸ (Fig. 1f), aunque luego se verificó que según el ICEN el evento habría durado hasta octubre con magnitud moderada. Esa diferencia entre el comportamiento de la franja costera y el Pacífico oriental a mayor escala es considerada atípica, pero requiere mayores estudios. Por otro lado, también se notó una nueva onda Kelvin cálida, más débil que las anteriores, que habría estado arribando en la segunda mitad de setiembre¹⁹ (Fig. 1b-d). Sin embargo, a su llegada esta onda no tuvo mayores impactos en las condiciones en la costa, coincidiendo con una tendencia a la normalización del ICEN²⁰.

Fase V. Transición al verano

La poca actividad de vientos ecuatoriales del oeste y ondas Kelvin cálidas asociadas confirmó que no ocurriría un evento El Niño del tipo extraordinario en el verano²¹. Sin embargo, debido a la expectativa de una onda Kelvin a finales de diciembre (Fig. 1b-d) y los pronósticos de los modelos climáticos, el ENFEN previó la “continuación de condiciones cálidas entre débiles a moderadas en la región Niño 1+2 hasta el verano”²², lo cual fue luego revisado y cambiado a “cálidas débiles”²³.

Es interesante notar que si bien en el Pacífico central se presentaron condiciones cálidas en el 2014, no se observó la respuesta atmosférica típica de El Niño en esta región y, por lo tanto, las teleconexiones a regiones remotas (como EE.UU.) no ocurrieron. Por esto, instituciones como el CPC se abstuvieron de anunciar la presencia del evento El Niño (en el Pacífico central) en el 2014²⁴.

Comentarios finales

El desarrollo de El Niño costero en el 2014 fue, en general, adecuadamente pronosticado por el ENFEN. En forma similar al año 2012, el ENFEN proporcionó información adecuada sobre El Niño costero en el 2014, aun cuando este no se llegó a concretar en el Pacífico central. Por otro lado, a pesar de que el ENFEN descartó El Niño extraordinario, los medios difundieron opiniones alarmistas sin sustento generando preocupación en la población. Es necesario identificar mecanismos para que los medios peruanos y la población den más credibilidad a la información oficial del ENFEN, que no solo tiene responsabilidad ante los ciudadanos y sus autoridades, sino también trabaja con expertos reconocidos a nivel nacional, dejando a un lado otras fuentes de dudosa calidad y cuyas motivaciones no son siempre conocidas.

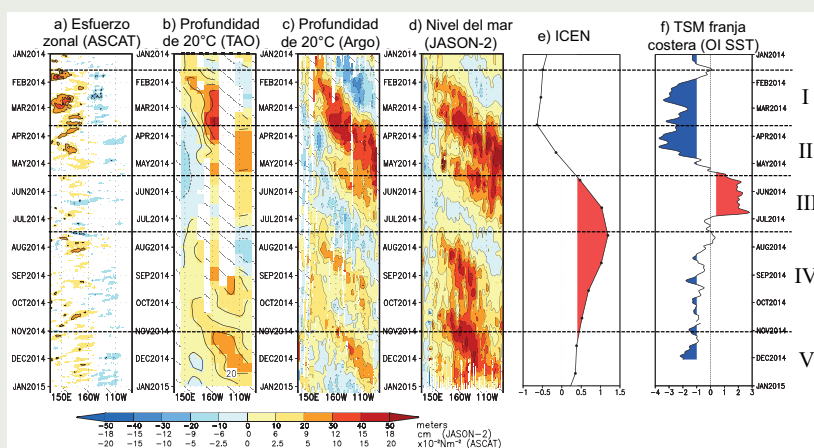


Figura 1. Evolución durante el año 2014 de las anomalías del a) esfuerzo de viento zonal, b-c) profundidad de la isoterma de 20°C, y d) nivel del mar a lo largo de la línea ecuatorial, así como del e) Índice Costero El Niño y f) temperatura superficial del mar a 25-50 km de la costa entre 13° S y 5° S (en rojo se indican valores > 0.4 y en azul < -1). Las fases descritas en el texto se indican a la derecha.

¹³Comunicado Oficial ENFEN 09-2014 (21 de junio del 2014).

¹⁴Comunicado Oficial ENFEN 10-2014 (4 de julio del 2014).

¹⁵Comunicado Oficial ENFEN 11-2014 (18 de julio del 2014).

¹⁶<http://peru21.pe/actualidad/fenomeno-nino-mas-fuerte-fines-2014-segun-especialista-2191388> (10 de julio).

¹⁷Comunicados Oficiales ENFEN 10-2014 (4 de julio del 2014) y 11-2014 (18 de julio del 2014).

¹⁸Comunicado Oficial ENFEN 12-2014 (6 de agosto del 2014).

¹⁹Comunicados Oficiales ENFEN 12-2014 (6 de agosto del 2014) y 13-2014 (5 de setiembre).

²⁰Comunicado Oficial ENFEN 14-2014 (7 de octubre del 2014).

²¹Por ejemplo, ver: Takahashi, 2014: ¿Por qué parece muy improbable El Niño extraordinario este año? Boletín Técnico “Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño”, Vol. 1, N°. 6, 8-9, Instituto Geofísico del Perú.

²²Comunicado Oficial ENFEN 15-2014 (7 de noviembre del 2014).

²³Comunicado Oficial ENFEN 15-2014 (10 de diciembre del 2014).

²⁴<http://www.climate.gov/news-features/blogs/ensio/decembers-ensio-update-close-no-cigar>.

IGP en Taller sobre El Niño en Australia

Del 04 al 06 de febrero, el Dr. Ken Takahashi, Director de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera del Instituto Geofísico del Perú (IGP), participó en el Taller sobre Extremos y Diversidad de El Niño-Oscilación Sur¹ (ENOS) en la ciudad de Sidney (Australia), organizado por la Universidad de Nueva Gales del Sur (UNSW) y CSIRO de Australia, entre otros, cuya finalidad fue discutir los vacíos en el conocimiento de ENOS y formular los planes futuros sobre cómo la comunidad científica puede llenar estos vacíos.



El evento se realizó en la Universidad de Nueva Gales del Sur en Sydney.

En el marco de la sesión sobre “Evolución y Predictibilidad”, el experto del IGP estuvo a cargo de la ponencia “Procesos de retroalimentación en el Pacífico oriental y el pronóstico de El Niño extremo”, entre cuyos autores se incluyen el Dr. Boris Dewitte (LEGOS), el Lic. Jorge Reupo (IGP) y el Dr. Andrew Wittenberg (NOAA GFDL). En este estudio, se propone un mecanismo que permite que los eventos El Niño crezcan a niveles extremos a través de la activación de la convección en el Pacífico oriental. Además, se muestra como el crecimiento de los errores sistemáticos en un modelo de pronóstico global interactúa con este mecanismo y degrada la capacidad de pronosticar los eventos El Niño extremo.

“Corregir los errores sistemáticos y mejorar la representación de los procesos en el Pacífico oriental en los modelos será clave para poder contar con mejores pronósticos de estos eventos potencialmente desastrosos”, afirmó el Dr. Takahashi.

¹ <https://www.climate-science.org.au/content/806-enso-workshop-australia-2015>.

IGP realiza Taller sobre estudio de vulnerabilidad ante el cambio climático en Tumbes

En el marco del Estudio de Vulnerabilidad Presente y Futura ante el Cambio Climático en la Región Tumbes, el 16 de febrero, profesionales de las Subdirecciones de Geofísica y Sociedad y Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera del Instituto Geofísico del Perú (IGP), realizaron el “Taller de Presentación del Plan de Trabajo y Metodología del Estudio de Vulnerabilidad Presente y Futura ante el Cambio Climático en la región Tumbes”.

Dicho evento se desarrolló en el Auditorio del Centro de Operaciones de Emergencia Regional – COER Tumbes, con el objetivo de presentar los resultados de investigación sobre el ambiente geofísico, con énfasis en el clima para la región Tumbes realizados hasta la fecha por el IGP; asimismo, se quiso compartir el Plan de Trabajo y Metodología del estudio “Vulnerabilidad Presente y Futura ante el Cambio Climático en la región Tumbes” para poder recibir importantes aportes de parte de actores clave y otras instituciones involucradas en el proceso.

El Estudio de Vulnerabilidad Presente y Futura ante el Cambio Climático en la Región Tumbes viene siendo ejecutado por el IGP a pedido del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), en el marco del Proyecto TACC.



El Taller se realizó en el Auditorio del COER – Tumbes.

Resumen del Informe Técnico

PPR/El Niño - IGP/ 2015-2

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 enero, las condiciones climáticas continúan siendo neutras frente a la costa peruana. El pronóstico de la temperatura superficial del mar de los modelos numéricos internacionales, con condiciones iniciales del mes de febrero, indica que las condiciones climáticas serán neutras en abril y entre neutras y cálidas débiles en mayo en el Pacífico Oriental. Estos mismos resultados numéricos señalan, en el mismo periodo, una tendencia hacia condiciones alrededor de cálidas débiles en el Pacífico Central. Se observa la presencia de una onda Kelvin cálida, la cual arribaría en el mes de marzo. Además existe otra onda Kelvin que se habría formado como consecuencia de la anomalía positiva de los vientos zonales a fines del mes de febrero. Esta onda debería arribar en el mes de abril. La configuración tipo El Niño "Modoki" favorecería la reducción en las precipitaciones en la costa norte y en los Andes este verano.

Índice Costero El Niño

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

Año	Mes	ICEN	Condiciones costeras del mes
2014	Octubre	0.52	Cálida Débil
2014	Noviembre	0.38	Neutro
2014	Diciembre	0.35	Neutro
2015	Enero	0.08	Neutro

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

Según los valores del ICEN, **se confirma que las condiciones climáticas hasta enero de 2015 en la costa peruana se clasifican como NEUTRAS**. Se recuerda que para declarar El Niño o La Niña en la costa, las condiciones costeras del mes deben ser cálidas o frías por al menos tres meses consecutivos, respectivamente (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 adicionales a los datos de TAO (Takahashi et al., 2014). En particular, se han producido diagramas longitud-tiempo (Hovmöller) de las anomalías del 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 27 de febrero 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 la actualidad, los productos de ARGO (Figura 1c), JASON-2 (Figura 1d) y del modelo lineal (Figura 1e) muestran la presencia de una onda Kelvin cálida en el Pacífico Ecuatorial Central que estaría arribando al extremo este del Pacífico Ecuatorial en el mes de marzo. Además existe otra onda Kelvin que se habría formado como consecuencia de la anomalía positiva de los vientos zonales localizada alrededor de 160°W y que se dio a finales del mes de febrero. Esta onda debería arribar en el mes de abril. La superposición de ambas ondas podría reforzar su magnitud y/o intensidad. Asimismo, no se observa presencia de ondas Kelvin cálidas formadas por reflexión de ondas Rossby en el extremo occidental.

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para el mes de abril, los pronósticos de la ATSM en el Pacífico Oriental (Niño 1+2, ICEN) prevén principalmente condiciones neutras con algunos valores negativos; para el mes de mayo los pronósticos indican condiciones entre neutras y cálidas débiles (Figura 2).

Para los meses de abril y mayo, los pronósticos de la ATSM en el Pacífico Central (Niño 3.4) por los modelos numéricos de las agencias internacionales indican condiciones alrededor de cálidas débiles.

Resumen del Informe Técnico PPR/EI Niño - IGP/ 2015-2

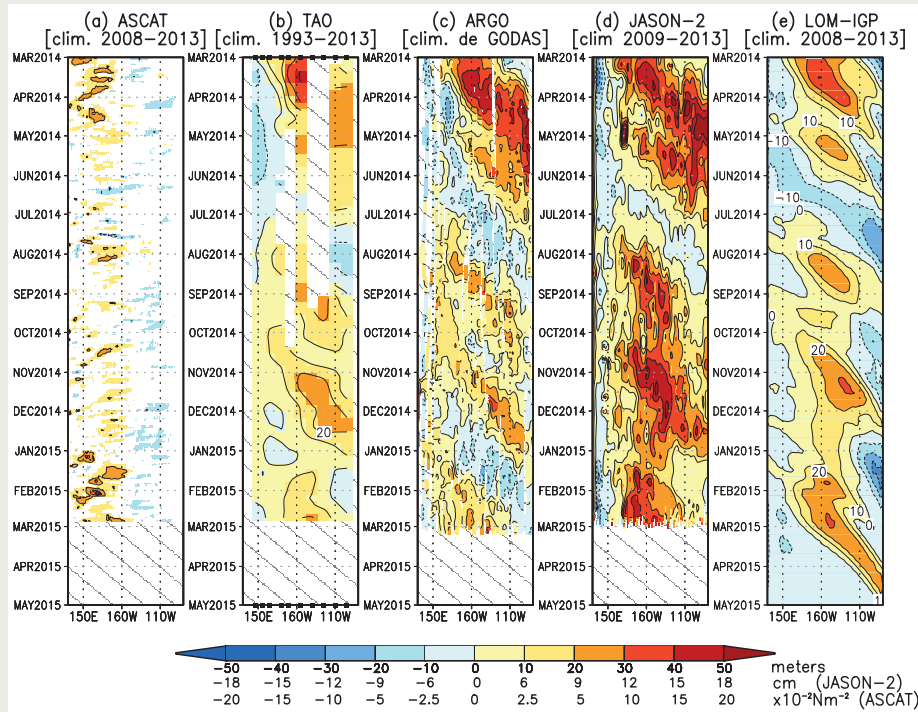


Figura 1. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se muestra 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).

Conclusiones

1. El ICEN para el mes de enero es de 0.08°C (neutro).
2. Para el mes de abril de 2015, los pronósticos de la ATSM en el Pacífico Oriental (Niño 1+2, ICEN) de los modelos numéricos de las agencias internacionales, con condiciones iniciales del mes de febrero, indican condiciones **neutras con algunos valores negativos**. Para el mes de mayo los pronósticos de los modelos indican condiciones entre neutras y cálidas débiles.
3. Para los meses de abril y mayo, los pronósticos de la ATSM en el Pacífico Central (Niño 3.4) por los modelos numéricos de las agencias internacionales continúan indicando una tendencia hacia condiciones alrededor de **cálidas débiles**.
4. Para el periodo de invierno, los escenarios en el Pacífico Oriental (Niño 1+2, ICEN) de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones **entre neutras y cálidas moderadas**. Cuatro de nueve modelos indican condiciones El Niño costero iniciando entre mayo y junio.
5. Para el periodo de invierno, los escenarios en el Pacífico Central (Niño 3.4) de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones **entre neutras y cálidas moderadas**.
6. Los productos observacionales a lo largo de la línea ecuatorial y el modelo lineal indican la **presencia de una onda Kelvin cálida**, la cual arribaría en el mes de

marzo. Además existe otra onda Kelvin que se habría formado como consecuencia de la anomalía positiva de los vientos zonales localizada alrededor de 160°W y que se

Modelo	Inicio	Extremo	Final
CFS2	-	-	-
CMC1	-	-	-
CMC2	jun-15	No disponible	No disponible
GFDL	-	-	-
NASA	may-15	jun-15	No disponible
NCAR	-	-	-
GFDL_FLOR	may-15	jun-15	No disponible
NCAR_CCISM4	may-15	No disponible	No disponible
NMME(prom)	may-15	No disponible	No disponible
ECMWF	-	-	-
OBSERVADO	Mayo 2014	Julio 2014	Octubre 2014

Tabla 2. Pronósticos de evento El Niño en la costa según modelos climáticos con condiciones iniciales de enero de 2015. Nota: estos pronósticos mantienen baja confiabilidad por la estacionalidad de la predictibilidad (Reupo y Takahashi, 2014).

Resumen del Informe Técnico PPR/El Niño - IGP/ 2015-2

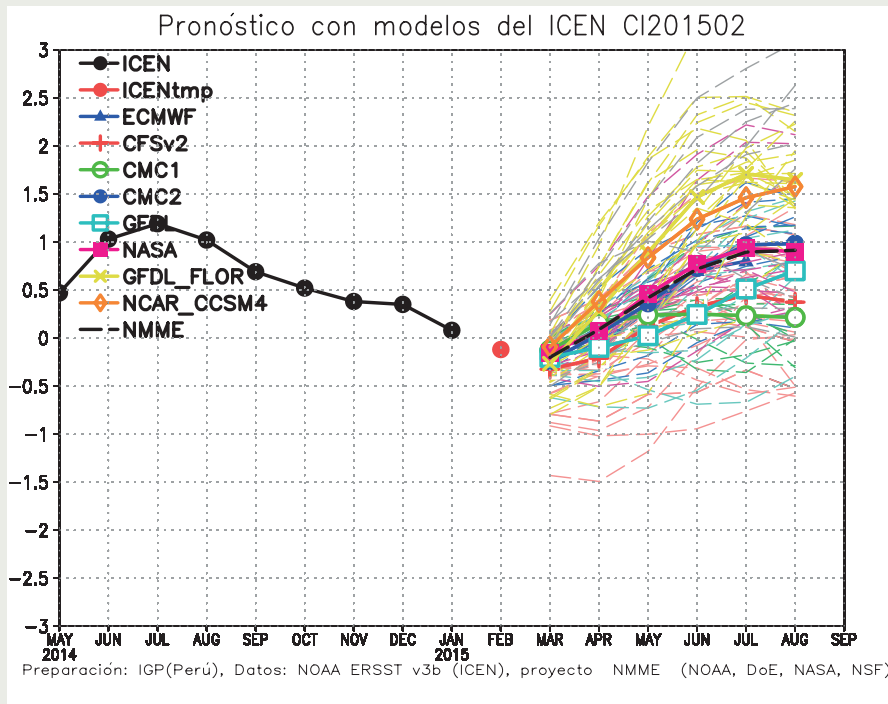


Figura 2. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y su valor temporal (ICENTmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de tres meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden 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 febrero de 2015. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de febrero de 2015. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF).

dio a finales del mes de febrero. Esta onda debería arribar en el mes de abril. Asimismo, no se observa presencia de ondas Kelvin cálidas formadas por reflexión de ondas Rossby en el extremo occidental.

7. La configuración tipo El Niño "Modoki", frío en el Pacífico Oriental y cálido alrededor de la línea de cambio de fecha, no es favorable para el desarrollo de lluvias en la costa norte o en los Andes (Lavado y Espinoza, 2014) en el presente verano.

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° 03 - 2015 CONDICIONES NORMALES CON POSIBILIDADES DE DÉBIL CALENTAMIENTO EN ABRIL

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 febrero.

En la franja costera del Perú, continuaron las condiciones neutras de la temperatura superficial del mar (TSM), de la temperatura del aire y del nivel medio del mar (NMM). Asimismo, el Índice Costero El Niño (región Niño 1+2) continuó en el rango neutral. Sin embargo, alrededor de las 30 m.n. de la costa, se observaron anomalías positivas de la TSM principalmente en la zona central y sur, debido al debilitamiento temporal de los vientos.

Continúa propagándose la onda Kelvin cálida débil que estaría llegando hacia fines del mes de marzo.

Durante la primera quincena del mes, los vientos del sur a lo largo de la costa, estuvieron reducidos como consecuencia del debilitamiento y bifurcación del Anticiclón del Pacífico Sur (APS), ocasionando un incremento de la TSM más allá de las 30 mn de costa. Sin embargo, en la última semana del mes, el fortalecimiento del viento en el litoral central y sur, presentó una tendencia hacia la normalización debido a la intensificación y acercamiento del APS hacia el continente.

Por otro lado, en general, la TSM, la temperatura del aire y el NMM en la franja costera del Perú, se mantuvieron alrededor de su valor normal, con excepción de la costa norte, donde la TSM presentó en promedio anomalías negativas de hasta -1.8°C (Talara). Debajo de la superficie se registró el ascenso de las isotermas con respecto al mes anterior, mostrando la reactivación del afloramiento costero.

Los desembarques de anchoveta en la pesca artesanal y de menor escala (dentro de las 10 mn) registraron en Chimbote, Callao y Pisco, ejemplares principalmente adultos en Chimbote y mayor porcentaje de juveniles en Callao y Pisco. Asimismo, los cardúmenes de anchoveta se registraron dentro del rango de profundidad normal.

En cuanto al Índice Costero El Niño (ICEN)¹, cuyo monitoreo se realiza en la región Niño 1+2, los valores preliminares (ICENtmp) continuaron dentro del rango neutral en enero y febrero.

A finales del mes las condiciones hidrológicas de los ríos de la costa norte se han presentado por debajo de los valores normales. Los ríos de la costa sur presentaron caudales sobre su normal en las dos primeras semanas, luego fueron decayendo. Estas precipitaciones en las partes altas de

la sierra sur ayudaron a mejorar las condiciones de los reservorios (logrando un aumento de 22% de capacidad de almacenamiento). Los principales reservorios en la costa norte registraron 45% de almacenamiento y en la costa sur 52%.

PERSPECTIVAS

En la costa peruana en lo que resta del verano, se espera que en promedio la temperatura superficial del mar, la temperatura del aire y el nivel medio del mar presenten condiciones alrededor de lo normal.

En el océano Pacífico ecuatorial, continúa la propagación de una onda Kelvin cálida que arribaría hacia finales de marzo. Si bien su intensidad actual es débil, existe la probabilidad que continúen las anomalías de vientos del Oeste en el Pacífico ecuatorial occidental y central, debido a la presencia de anomalías positivas de la TSM en la misma región, estas anomalías de vientos del Oeste podrían reforzarla.

Para los meses de marzo y abril, en la región Niño 1+2, los modelos numéricos globales indican condiciones neutras, mientras que para el invierno los pronósticos indican condiciones entre neutras y cálidas moderadas. Para la región Niño 3.4, los modelos indican hasta el invierno condiciones alrededor de cálidas débiles.

Se espera que durante el mes de marzo continúe el incremento gradual de los caudales en los ríos y niveles de almacenamiento en los embalses de la costa.

El Comité Multisectorial ENFEN, de acuerdo con el análisis de las condiciones actuales y los resultados de los modelos numéricos globales, prevé condiciones neutras en la región Niño 1+2 para lo que resta del verano. Sin embargo, no se descartan anomalías positivas de la TSM en la región Niño 1+2, a partir del mes de abril.

El Comité ENFEN continuará monitoreando e informando sobre la evolución de las condiciones actuales.

Callao, 05 de marzo de 2015

¹ Es la media corrida de tres meses de las anomalías mensuales de la TSM en la región Niño 1+2.





© 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:

