



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú - IGP

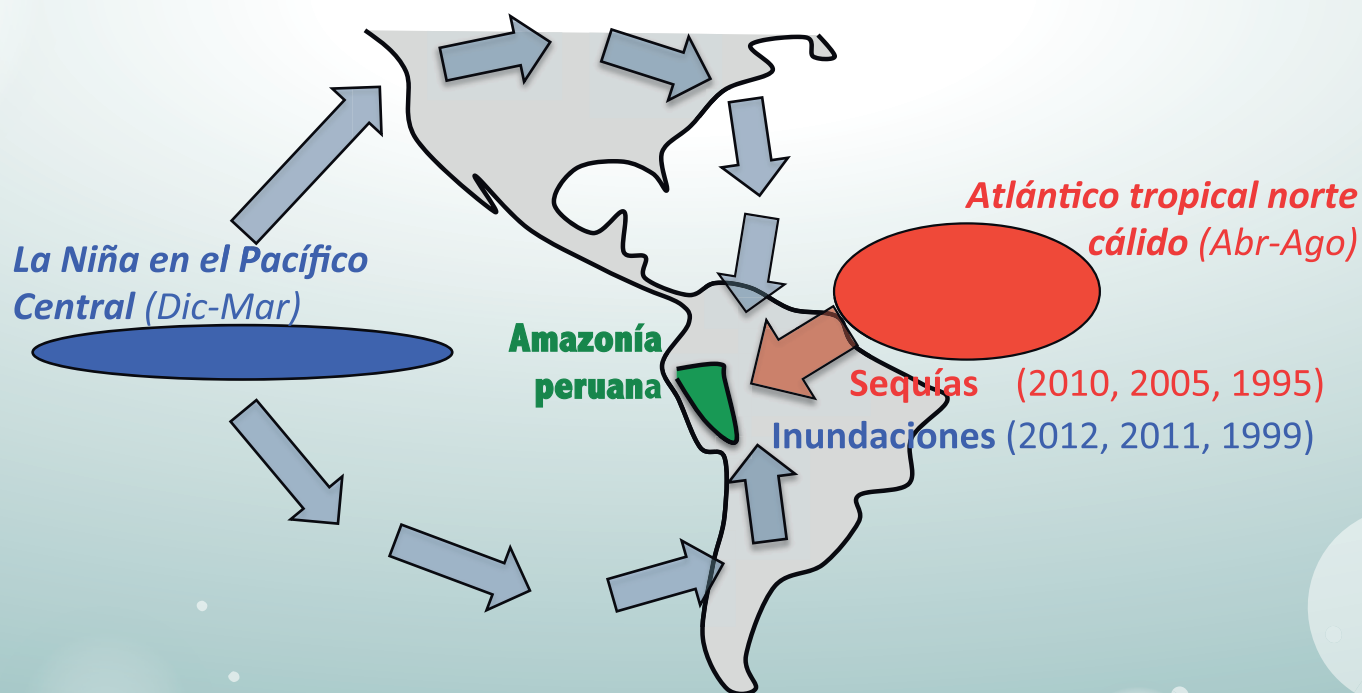


Programa Presupuestal por Resultados N° 068: "Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres" Producto: "Entidades informadas en forma permanente y con pronósticos frente al Fenómeno El Niño"

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

Boletín Técnico

Rol de la TSM de los océanos Atlántico y Pacífico sobre los eventos hidrológicos extremos en la cuenca amazónica peruana



Contenido

2 - 3

Introducción

4 - 8

Artículo de Divulgación Científica

9 - 10

Avances de Investigación

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 de investigación: Ken Takahashi, Kobi Mosquera, Jorge Reupo, Berlín Segura

Edición: Cristiana Leucci
Diseño y Diagramación: Dante Guerra

Carátula: Espinoza. Ver figura y leyenda en la página 8.

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

Impreso por:
Editorial Súper Grafica E.I.R.L.
Av. Naciones Unidas N° 1830 – Cercado de Lima
Teléfono (511) 7150315

Lima, Octubre del 2014

Hecho el Depósito Legal en la
Biblioteca Nacional del Perú N° 2014-15693

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 investigación científica que fortalecerá en forma continua la capacidad para este fin.

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

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



IGP



ENFEN

El Instituto Geofísico del Perú es una institución pública al servicio del país, adscrito al Ministerio del Ambiente, que genera, utiliza y transfiere conocimientos e información científica y tecnológica en el campo de la geofísica y ciencias afines, forma parte de la comunidad científica internacional y contribuye a la gestión del ambiente geofísico con énfasis en la prevención y mitigación de desastres naturales y de origen antrópico. En el marco del Comité Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), el IGP rutinariamente aporta información experta sobre modelos y pronósticos relacionados con El Niño y fenómenos asociados.

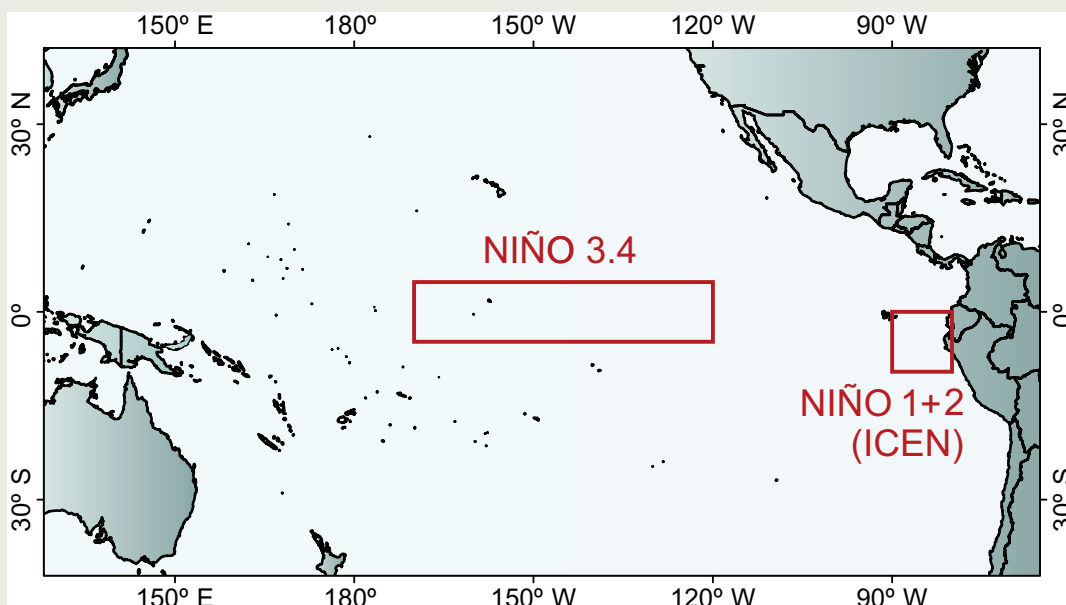
El ENFEN es el ente que genera la información oficial de monitoreo y pronóstico del Fenómeno El Niño y otros asociados.

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

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

Para este fin, el ENFEN realiza el pronóstico, monitoreo y estudio continuo de las anomalías del océano y la atmósfera del mar peruano y a nivel global, a través de la elaboración de estudios y análisis científicos basados en la información proveniente de diversas redes de observación y modelos de variables oceanográficas, meteorológicas, hidrológicas y biológico-pesqueras. También, al menos mensualmente, emite pronunciamientos que son “preparados colegiadamente, acopiando la mejor información científica disponible y de competencia de cada institución respecto de su sector y genera la información técnica en forma colegiada para su difusión a los usuarios”.

Además, un objetivo central del ENFEN es “estudiar el Fenómeno El Niño, con el fin de lograr una mejor comprensión del mismo, poder predecirlo y determinar sus probables consecuencias”, lo cual se desarrolla mediante la investigación científica.



El 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

Influencia de la variabilidad de los océanos Atlántico y Pacífico en la hidrología de la cuenca amazónica peruana*

Influencia de las condiciones oceánicas en la variabilidad hidroclimática en la cuenca amazónica

Diferentes investigaciones científicas han mostrado la relación entre el fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) y la variabilidad hidroclimática en la cuenca amazónica brasileña (e.g. Marengo et al., 1998; Uvo et al., 1998; Ronchail et al., 2002; Williams et al., 2005). En general, los autores muestran que en esta región las lluvias y caudales tienden a ser superiores (inferiores) a lo normal durante eventos La Niña (El Niño). Por otro lado, diferentes estudios han puesto en evidencia la influencia de las variaciones de la temperatura superficial del océano Atlántico Tropical en las precipitaciones de la cuenca amazónica (e.g. Marengo, 1992; Uvo et al., 2000, Zeng et al., 2008; Espinoza et al., 2009a; 2009b; Yoon y Zeng, 2010). Estos estudios muestran que condiciones más cálidas (frías) de lo normal en el Atlántico Tropical Norte generalmente producen una reducción (incremento) de lluvias y caudales en la cuenca amazónica.

Recientemente, diferentes investigaciones se han enfocado en mejorar la comprensión de la influencia de ambos océanos en la hidrología de la cuenca amazónica. Si bien usando índices oceánicos para el Pacífico y Atlántico se puede explicar en proporciones similares la variabilidad de las lluvias promediada sobre la cuenca amazónica completa (Zeng et al., 2008), recientes trabajos concuerdan en que las variaciones en el Atlántico Tropical serían el factor más importante para la región oeste de dicha cuenca (incluyendo la Amazonía peruana) (Espinoza et al., 2009a; 2009b; Yoon y Zeng, 2010; Fernandes et al., 2011; Lavado et al., 2012). En efecto, temperaturas más elevadas en el Atlántico Tropical producen un desplazamiento anormal hacia el norte de la banda lluviosa conocida como “zona de convergencia intertropical” (ITCZ en inglés) y una disminución del ingreso de aire húmedo del Atlántico que es la principal fuente de agua para la cuenca amazónica (e.g. Yoon y Zeng, 2010; Marengo, et al., 2011; Espinoza et al., 2011). Por lo contrario, cuando el Atlántico Tropical Norte está más frío de lo normal, la ITCZ sufre un desplazamiento hacia el sur, lo cual favorece el ingreso de humedad hacia el continente sudamericano y mayores precipitaciones son observadas en la cuenca amazónica (Marengo et al., 2011b).



Ph. D. Jhan Carlo Espinoza
Investigador Científico del
Instituto Geofísico del Perú

Ph.D. en Ciencias del Medio Ambiente de la Université Pierre et Marie Curie, París, Francia e Ingeniero Agrícola y M.Sc. en Ingeniería de Recursos Hídricos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Es investigador científico en el Instituto Geofísico del Perú (IGP), donde se desempeña como especialista en clima e hidrología de la cuenca amazónica. Es autor de numerosos artículos científicos y revisor de revistas internacionales. Desde 2004 forma parte del Observatorio de Investigación en medio ambiente ORE-HYBAM. Su investigación está enfocada en la dinámica del clima y sus impactos en los eventos hidrológicos extremos en la región tropical y en la cuenca del río Amazonas.

Evolución reciente de los eventos hidrológicos extremos

Analizando información de trece estaciones hidrométricas de las principales sub-cuencas del Amazonas entre los años 1974 y 2004, Espinoza et al. (2009b) muestran que la poca tendencia observada en el caudal medio en el curso principal del Amazonas en Brasil (Callède et al., 2004) se debe a la compensación entre las tendencias regionales opuestas, que involucran principalmente a ríos de los países andinos. Este estudio confirma un incremento del caudal durante aguas altas en las regiones del noroeste (Colombia, Ecuador y norte de la Amazonía peruana) y una significativa disminución de caudales en el período de estiaje, particularmente importante en las regiones del suroeste de la cuenca amazónica (Perú y Bolivia). La Figura 1 resume la evolución regional en los caudales durante los últimos 40 años. Asimismo, recientes estudios han confirmado una intensificación del ciclo hidrológico (estiajes más secos y crecientes mayores) en la cuenca amazónica durante las últimas décadas (Gloor et al., 2013).

En continuidad con estas tendencias, en los últimos años se han registrado eventos hidrológicos extremos en la cuenca del Amazonas, los cuales han dado lugar a severas inundaciones, como en 1999, 2009 y 2012 (Ronchail et al., 2006; Chen et al., 2010; Marengo et al., 2011b; Espinoza et al., 2013), y periodos de fuertes sequías, como en 1998, 2005 y 2010 (Marengo et al., 2008; Espinoza et al., 2011). Estos eventos resultaron muy perjudiciales para los pobladores de esta región, así como para la agricultura y los ecosistemas amazónicos (e.g. Asner y Alencar, 2010; Xu et al., 2011; Fernandes et al., 2011).

*Las investigaciones realizadas por el Instituto Geofísico del Perú (IGP) sobre la hidrología amazónica se enmarcan en las actividades del observatorio HYBAM (www.ore-hybam.org) y en el proyecto de investigación “Extremos hidrometeorológicos, procesos geodinámicos superficiales y sus impactos en el Perú” que conducen desde 2011 el IGP y el Institut de Recherche pour le Développement (IRD) de Francia.

Influencia de la variabilidad de los océanos Atlántico y Pacífico en la hidrología de la cuenca amazónica peruana

Espinoza J.C.

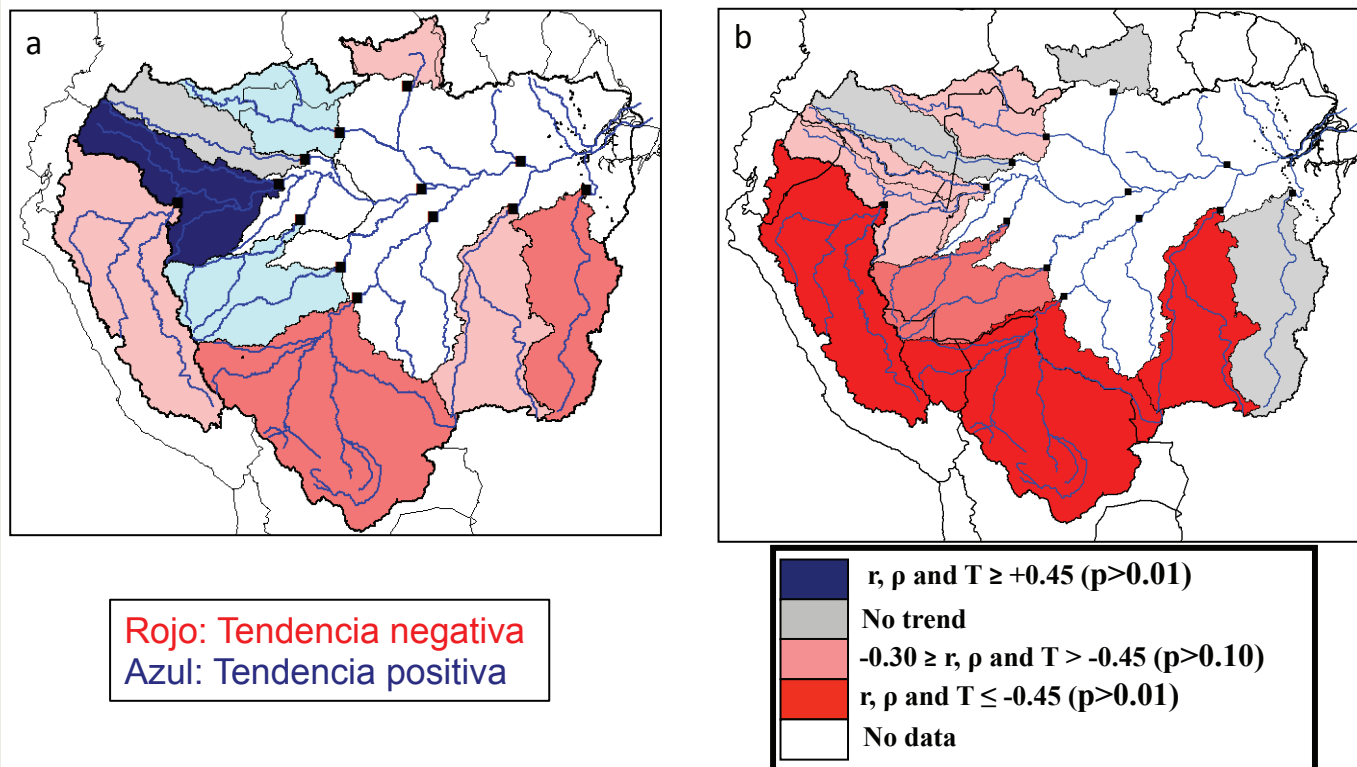


Figura 1. Coeficientes de correlación de Pearson (r), Spearman (ρ) y Kendall (T) entre la escorrentía y el tiempo (1974-2004) en las subcuencas amazónicas para (a) los valores máximos anuales y (b) los valores mínimos. Los valores por encima de 0.30 son significativos al nivel de 90%, aquellos por encima de 0.45 son significativos al nivel de 99%. Los colores indican la señal y la fuerza de la tendencia: rojo (tendencia negativa) y azul (tendencia positiva). Adaptado de Espinoza et al., 2009b.

Sequías en la cuenca amazónica peruana

La estación hidrométrica de Tamshiyacu sobre el río Amazonas cerca de Iquitos, en Perú, tiene un área de drenaje de 750000 km² (Figura 2a) y un caudal medio de 32000 m³/s, aproximadamente el 16% del caudal en la desembocadura del Amazonas en el Atlántico (Espinoza et al., 2006; 2009b). La precipitación media anual en la cuenca que drena por esta estación ha registrado una tendencia negativa que es consistente con la tendencia en el caudal de estiaje sobre el período 1970-2010 (Figura 1b; 2b). Un calentamiento de la temperatura superficial del Atlántico Tropical Norte desde finales de los años ochenta sería el responsable de la disminución de lluvias y caudales durante la época de estiaje (Marengo et al., 2008; Cox et al., 2008; Espinoza et al., 2009b; Yoon y Zeng, 2010; Marengo et al., 2011a; Espinoza et al., 2011; Lavado et al., 2012). En consecuencia, fuertes sequías han sido observadas durante las últimas dos décadas (Figura 2b), entre ellas, la sequía del 2010 fue particularmente severa y llevó a las autoridades a declarar estado de emergencia público en la Amazonía peruana, debido a problemas en el transporte fluvial y el abastecimiento de alimentos a la población (SENAMHI Perú comunicado de prensa N° 076-2010).

Espinoza et al., (2011) han realizado una tipología de las sequías extremas registradas en la Amazonía peruana (1995, 1998, 2005 y 2010). En dicha zona, las sequías han sido asociadas con anomalías positivas de la temperatura superficial en el Atlántico Tropical Norte y vientos alisios débiles, así como con un débil transporte de vapor de agua hacia la cuenca amazónica peruana que, en asociación con el aumento del movimiento descendente ("subsistencia") atmosférico sobre el centro y sur de la Amazonía, explican la escasez de lluvias y los bajos caudales. Sin embargo, hacia el final del evento El Niño 1997-1998, la sequía estuvo más relacionada con una fuerte divergencia del transporte atmosférico de humedad en el oeste de la cuenca amazónica, característico de un evento El Niño. Durante la primavera e invierno austral del 2010, se registró la sequía más severa en la cuenca amazónica desde los años 1970 (Figura 2b y 3). Su mayor intensidad y duración en comparación con la sequía del 2005 puede ser explicada por la adición del fenómeno El Niño en el Pacífico Ecuatorial Central durante el verano (Figura 2c) seguido por un episodio muy cálido en el océano Atlántico Tropical Norte (Figura 2d). Este evento confirma el rol combinado de ambos océanos sobre la hidrología del Amazonas. Para mayores detalles sobre la sequía excepcional del 2010 ver Lewis et al., 2011; Marengo et al., 2011a; y Espinoza et al., 2011.

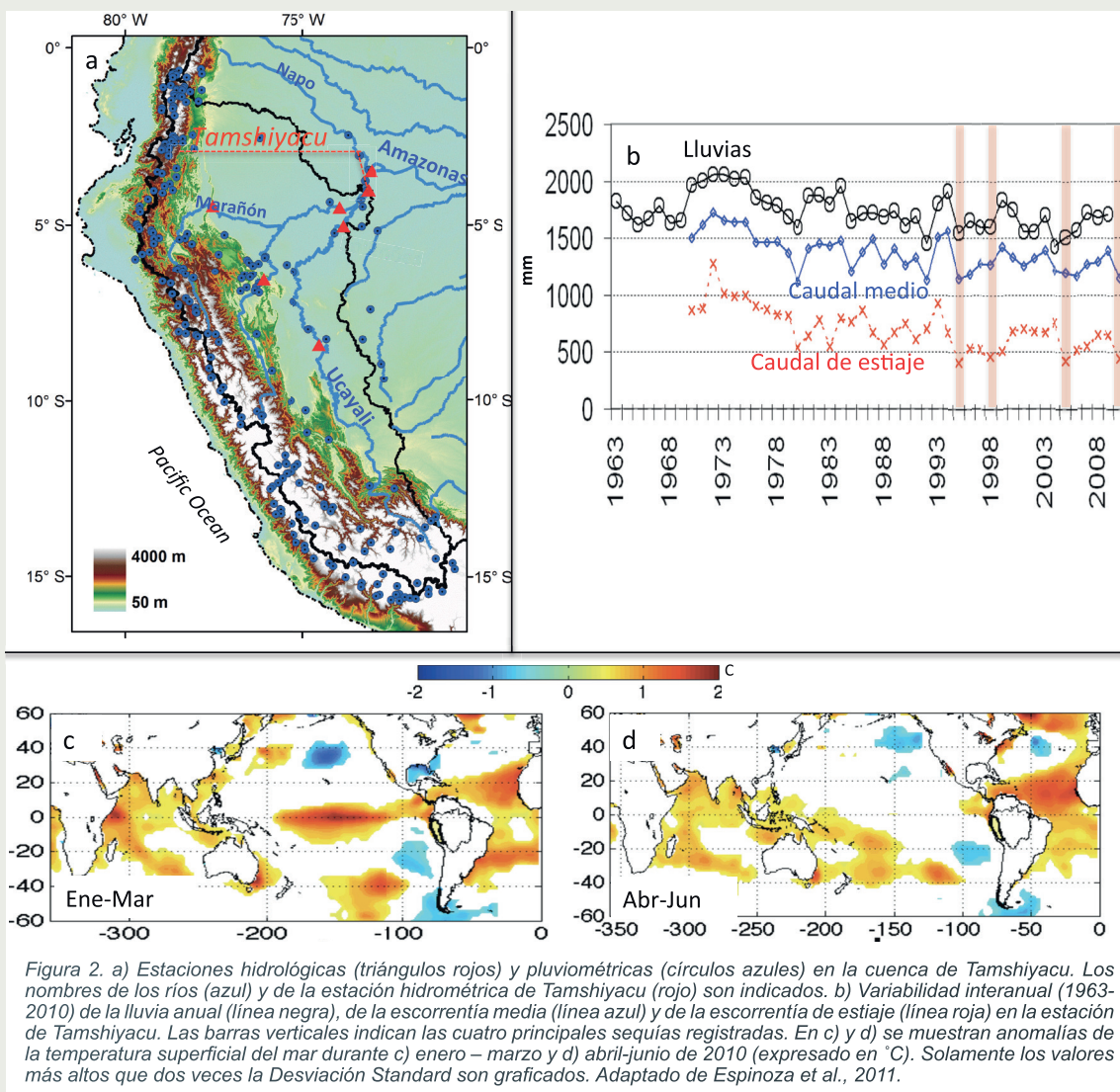


Figura 2. a) Estaciones hidrológicas (triángulos rojos) y pluviométricas (círculos azules) en la cuenca de Tamshiyacu. Los nombres de los ríos (azul) y de la estación hidrométrica de Tamshiyacu (rojo) son indicados. b) Variabilidad interanual (1963-2010) de la lluvia anual (línea negra), de la escorrentía media (línea azul) y de la escorrentía de estiaje (línea roja) en la estación de Tamshiyacu. Las barras verticales indican las cuatro principales sequías registradas. En c) y d) se muestran anomalías de la temperatura superficial del mar durante c) enero – marzo y d) abril-junio de 2010 (expresado en °C). Solamente los valores más altos que dos veces la Desviación Standard son graficados. Adaptado de Espinoza et al., 2011.

Recientes inundaciones severas

Durante el año hidrológico 2010-2011, se observó en la estación de Tamshiyacu una fuerte diferencia entre los caudales de estiaje (8300 m³/s en septiembre 2010) y los caudales de crecida (49500 m³/s en mayo de 2011). En general, los caudales de crecida son tres veces más elevados que los caudales durante las aguas bajas. No obstante, durante el año hidrológico 2010-2011, el caudal medio de crecida fue seis veces más alto que el caudal de estiaje (Espinoza et al., 2012). Esta transición sin precedentes originó además un record en la cantidad de material sedimentario transportado por el río Amazonas, medido en la estación Tamshiyacu en Perú (Espinoza et al., 2012).

Un año más tarde, en abril de 2012, durante el siguiente periodo de aguas altas, el río Amazonas experimentó el caudal más elevado (registrándose 55400 m³/s), sólo 20 meses después de la sequía

de septiembre de 2010 y ejemplificando la intensificación de los eventos hidrológicos extremos en la cuenca amazónica (Figura 3a). Recientemente, Espinoza et al. (2013) han mostrado que los años de fuertes crecidas están caracterizados por anomalías negativas de la temperatura superficial del mar en el Pacífico Ecuatorial Central (La Niña; Figura 3b). Esto origina un tren de ondas atmosféricas sobre el Pacífico Subtropical y Sureste de Sudamérica, con anomalías negativas de presión sobre el sur de la cuenca amazónica y el sureste de la zona de convergencia del Atlántico Sur (ZCAS). Como consecuencia de ello, el flujo de humedad es retenido y una fuerte convergencia de dicho transporte ocurre en el oeste de la cuenca amazónica, favoreciendo fuertes lluvias y caudales. Estas características climáticas también fueron observadas durante el verano de 2012, con un mayor ingreso de humedad atmosférica desde el mar Caribe sobre el noroeste de la cuenca amazónica (Figura 3c), produciendo abundantes lluvias y un temprano desborde del río Marañón.

Influencia de la variabilidad de los océanos Atlántico y Pacífico en la hidrología de la cuenca amazónica peruana

Espinoza J.C.

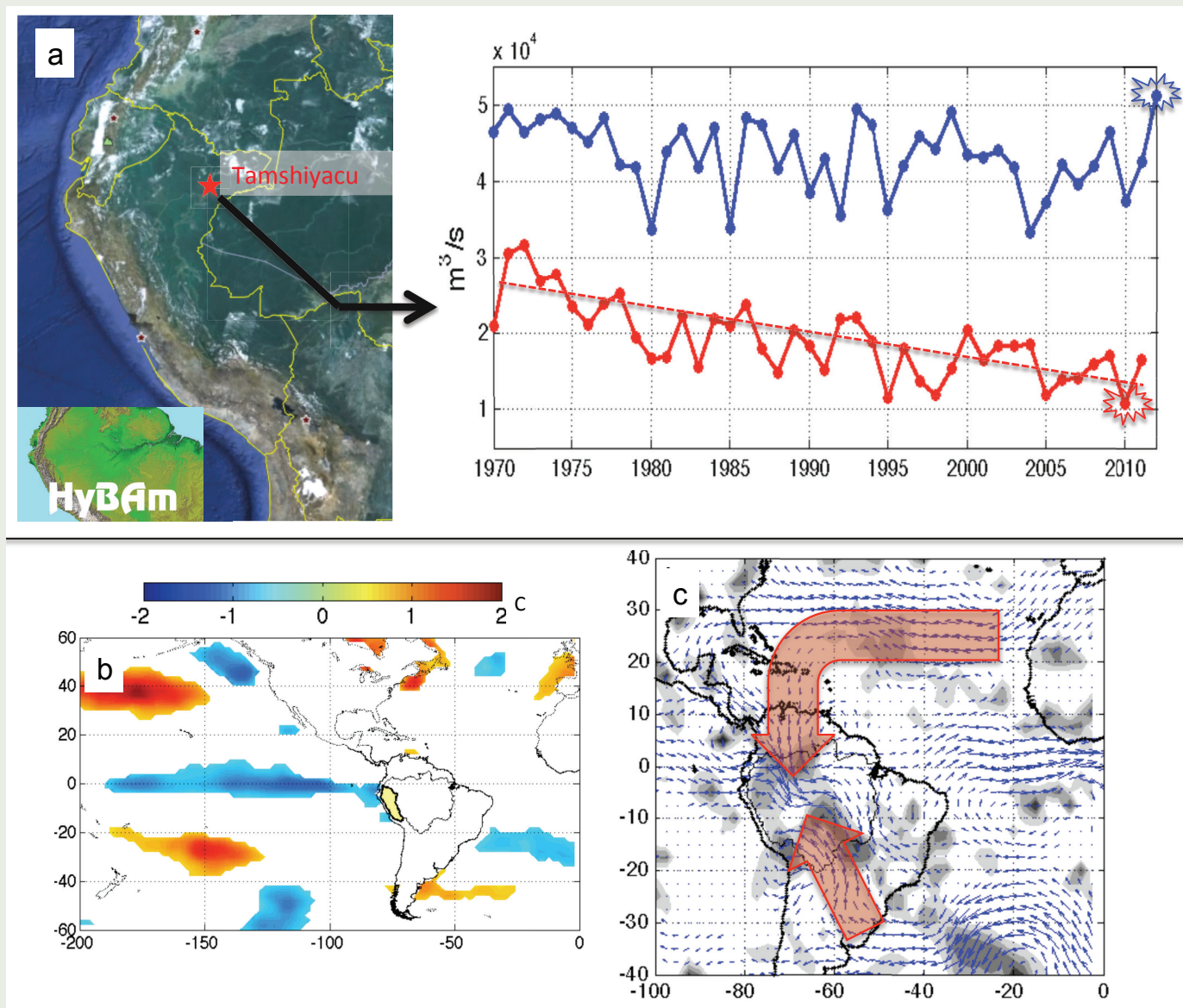


Figura 3. a) Evolución de los caudales en el río Amazonas en la estación hidrométrica de Tamshiyacu (40 km aguas arriba de Iquitos) durante el periodo 1970-2012. Línea azul: caudales durante el periodo de aguas altas (marzo-mayo). Línea roja, caudales durante el periodo de estiaje (agosto-octubre). Nótese que en el eje Y los valores se expresan en decenas de miles de m^3/s . Se muestran los valores extremos históricos: el más bajo ocurrido en septiembre 2010 y el más alto en abril 2012. b) Anomalías de la temperatura superficial del mar durante noviembre 2011 – febrero 2012 (expresado en $^{\circ}C$). Solamente los valores más altos que dos veces la Desviación Standard son graficados. c) Anomalías del transporte de humedad (vectores) integrado verticalmente (de 1000 a 300 hPa) y su convergencia (sombreado). (Fuente: Espinoza et al., 2013).

El rol combinado del Pacífico y Atlántico

De acuerdo a las recientes publicaciones científicas, la temperatura de los océanos Pacífico y Atlántico tendría un rol diferenciado sobre los eventos hidrológicos extremos en la Amazonía peruana (Figura 4). Las sequías extremas están principalmente asociadas a condiciones anómalamente cálidas en el océano Atlántico Tropical Norte durante el otoño e invierno, mientras que los eventos El Niño en el Pacífico Central tienden a reducir las precipitaciones sobre la Amazonía peruana (Espinoza et al., 2011; Marengo et al.,

2011a; Lavado et al., 2012). De hecho, la mayor sequía que se haya registrado (septiembre 2010) fue producida por la influencia combinada de ambos océanos: El Niño durante el verano y anomalías cálidas en el Atlántico Tropical Norte durante el otoño e invierno (Espinoza et al., 2011; Marengo et al., 2011a). Por otro lado, las fuertes inundaciones son asociadas a eventos La Niña y a condiciones más frías de lo normal en el océano Atlántico Tropical Norte durante los meses de verano (Espinoza et al., 2012; 2013; Marengo et al., 2011b; Lavado y Espinoza, 2014). El esquema propuesto en la Figura 4 ejemplifica el rol combinado de ambos océanos en los eventos hidrológicos extremos en la Amazonía peruana.

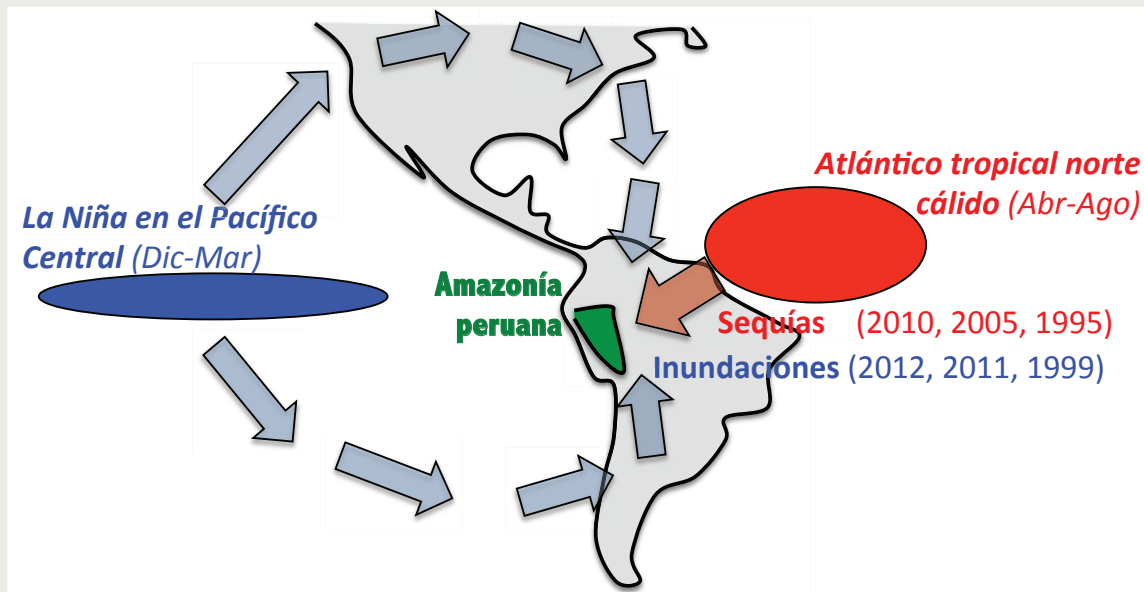


Figura 4. Esquema ejemplificativo del rol de la temperatura superficial del mar de los océanos Atlántico y Pacífico sobre los eventos hidrológicos extremos en la cuenca amazónica peruana.

Referencias

- Asner, G. P., N. Alencar, 2010: "Drought impacts on the Amazon forest: The remote sensing perspective", *New Phytologist*, 187, 569–578, doi:10.1111/j.1469-8137.2010.03310.x.
- Callède, J., J.-L. Guyot, J. Ronchail, Y. L. Hote, H. Niel, E. de Oliveira, 2004: "Evolution du débit de l'Amazone à Obidos de 1903 à 1999", *Hydrological Sciences Journal*, 49, 85–98, 11177.
- Chen, J. L., C. R. Wilson, D. B. Tapley, 2010: "The 2009 exceptional Amazon flood and interannual terrestrial water storage change observed by GRACE", *Water Resources*, 46, 1-10, doi:10.1029/2010WR009383.
- Cox P. M., P. P. Harris, C. Huntingford, R. A. Betts, M. Collins, et al., 2008: "Increasing risk of Amazonian drought due to decreasing aerosol pollution", *Nature* 453, U212–U217.
- Espinoza, J. C., P. Fraizy, J.-L. Guyot, J. Ordoñez, R. Pombosa, J. Ronchail, 2006: "La variabilité des débits du rio Amazonas au Pérou. Climate Variability and Change-Hydrological impacts", *IAHS Publ*, 308, 424–429.
- Espinoza, J. C., J. Ronchail, J.-L. Guyot, G. Cocheneau, N. Filizola, et al., 2009a: "Spatio-Temporal rainfall variability in the Amazon Basin Countries (Brazil, Peru, Bolivia, Colombia and Ecuador)", *International Journal of Climatology* 29, 1574–1594.
- Espinoza, J. C., J.-L. Guyot, J. Ronchail, G. Cochonneau, N. Filizola, et al., 2009b: "Contrasting regional discharge evolutions in the Amazon basin (1974–2004)", *Journal of Hydrology*, 375, 297–311.
- Espinoza, J. C., J. Ronchail, J.-L. Guyot, C. Junquas, P. Vauchel, et al., 2011: "Climate variability and extreme drought in the upper Solimões River (western Amazon Basin): Understanding the exceptional 2010 drought", *Geophysical Research Letters*, 38(13), 1-6, doi:10.1029/2011GL047862.
- Espinoza J. C., J. Ronchail, F. Frappart, W. Lavado, W. Santini, J.-L. Guyot, 2013: "The major floods in the Amazonas River and tributaries (Western Amazon basin) during the 1970 – 2012 period: A focus on the 2012 flood", *Journal of Hydrometeorology*, doi: 10.1175/JHM-D-12-0100.1.
- Fernandes, K., W. Baethgen, S. Bernardes, R. DeFries, D. G. Hewitt, et al., 2011: "North Tropical Atlantic influence on western Amazon fire season variability", *Geophysical Research Letters*, 38(12), 1-5, doi:10.1029/2011GL047392.
- Gloor M., R. J. W. Brienen, D. Galbraith, T. R. Feldpausch, J. Schöngart, J.-L. Guyot, J. C. Espinoza, J. Lloyd, and O. L. Phillips, 2013: "Intensification of the Amazon hydrological cycle over the last two decades", *Geophysical Research Letters*, 40, 1-5, doi: 10.1002/grl.50377.
- Lavado, W., J. Ronchail, D. Labat, J. C. Espinoza, J.-L. Guyot, 2012: "Basin-scale analysis of rainfall and runoff in Peru (1969–2004): Pacific, Titicaca and Amazonas drainages", *Hydrological Sciences Journal*, doi: 10.1080/02626667.2012.672985.
- Lavado, W., and Espinoza J. C., 2014: Impact of El Niño and La Niña events on Rainfall in Peru, *Revista Brasileira de Meteorologia*, 29, 171 – 182.
- Lewis, S. L., P. M. Brando, O. L. Phillips, G. M. F. van der Heijden, and D. Nepstad 2011: "The 2010 Amazon drought", *Science*, 331(6017), 554, doi:10.1126/science.1200807.
- Marengo, J., 1992: "Interannual variability of surface climate in the Amazon basin", *International Journal of Climatology*, 12:853–863.
- Marengo, J., J. Tomasella, C. Uvo, 1998: "Long-term stream flow and rainfall fluctuation in tropical South America: Amazonia, eastern Brazil, and northwest Peru", *Journal of Geophysical Research*, 103, 1775–1783.
- Marengo, J., C. Nobre, J. Tomasella, M. Oyama, G. de Oliveira, et al., 2008: "The drought in Amazonia in 2005", *Journal of Climate*, 21, 495–516.
- Marengo, J. A., J. Tomasella, L. M. Alves, W. R. Soares, D. A. Rodriguez, 2011a: "The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region", *Geophysical Research Letters*, 38(13), doi:10.1029/2011GL047436.
- Marengo, J. A., J. Tomasella, W.R. Soares, L. M. Alves, C. Nobre, 2011b: "Extreme climatic events in the Amazon basin", *Theoretical and Applied Climatology*, doi:10.1007/s00704-011-0465-1.
- Ronchail, J., G. Cochonneau, M. Molinier, J.-L. Guyot, A. Goretti de Miranda Chaves, et al., 2002: "Rainfall variability in the Amazon Basin and SSTs in the tropical Pacific and Atlantic oceans", *International Journal of Climatology*, 22, 1663–1686.
- Ronchail, J., J.-L. Guyot, J. C. Espinoza, P. Fraizy, G. Cochonneau, et al., 2006: "Impact of the Amazon tributaries on major floods at Óbidos. 5th FRIEND World Conference - Climate variability and change, Hydrological impacts", *IAHS*, 11/2006, 220-225.
- Uvo, C., C. Repelli, S. Zebiak, Y. Kushnir, 1998: "The relationship between tropical pacific and atlantic SST and northeast Brazil monthly precipitation", *Journal of Climate*, 11, 551–562.
- Uvo, C., U. Tolle, R. Berndtsson, 2000: "Forecasting discharge in Amazon using artificial neural networks", *International Journal of Climatology*, 20, 1495–1507.
- Williams, E., A. Dall'Antonia, V. Dall'Antonia, J. de Almeida, F. Suarez, et al., 2005: "The drought of the century in the Amazon basin: An analysis of the regional variation of rainfall in South America in 1926", *Acta Amazonica*, 35 (2), 231–238.
- Xu, L., A. Samanta, M. Costa, S. Ganguly, R. Nemani, R. Myneni, 2011: "Widespread decline in greenness of Amazonian vegetation due to the 2010 drought", *Geophysical Research Letters*, 38, L07402, doi:10.1029/2011GL046824.
- Yoon, J. H., H. Zeng, 2010: "An Atlantic influence on Amazon rainfall", *Climate Dynamics*, 34, 249–264.
- Zeng, N., J. Yoon, J. Marengo, A. Subramaniam, C. Nobre, A. Mariotti, A., and J. Neelin, 2008: "Causes and impact of the 2005 Amazon drought", *Environmental Research Letters*, 3, 99.

Los impactos de la marea y la onda Kelvin en los manglares de Tumbes

Jeancarlo Fajardo¹, Ken Takahashi¹, Kobi Mosquera¹

¹Instituto Geofísico del Perú

El nivel del mar a lo largo de la costa peruana está expuesto a muchos procesos ondulatorios, entre los que se encuentran los oleajes, mareas, tsunamis, ondas ecuatoriales y otros producidos por efecto de los vientos locales. Estos pueden, en mayor o menor medida y de manera independiente o en conjunto, afectar la costa. En este artículo se describe el caso particular del impacto de la marea y la onda Kelvin en la región de los manglares de Tumbes.

Si bien existen diferencias considerables en las características de las mareas a lo largo del océano, la respuesta local se encuentra modulada principalmente por las fases lunares y por la distancia orbital de la Luna en torno a la Tierra¹. Esto es básicamente cierto cerca de la línea ecuatorial; sin embargo, se debe tener en cuenta que en regiones alejadas de los trópicos los efectos de declinación lunar y solar² adquieren mayor importancia.

En el ecosistema de los manglares de Tumbes, basado en la información de la estación El Salto³, se observa que el nivel de agua es influenciado principalmente por el régimen de mareas (Figura 1), cuya amplitud varía de acuerdo a las fases lunares: con máximos cerca de las fases de Luna nueva y Luna llena, lo cual da origen a las mareas de sicigias (componentes M_2 y S_2 en fase, ver Tabla 1). Sin embargo, las amplitudes no son iguales ya que los niveles de marea son modulados por los perigeos y apogeos lunares. Las mareas en esta región poseen carácter semidiurno (dos máximas y dos mínimas durante un día), pero con marea baja más aplanada y de mayor duración que las pleamares. Esto es el resultado de la distorsión que sufre la onda de marea en áreas someras.

Para cuantificar el aporte de la marea en el nivel del agua es necesario separarla de otras posibles perturbaciones, lo cual se realiza usualmente mediante la técnica del análisis armónico. Con este método se ajusta la serie de nivel de agua a funciones

armónicas con periodos asociados a variaciones astronómicas conocidas del sistema Sol-Tierra-Luna y a las interacciones no lineales que surgen en las regiones costeras (Pawlowicz et al., 2002); las principales constituyentes usadas son mostradas en la Tabla 1. De estas componentes, la que predomina en gran parte del océano es el armónico principal lunar M_2 ; para el caso particular de la estación El Salto esta representa aproximadamente el 60% del mayor nivel registrado durante el periodo de agosto del 2012 a mayo del 2014.

Especie	Nombre	Símbolo	Periodo (h)
Semidiurna	Principal lunar	M_2	12.42
	Principal solar	S_2	12.00
	Elíptica lunar larga	N_2	12.66
Diurna	Diurno luni-solar	K_1	23.93
	Diurno lunar principal	O_1	25.82

Tabla 1. Principales constituyentes o armónicos de marea.

En nuestra región, otro de los mecanismos de gran variabilidad que impactan continuamente las costas peruanas son las llamadas ondas Kelvin ecuatoriales, las cuales son esencialmente ondas de gravedad afectadas por la fuerza de Coriolis (Mosquera, 2014). Durante el periodo comprendido entre agosto del 2013 a agosto del 2014 se produjeron cuatro pulsos anómalos de ondas Kelvin de hundimiento en el extremo oeste del Pacífico Ecuatorial (160°E–180°E), caracterizadas por elevar el nivel del mar y profundizar la termoclina en dicha región (Figura 2). Estas ondas generadas en agosto y octubre del 2013, y durante marzo y abril del 2014, llegaron al extremo este del Pacífico Ecuatorial aproximadamente dos meses después (Figura 2f), con una velocidad de propagación próxima al valor teórico de 2.6m/s del primer modo baroclínico (Mosquera et al., 2014a). El primer grupo de ondas, generado en el 2013, empezó a disiparse fuertemente a partir de los 120°W, región que coincide con la zona de máximo gradiente zonal de la profundidad de la termoclina y con el punto de generación de las ondas de Rossby intraestacionales (Mosquera et al., 2014b). Por otra parte, el segundo grupo de ondas sufrió amplificación a lo largo de su recorrido hasta alcanzar el extremo este (100°W–80°W), cuyo efecto se vio reflejado en las anomalías positivas de nivel del mar⁴ y en la profundidad de la termoclina de 20°C con valores próximos a 20 cm y 40 m respectivamente.

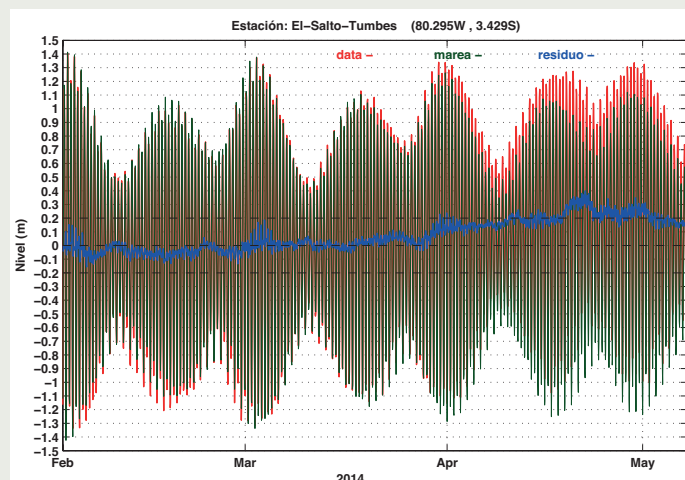


Figura 1. Serie horaria del nivel del mar (rojo), marea (verde) y residuo (azul) para el periodo de febrero a inicios de mayo del 2014 en la estación El Salto, ubicada en el Santuario Nacional de Los Manglares de Tumbes (SNLMT).

¹Durante la traslación de la Luna en torno a su órbita elíptica, que dura aproximadamente un mes, esta pasa por el punto más cercano (alejado) llamado perigeo (apogeo), lo que da lugar a mareas más intensas (débiles).

²La declinación es la medida al norte y sur del ecuador terrestre del ángulo que describe el movimiento aparente del astro (Sol o Luna para nuestro caso), cuyo valor es nulo cuando el astro pasa por el ecuador.

³Estación de fuente propia, ubicada en el Santuario Nacional de Los Manglares de Tumbes (SNLMT).

⁴Las anomalías del nivel del mar calculadas en este trabajo están referenciadas con respecto a la media de la serie.

Los impactos de la marea y la onda Kelvin en los manglares de Tumbes

Fajardo J., Takahashi K., Mosquera K.

Para analizar el efecto de las ondas Kelvin en los manglares de Tumbes, se ha graficado la anomalía del nivel del mar en la estación El Salto (Figura 2g). Se observa anomalías negativas del nivel del mar durante la segunda mitad del 2013, consistente con el evento La Niña reportado por el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) para la región Niño 1+2 (www.imarpe.pe/); sin embargo, en el Pacífico Tropical Ecuatorial se produjo actividad de dos ondas Kelvin durante el mismo periodo (Figura 2 a-f). En cambio, sí se observó un aumento sustancial del nivel del mar con pico de aproximadamente 33 cm a finales de abril del 2014, el cual fue producido por el arribo de las ondas Kelvin generadas a principios de marzo del mismo año.

Por otro lado, el análisis armónico clásico aplicado a los datos de la estación El Salto muestra que la marea representa el 99% de la varianza total. Esto es ilustrado en la Figura 1, donde se ve

claramente que, a pesar del efecto de la onda Kelvin (obtenida al quitar la componente de marea astronómica a la data de nivel del mar⁵), la variabilidad es modulada principalmente por las mareas. Se observa que durante las mareas máximas de sicigias de mediados y finales de abril del 2014, la onda Kelvin solo compensó un poco la disminución de la marea astronómica; decremento producido por el desfase de aproximadamente siete días entre el perigeo y estas sicigias (componente N_2 desfasada con M_2 y S_2). Si la onda hubiera llegado a comienzos de febrero la situación hubiera sido extraordinaria, puesto que se habrían alcanzado máximos de hasta 173 cm (140 cm de marea + 33 cm de onda Kelvin). Estos niveles anómalos de agua habrían tenido el potencial de producir inundaciones y afectar diversas actividades extractivas que se desarrollan dentro de los manglares de Tumbes. Además, queda pendiente entender la variación que podría presentarse en la dinámica de esta región debido a la colmatación de esteros, ya que en eventos El Niño extremo los caudales específicos sólidos a lo largo del Perú se incrementan de 1 a 65 veces el promedio histórico anual; con valores extremos en el norte (Morera, 2014).

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, No. 5, Mayo, Instituto Geofísico del Perú.

Morera, S., 2014: Erosión y transporte de sedimentos durante eventos El Niño a lo largo de los Andes Occidentales, Boletín técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del fenómeno del Niño", Vol. 1, No 7, Julio, Instituto Geofísico del Perú.

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 del Niño", Vol. 1, No 1, Enero, Instituto Geofísico del Perú.

Mosquera, K., D. Pareja y K. Takahashi, 2014a: 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 del Niño", Vol. 1, No 4, Abril, Instituto Geofísico del Perú.

Mosquera, K., B. Dewitte y S. Illig, 2014b: Ondas Kelvin intraestacionales en el evento El Niño del Pacífico central, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 1, No 7, Julio, Instituto Geofísico del Perú.

Pawlowicz, R., B. Beardsley, y S. Lentz, 2002: Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_TIDE, Computers and Geosciences, 28, 929-937.

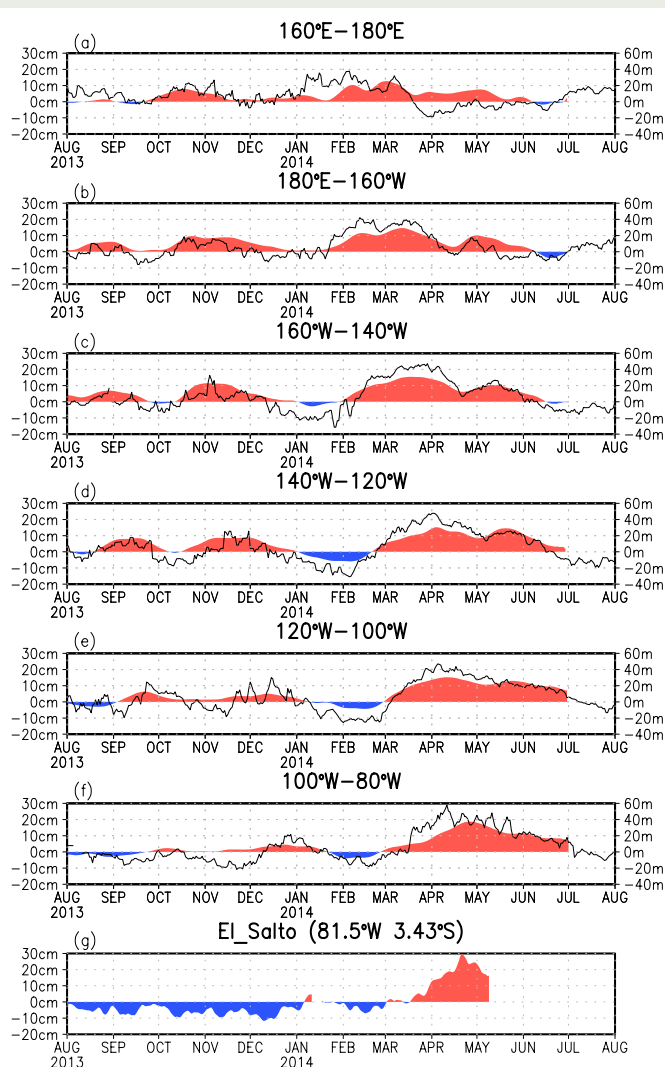


Figura 2. (a)-(f): En colores se muestra la serie temporal de la anomalía del nivel del mar ecuatorial (cm) del altímetro JASON-2, promediada en seis sectores del Pacífico y con una media móvil de cinco días. La línea negra corresponde a la anomalía de la profundidad (m) de la termoclina calculada de los flotadores ARGO promediada entre 2°S-2°N (ver Aparco et al., 2014). (g): Anomalía del nivel del mar en la estación El Salto, con una media móvil de cinco días.

⁵En realidad este residuo tiene incorporado otros procesos ondulatorios, pero para los fines de este trabajo es suficiente con la metodología propuesta.

Investigador del IGP participa en Foro Regional sobre El Niño en Piura

El 10 de setiembre el Dr. Ken Takahashi, responsable del área de Investigación en Variabilidad y Cambio Climático del Instituto Geofísico del Perú (IGP) participó en el Foro Regional “El Niño: balance y convivencia en un contexto de cambio climático”, evento coorganizado por el Gobierno Regional de Piura, la ONG Soluciones Prácticas, el Consejo de Recursos Hídricos de la Cuenca Chira Piura, Proyecto PARA-Agua y el PNUD, a través de sus proyectos TACC y DIPECHO, con su Programa de Preparación ante Desastres 2013 - 2014, de la Comisión Europea en la ciudad de Piura.

Dicho encuentro se realizó con la finalidad de reunir a la comunidad científica especializada sobre el fenómeno El Niño y poder crear un espacio donde se puedan difundir los nuevos conocimientos, tendencias, enfoques y metodologías de investigación desarrolladas sobre este tema y la gestión del riesgo de desastres. Asimismo, quiso realizar un balance de las políticas y herramientas utilizadas en la gestión y convivencia con El Niño para compartir las alternativas ya planeadas y proponer de nuevas frente a futuros eventos.



El Foro Regional se desarrolló en el Colegio de Ingenieros de Piura.



El Dr. Takahashi es parte del Comité Técnico para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño.

En el marco de este importante Foro, el especialista del IGP estuvo a cargo de la ponencia “El Niño: pronóstico e impactos

en el Perú”, a través de la cual dio a conocer los conceptos recientes y las últimas herramientas implementadas en el Perú para el monitoreo y pronóstico de eventos El Niño y sus posibles impactos. Además, resaltó el rol que el Comité Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) ha estado desarrollando para las investigaciones en este sector. También se registró una importante participación en dichas actividades de parte de los medios de comunicación, los cuales estuvieron particularmente interesados en los últimos comunicados del ENFEN y sus pronósticos para los próximos meses con respecto a un posible calentamiento de la costa peruana (Diario El Tiempo, 11 de setiembre, 2014¹).

Cabe resaltar que el Dr. Takahashi es también responsable de la actividad “Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño” en el marco del Programa Presupuestal por Resultados (PPR) 068 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres” y su participación en el Foro se dio bajo la invitación del Ing. Manuel Leiva, Coordinador del Proyecto TACC (Enfoque Territorial al Cambio Climático) en Piura y Tumbes.

¹<http://eltiempo.pe/2014/09/11/especialista-del-igp-descarta-un-nino-extraordinario-para-el-2015-en-la-region/>.

Resumen del Informe Técnico

PPR/El Niño - IGP/ 2014 - 09

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), las condiciones climáticas frente a la costa peruana son cálidas moderadas para el mes de agosto de 2014. Este resultado indica que el evento El Niño costero ha pasado de una magnitud débil a moderada. Sin embargo se observa que existe una tendencia hacia la normalización.

Los productos observacionales indican que la onda Kelvin cálida, pronosticada para llegar en setiembre, se ha atrasado y debilitado. A pesar de esto no se esperan mayores impactos en la temperatura superficial del mar (TSM) a lo largo de la costa peruana.

Índice Costero El Niño

Utilizando los datos de temperatura superficial del mar promediados sobre la región Niño1+2, actualizados hasta setiembre de 2014, del producto ERSST v3b y 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 agosto de 2014. Los valores hasta esa fecha son:

Año	Mes	ICEN	Condiciones costeras del mes
2014	Mayo	0.47	Cálida Débil
2014	Junio	1.03	Cálida Moderada
2014	Julio	1.19	Cálida Moderada
2014	Agosto	1.02	Cálida Moderada

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

El ICEN del mes de agosto de 2014 indica que la condición cálida para este mes clasifica como moderada. 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). Por lo tanto, con los últimos tres valores del ICEN (junio, julio y agosto) se establece formalmente la presencia de un evento **EL NIÑO COSTERO DE MAGNITUD MODERADA.**

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 de nivel del mar calculadas de JASON-2 (Fig. 1c; Mosquera et al., 2014), de la profundidad de la isoterma de 20°C calculada de Argo (Fig. 1b; Aparco et al., 2014), y esfuerzo de viento zonal. Tanto los datos *in situ* (TAO y Argo) como remotos (JASON-2) indican que el arribo de la onda Kelvin se ha atrasado y debilitado, por lo que no se espera mayores impactos en la TSM a lo largo de la costa peruana.

Los modelos oceánicos lineales del IGP (Mosquera, 2009, 2011, 2014) con la profundidad referencial de la termoclina uniforme (LOM1) y profundidad variable (LOM2), fueron forzados con anomalías de vientos superficiales obtenidas del NCEP-CDAS hasta el 24 de setiembre de 2014. 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). El mismo procedimiento es aplicado para el modelo lineal forzado con ASCAT.

En general, los modelos lineales, forzados con NCEP y ASCAT, indican que la onda Kelvin ya debe haber alcanzado la costa sudamericana.

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para los próximos tres meses, los pronósticos de la ATSM en el Pacífico oriental (Niño 1+2, ICEN) por los ocho modelos numéricos de las agencias internacionales analizados con condiciones iniciales del mes de setiembre, indican, en promedio, condiciones cálidas débiles en el trimestre agosto-setiembre-octubre (ASO) y, en los siguientes trimestres de setiembre-octubre-noviembre (SON) y octubre-noviembre-diciembre (OND) cinco modelos numéricos muestran condiciones cálidas débiles. Por lo tanto, los modelos numéricos, en promedio, pronostican una condición El Niño que persistiría al menos en lo que resta del invierno, con un máximo calentamiento

Resumen del Informe Técnico

PPR/El Niño - IGP/ 2014 - 09

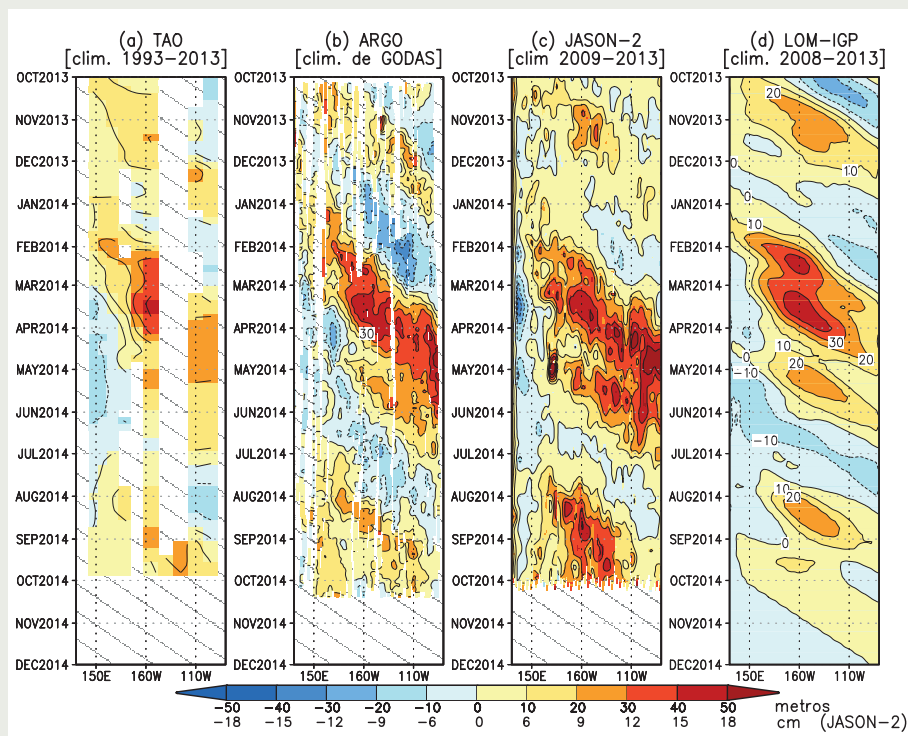


Figura 1. Diagrama longitud-tiempo a lo largo de la línea ecuatorial de la anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C (a, b y d) y del nivel del mar (c). Los datos son de a) las boyas TAO/TRITON, b) los derivadores Argo, c) el altímetro satelital JASON-2, y d) el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT, y $\text{taux}=0$ para el pronóstico). Las líneas diagonales representan una propagación hacia el este con velocidad de 2.6 m/s. (Elaboración: IGP).

en julio pasado.

Para los próximos tres meses, 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 cálidas débiles.

Para finales del año, los escenarios en el Pacífico oriental (Niño 1+2, ICEN) de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones **principalmente débiles (siete de nueve modelos)**. Para DEF y EFM de 2015 se mantiene la misma condición, es decir ocho de nueve modelos indican condiciones débiles.

Para finales del año 2014, los escenarios en el Pacífico central de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones cálidas, principalmente débiles.

Conclusiones

1. El ICEN para el mes de agosto es de 1.02°C (condición cálida moderada). Con este valor el evento El Niño costero pasó de débil a moderado. En general, los valores de ICEN muestran una tendencia a condiciones débiles y neutras.

2. Para los próximos tres meses, los pronósticos de la ATSM en el Pacífico oriental (Niño 1+2, ICEN) por los

ocho modelos numéricos de las agencias internacionales analizados con condiciones iniciales de setiembre indican condiciones **entre neutras (tres de ocho modelos) y cálidas débiles (cinco de ocho modelos) para SON; entre neutras (tres de nueve modelos) y cálidas débiles (cinco de nueve modelos) para OND; y cálidas débiles (seis de nueve modelos) para NDE.**

3. Para los próximos tres meses, los pronósticos de la ATSM en el Pacífico central (Niño 3.4) de los modelos numéricos de las agencias internacionales continúan

Modelo	Pronóstico	Inicio	Extremo	Final
CFS2	EN moderado	Mayo 2014	Setiembre 2014	Setiembre 2014
CMC1	EN moderado	Mayo 2014	Setiembre 2014	Marzo 2015
CMC2	EN moderado	Mayo 2014	Setiembre 2014	Octubre 2014
GFDL	EN moderado	Mayo 2014	Setiembre 2014	Setiembre 2014
NASA	EN moderado	Mayo 2014	Setiembre 2014	Marzo 2015
NCAR	EN moderado	Mayo 2014	Setiembre 2014	Marzo 2015
GFDL_FLOR	EN moderado	Mayo 2014	Setiembre 2014	Setiembre 2014
NCAR_CCISM4	EN moderado	Mayo 2014	Diciembre 2014	Marzo 2015
NMME(prom)	EN moderado	Mayo 2014	Setiembre 2014	Marzo 2015
ECMWF	EN	-	Febrero 2015	Febrero 2015

Tabla 2. Pronósticos de evento El Niño/La Niña en la costa según modelos climáticos con condiciones iniciales de setiembre 2014.

Resumen del Informe Técnico

PPR/El Niño - IGP/ 2014 - 09

indicando una tendencia hacia condiciones **cálidas débiles**.

4. Para **finales del año**, los escenarios en el **Pacífico oriental** (Niño 1+2, ICEN) de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones **principalmente débiles (siete de nueve modelos)**. Para enero y febrero de 2015 se mantiene la misma condición, es decir ocho de nueve modelos indican condiciones débiles.

5. Para **finales del año 2014**, los escenarios de los modelos de las agencias internacionales en el **Pacífico central** indican condiciones **cálidas**, principalmente débiles.

6. **Los productos observacionales a lo largo de la línea ecuatorial y el modelo lineal indican que existe actividad de la onda Kelvin cálida**. La onda Kelvin se ha atrasado y debilitado, por lo que no se espera mayores impactos en la TSM a lo largo de la costa peruana.

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, No. 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 of the 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 Peru, Nota Técnica ENFEN.

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

Mosquera, K. 2014: Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 1, No. 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, Magíster 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", Vol. 1, No. 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.

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, No. 3, Marzo, Instituto Geofísico del Perú.

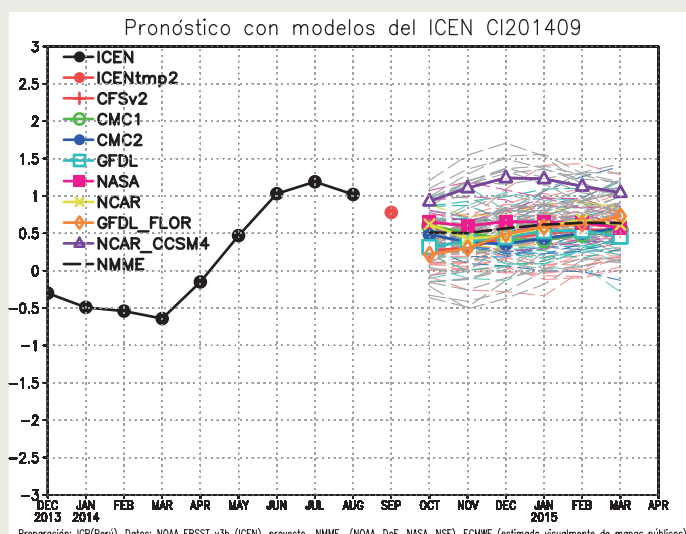


Figura 2. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y sus valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de tres meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2 por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden a los miembros de los "ensembles". Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA y GFDL_FLOR tienen como condición inicial el mes de setiembre de 2014. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de setiembre de 2014. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF).

Comunicado Oficial ENFEN

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



COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 14 - 2014 CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS VARIABLES EN LA COSTA PERUANA

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 septiembre, observándose en general, que se mantienen las condiciones neutras de la temperatura superficial del mar, de la temperatura del aire y del nivel medio del mar a lo largo de la costa peruana. Sin embargo, el arribo de la onda Kelvin cálida a mediados de septiembre profundizó la termoclina en la zona norte. Asimismo, las aguas oceánicas de mayor salinidad continuaron cercanas a la costa central del Perú. Este escenario continúa afectando la distribución de la anchoveta.

Por otro lado, se confirma que El Niño Costero continúa y durante el invierno ha alcanzado una magnitud cálida moderada.

Para fines de año, se espera el arribo de una nueva onda Kelvin cálida débil descartándose el desarrollo de un evento El Niño fuerte o extraordinario.

Durante el mes de septiembre, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) presentó una anomalía de hasta +6 hPa. Si bien el APS se mostró intenso, su alejamiento de la costa sudamericana durante la primera quincena, ocasionó la disminución de los vientos en el litoral costero; pero luego, su rápida aproximación hacia la costa en la última semana del mes, produjo la intensificación de los vientos en la costa central y sur del litoral peruano.

En la costa peruana, la temperatura superficial del mar, la temperatura del aire y el nivel medio del mar presentaron, en promedio, valores alrededor de su normal; sin embargo, a mediados del mes se observó su incremento, principalmente en la costa norte debido al arribo de la onda Kelvin.

La aproximación de aguas oceánicas superficiales hacia la costa por efecto del debilitamiento de los vientos, así como la permanencia de aguas cálidas en capas profundas del mar por la persistencia de ondas Kelvin durante los últimos meses, han reducido significativamente el área de distribución de la anchoveta, principalmente en la costa norte y centro del Perú. No obstante la poca disponibilidad de nutrientes y la baja oferta alimenticia, la anchoveta continuó su periodo de desove dentro del patrón histórico.

El Índice Costero El Niño (ICEN), cuyo monitoreo se realiza en la región Niño 1+2, indicó un valor de 1.02°C para el mes de agosto, mostrando hasta ahora cuatro meses consecutivos de condiciones cálidas, de los cuales los últimos tres meses pertenecen al rango de cálidas moderadas. Esto indica que, El Niño costero, habría

pasado de una magnitud cálida débil a marginalmente cálida moderada con mayor intensidad en el mes de julio. Actualmente se observa una tendencia hacia la normalización.

El mes de septiembre de 2014 marca el inicio del año hidrológico 2014-2015. Los caudales de los ríos de la costa norte se caracterizaron por estar dentro de sus valores normales, mientras que los de la zona sur, por debajo del promedio.

Los principales reservorios en la costa norte registraron 57% y en la costa sur 37% de capacidad de almacenamiento. Los reservorios están entregando recurso hídrico a los valles, reduciendo sus volúmenes de almacenamiento.

PERSPECTIVAS

En el océano Pacífico ecuatorial, se observa la propagación de una nueva onda Kelvin cálida débil cuyo núcleo estaría arribando a la costa peruana en diciembre del presente año.

En la costa peruana se espera que la temperatura superficial del mar, la temperatura del aire y el nivel medio del mar continúen con valores alrededor de su normal durante el mes de octubre.

Para fines de año, en las regiones Niño 1+2 y Niño 3.4, los modelos numéricos prevén condiciones cálidas débiles.

El Comité Multisectorial ENFEN, de acuerdo con el análisis de las condiciones actuales y los resultados de los modelos numéricos, prevé la continuación de condiciones cálidas en la región Niño 1+2 hasta fines de año y no se espera el desarrollo de un evento El Niño fuerte o extraordinario.

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

Callao, 07 de octubre de 2014





© 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:

