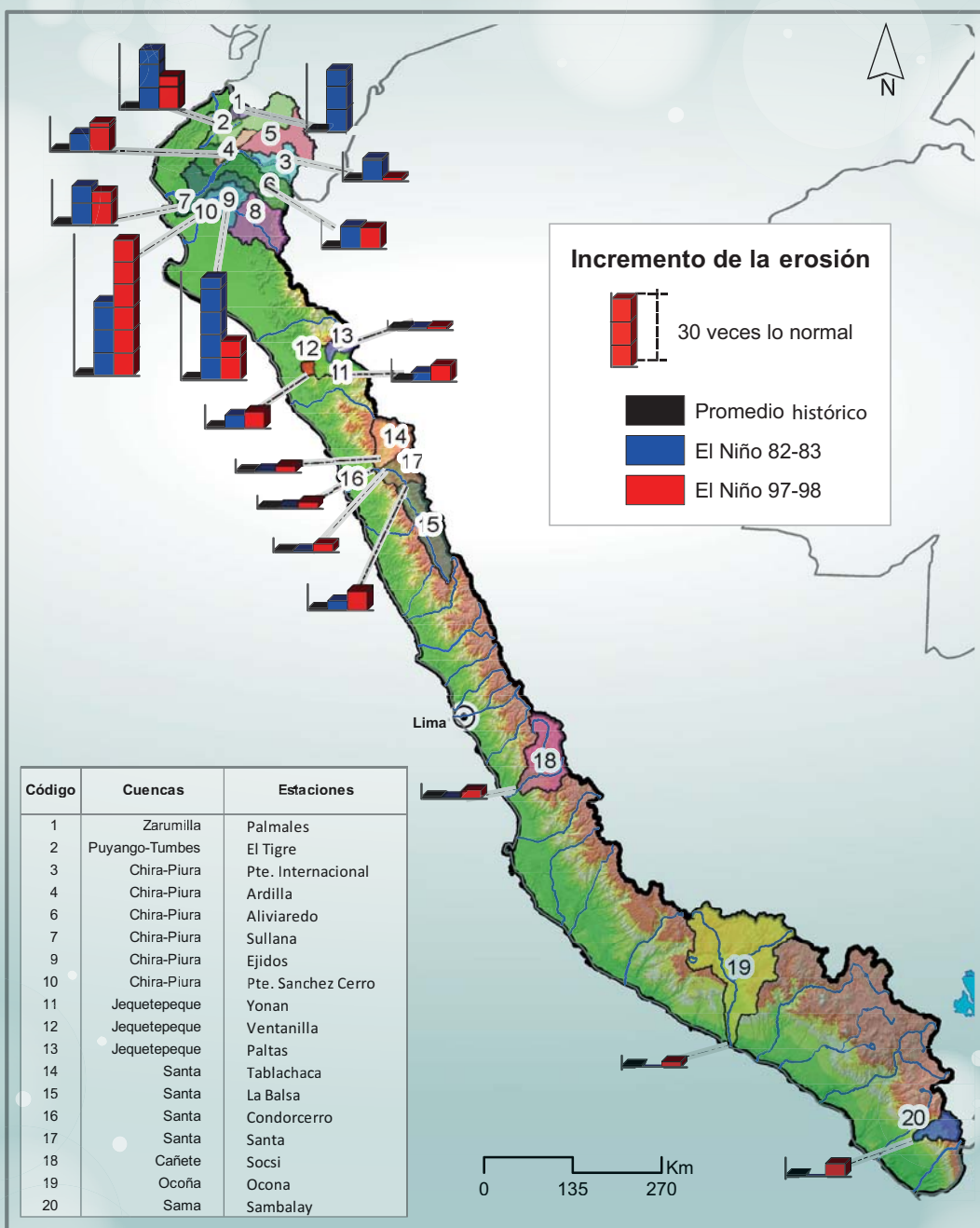


Programa Presupuestal por Resultados N° 068: "Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres" Producto: "Entidades informadas en forma permanente y con pronósticos frente al Fenómeno El Niño"

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

Boletín Técnico



Contenido

2 - 3 Introducción

4 - 7 Artículo de Divulgación Científica

8 - 9 Avances de Investigación

10 Novedades

11 - 13 Resumen Informe Técnico

14 - 15 Comunicado Oficial ENFEN

Programa Presupuestal por Resultados N° 68 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”.

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

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

Manuel Pulgar Vidal
Ministro del Ambiente

Ronald Woodman
Presidente Ejecutivo IGP

José Macharé
Director Técnico IGP

Ken Takahashi
Responsable Producto El Niño - IGP

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

Edición: Cristiana Leucci
Diseño y Diagramación: Dante Guerra

Carátula: Morera. Ver figura y leyenda en la página 6.

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

Impreso por:
Lettera Gráfica SAC
Jr. Emilio Althaus 460 Lince
Teléfono (511) 4710700

Lima, Agosto del 2014

Hecho el Depósito Legal en la
Biblioteca Nacional del Perú N° 2014-11537

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.

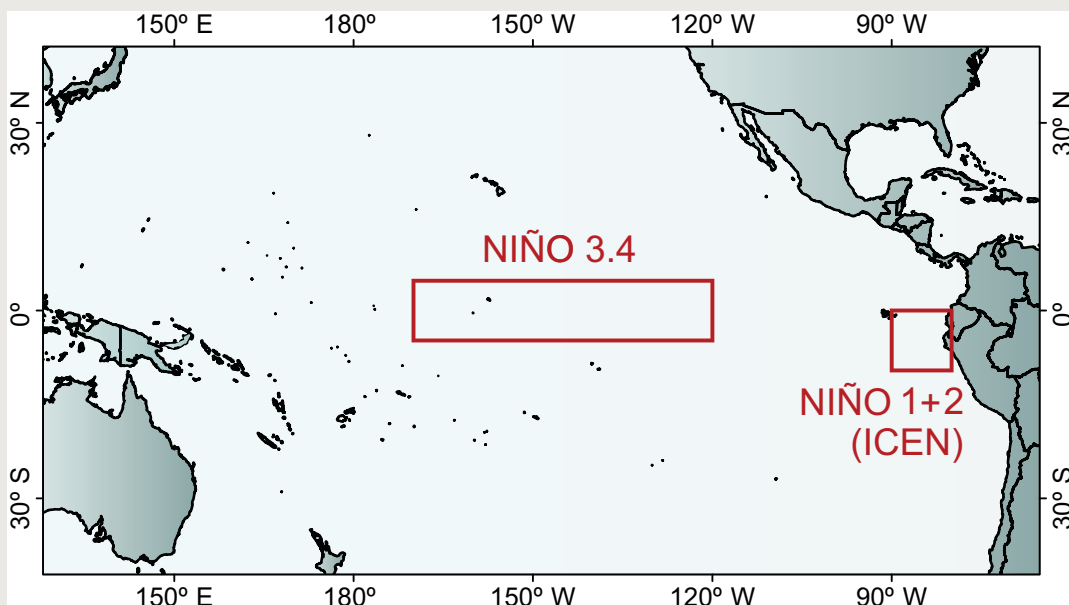
El ENFEN es el ente que genera la información oficial de monitoreo y pronóstico del Fenómeno El Niño y otros asociados.

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 Amazonia peruana.

Erosión y transporte de sedimentos durante eventos El Niño a lo largo de los Andes occidentales

Caracterización del área de estudio

La vertiente del Pacífico peruano ocupa el 21.8% de la superficie del territorio nacional (ANA, 2009) y está situada entre los 2° y 18° de latitud sur (Figura 1). Sus cuencas montañosas sufren un intenso desgaste físico-químico de los suelos (proceso de desertificación). Además, son el origen y la principal fuente de recursos hídricos para el 65% de la población peruana. Por otra parte, los principales y más grandes proyectos hidráulicos del Perú se encuentran en esta región. En este sentido, el aprovechamiento del recurso hídrico (poblacional, hidro-electricidad, irrigación, etc.) es puesto en riesgo debido a las altas cargas del sedimento fluvial, las cuales afectan los ecosistemas acuáticos, disminuyen el tiempo de vida útil de las obras hidráulicas e incluso contribuyen a los conflictos debido a la disminución de la disponibilidad del agua (calidad del agua). La vertiente del Pacífico presenta un fuerte gradiente climático-altitudinal, que va desde un clima ecuatorial en el norte hasta la zona más desértica en el sur. A ello se suma una fuerte y compleja variabilidad espacio-temporal del ciclo hidrológico producida a nivel diario, estacional e interanual y muchos autores (Aceituno, 1988; Marengo et al., 1998; Soden, 2000; Garreaud y Aceituno, 2001; Rao et al., 2002) atribuyen la variabilidad climática interanual a El Niño, siendo esta influencia particularmente marcada en la costa norte (ver Lavado y Espinoza, 2014; Woodman y Takahashi, 2014). En resumen, esta región andina es un laboratorio natural ideal para estudiar el comportamiento regional de las tasas de erosión, así como los procesos que intervienen en sus cuencas.

Estrategias de muestreo para detectar el ciclo de la producción de sedimentos en cuencas de montaña

La incertidumbre es una característica inherente de las mediciones de los procesos en los sistemas de los recursos hídricos (ej: Rajé y Mujumdar, 2010). Más aún cuando se producen fenómenos El Niño extraordinarios (1982-83 y 1997-98; ver Takahashi, 2014), donde las cuencas de montañas tropicales producen grandes cantidades de sedimentos, que varían ampliamente especialmente durante eventos de crecidas (e.g.; Dietrich y Dunne, 1978; Meybeck et al., 2003).

Basando el análisis en registros continuos de los niveles del agua, material en suspensión (MES), horario y aforos periódicos, se evaluó la incertidumbre durante la estimación anual y mensual de los flujos de sedimentos en cuatro cuencas de montaña (1757-10411 km²). La información obtenida fue descompuesta en una base de datos numéricos con el fin de simular nuevas series de muestreo a diferentes frecuencias (diaria, pentadaria, semanal, decadiaria, mensual, bimensual) a partir de las cuales se analizó la incertidumbre producida por



Dr. Sergio B. Morera Julca
Investigador Científico del
Instituto Geofísico del Perú

Doctor en Recursos Hídricos e Ingeniero de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Actualmente es investigador científico en el Instituto Geofísico del Perú (IGP), donde se desempeña como especialista en hidrología y transporte de sedimentos fluviales para el área de Investigación en Variabilidad y Cambio Climático. Recientemente sus estudios están enfocados en contribuir al entendimiento de la dinámica de las tasas de erosión a lo largo de los Andes centrales mediante el monitoreo in situ del flujo sólido total, así como el tratamiento de bases de datos fisiográficos y climáticos globales.

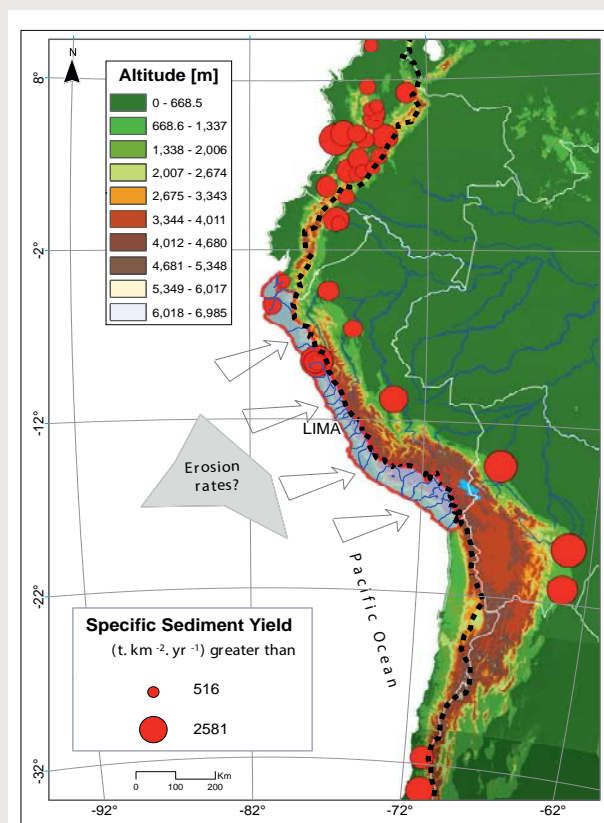


Figura 1. Recopilación de la distribución espacial de la producción de sedimentos a lo largo de los Andes hacia el piedemonte o la vertiente del Pacífico, Atlántico y Caribe. Los círculos en rojo están en proporción al caudal sólido específico; el centroide da la ubicación de la estación donde se monitorea la cuenca (Morera et al., 2013a). El área sombreada indica la ausencia del conocimiento de la transferencia de los sólidos a lo largo de los Andes occidentales.

una estrategia de muestreo a baja frecuencia. Mediante pruebas estadísticas comparamos los datos modelados y los observados al percentil de 25 y 75 y se observó una alta variabilidad temporal reflejada en un amplio rango de la desviación estándar que va desde 1.3 hasta 11.7 veces su magnitud. Los resultados indican que la estrategia de muestreo para las cuencas altoandinas estudiadas puede variar entre seis a doce días (moderado), lo cual produciría una subestimación del ~20% durante una estimación anual de la producción de sedimentos (SY). Por otro lado, para estimar la SY a nivel mensual y durante la época de lluvias (enero-abril) se requiere un intervalo de muestreo que va de uno a cinco días (intenso) y que incluiría un error de $\pm 40\%$. Sin embargo, para el periodo de estiaje (junio-setiembre) puede ser realizado una vez al mes, con un error del $\pm 45\%$ y representa menos del 2% de la estimación de la SY a una escala anual. La caracterización de la estrategia de muestreo en época húmeda durante eventos El Niño extraordinarios (1982-83 y 1997-98), muestra que las frecuencias de muestreo antes mencionadas deben de reducirse a la mitad de tiempo (muestreo de intenso a automático), en el cual el error anual asciende a 300% (mayor información en Morera et al., 2013b).

Transporte de los flujos sólidos durante años normales

El presente año Morera (2014) cuantificó y caracterizó la señal de la magnitud y frecuencia del transporte de sedimentos desde los Andes hacia el Océano Pacífico. Las muestras de sedimentos fueron tomadas a la salida de veinte cuencas (638-16949 km²), ubicadas entre los 2 y 18° de latitud sur. El análisis estadístico de las series diarias y subdiarias revela un fuerte gradiente latitudinal y longitudinal, con escorrentías que fluctúan entre 2.4 y 25.3 l.km².año⁻¹, así como un amplio rango de caudal sólido específico que va de 26 a 1948 t.km².año⁻¹. Los resultados señalan que hay una muy fuerte variación temporal de los flujos sólidos donde el material en suspensión muestra una respuesta inmediata a la escorrentía durante los picos de descarga. El análisis interanual entre la escorrentía y la producción de sedimentos indica una correlación que varía entre $0 < r < 9.0$ ($p < 0.05$) a lo largo del Pacífico.

Contribución de eventos El Niño extraordinarios a la erosión en cuencas de montaña

La transferencia de materiales sólidos desde las cabeceras de cuencas hacia las áreas costeras y/o mar refleja la denudación de los continentes y contribuye a nuevos depósitos ambientales.

Durante años normales la producción de sedimentos es influenciada por la presencia de montañas (pendiente y elevación), geología, cobertura vegetal, clima y actividad antrópica. Sin embargo, durante eventos El Niño, el movimiento de grandes volúmenes de sedimentos es frecuente y se presenta mediante un proceso de erosión rápido y dramático. Es así que, bajo estos escenarios se encuentran eventos catastróficos con mayor frecuencia (deslizamientos), debido al largo gradiente de energía potencial entre las partes altas y el piedemonte.

En el norte del Perú los caudales incrementan fuertemente durante los eventos El Niño. La resuspensión de los granos de sedimento finos del fondo del río con el aumento del caudal es la causa del mayor incremento de los sólidos suspendidos. Cuando esto sucede en series repetitivas el sedimento disponible en el lecho se irá agotando. Sin embargo, durante periodos de calma, los sedimentos del lecho se sustituyen por el depósito de sedimentos recién erosionados. Como resultado, una gran dispersión se observa a menudo en la relación a corto plazo entre la concentración de sedimento y la descarga del río. Este proceso causa en los datos una sucesión de curvas de histéresis en sentido horario, como se observa para la estación El Tigre (Figura 3). Para el caso específico de las cuencas en el norte y sur del Perú, lo antes mencionado se agrava considerando que los eventos de descarga críticos, muy frecuentes durante El Niño, removerán y transportarán el sedimento de la ladera de la cuenca y del lecho del río. Las arenas, limos y arcillas transportados por estos eventos intensos causarán la obstrucción de los poros del suelo afectando la permeabilidad del suelo e incrementando la escorrentía en toda la superficie de la cuenca. Otra característica de los El Niño extraordinarios es el incremento del área que participa en la SY, debido a la presencia

de fuertes precipitaciones en la cuenca baja (zona árida y semiárida) que llegan a formar lagunas aluviales en la costa norte del Perú. En resumen, las tasas de erosión a lo largo de los Andes se incrementan en mayor orden debido a la alta frecuencia de los eventos de crecida extremos, los cuales, a la vez, activan la remoción del amplio stock de sedimentos disponibles en el lecho del río y las laderas.

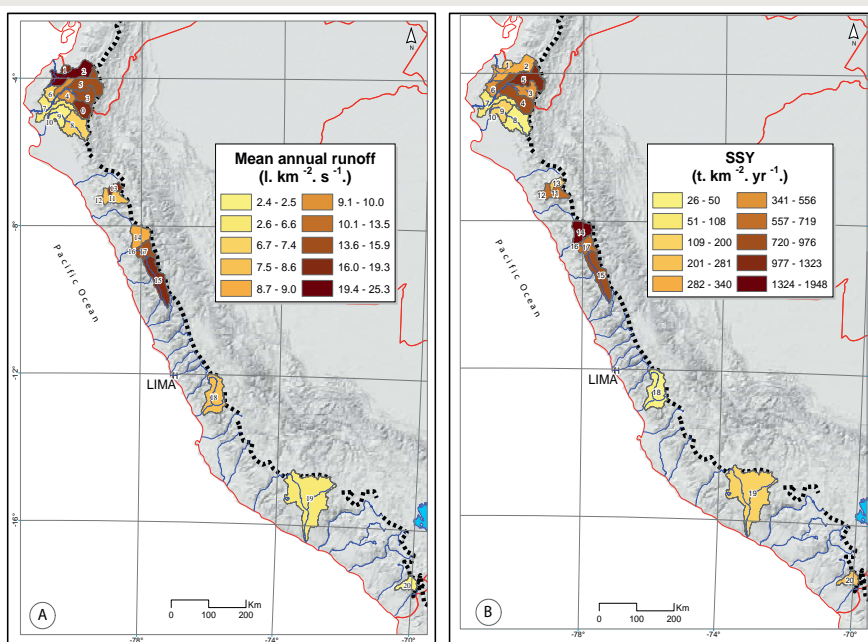


Figura 2. a) Fuerte gradiente latitudinal y longitudinal de la escorrentía en los Andes occidentales. b) Variabilidad espacial los flujos sólidos a lo largo de la costa del Perú; no guarda una clara relación espacial con la escorrentía. Se observa un fuerte gradiente longitudinal, con las mayores tasas de erosión en el norte y centro. Las tasas de erosión más bajas se encuentran en el sur durante años hidrológicos normales.

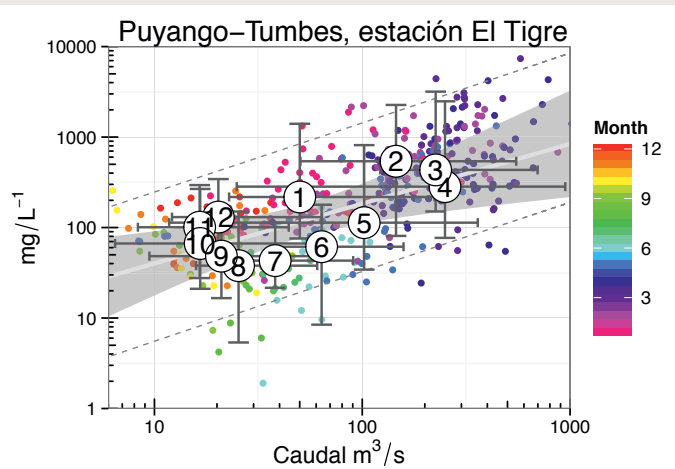


Figura 3. Correlación log-log entre los registros históricos del caudal líquido y la materia en suspensión de la cuenca Puyango-Tumbes a la altura de la estación hidrosedimentológica El Tigre. El color de los puntos indica el mes de registro. La numeración en los círculos blancos representa el promedio mensual de los registros. Las barras de error están calculadas en base al cuantil 5 y 95 de los datos mensuales. La línea central representa la relación entre el caudal y la materia en suspensión para el periodo (2004-2013) y las líneas punteadas representan las tendencias a un 10 y 90 percentil.

La Figura 4 muestra las tasas de erosión estimadas para el El Niño extraordinario 1982-1983 y 1997-1998 que fueron calculadas a partir de datos observados y estimadas a partir de la curva de gasto sólido. A pesar de la incertidumbre que genera, esta curva da un estimado de las masas de caudal sólido durante dichos eventos. La cuantificación de la producción de sedimentos durante los eventos El Niño extraordinarios muestra que las variaciones temporales son decisivas para el transporte de sedimentos a lo largo de la costa peruana. Las tasas actuales de erosión cambiarían fuertemente de 1 a 65 veces el promedio histórico**, encontrando las mayores tasas en el norte el Perú. Las tasas de erosión observadas en la Figura 4 para este evento marcan cifras críticas a nivel mundial. Finalmente, la variabilidad espacial es mucho más marcada en el norte del Perú.

Nuevo estado del arte de la sedimentología en el Perú

Documentar las tasas de erosión, sus patrones y procesos es crucial para la caracterización de su evolución en una región montañosa. Sin embargo, el principal reto para el estudio de los sedimentos es el registro y la disponibilidad de la información hidro-sedimentológica.

Recientes investigaciones corroboraron la importancia del aporte de las cuencas de montaña en el balance anual global del transporte de sedimentos fluviales (ej: Farnsworth y Milliman, 2003). En América del Sur la mayor producción de sedimentos (SY) proviene de los Andes (Gibbs, 1967; Guyot et al., 2007; Meade, 2007; Laraque et al., 2009), sin embargo, estudios del caudal sólido específico (SSY)*** a lo largo de los Andes muestran un gran vacío en el monitoreo y cuantificación del SSY en cuencas de los Andes occidentales (Figura 1). Por ejemplo, Pepin et al. (2013) cuantificaron los caudales específicos más elevados en los Andes orientales de Bolivia (río Beni) con un promedio de 3000 t.km².año⁻¹; Restrepo et al. (2006) para Colombia cuantificaron las tasas más elevadas en el río andino de Carare 2200 t.km².año⁻¹; Pépin et al., (2010) en los Andes chilenos en el río Maipo un máximo de 1780 t.km².año⁻¹ y Laraque et al. (2009) para el río Napo, en los Andes de Ecuador, 1577 t.km².año⁻¹; para el Perú, Morera et al. (2011) reportaron 2204 t.km².año⁻¹ para la cuenca del Tablachaca. Esta última estimación hace de la vertiente del Pacífico una zona interesante para la cuantificación de las tasas de erosión. No obstante dichos avances, en el Perú lo alcanzado en el transporte de sedimentos ha sido limitado en comparación con otras ramas de la hidrología. Recientemente una nueva e inédita base de datos de sedimentos a corto y largo alcance (1948-2012) fue puesta a disposición (Morera, 2014) con registros continuos de los niveles del río, aforos periódicos, registros de turbidez y material en suspensión (MES) horario. El monitoreo del área en estudio se realiza desde veinte estaciones de piedemonte (638-16949 km²). Los resultados mostraron una alta variación temporal de los flujos de sedimentos donde el MES responde inmediatamente a la escorrentía durante las descargas pico. El análisis estadístico

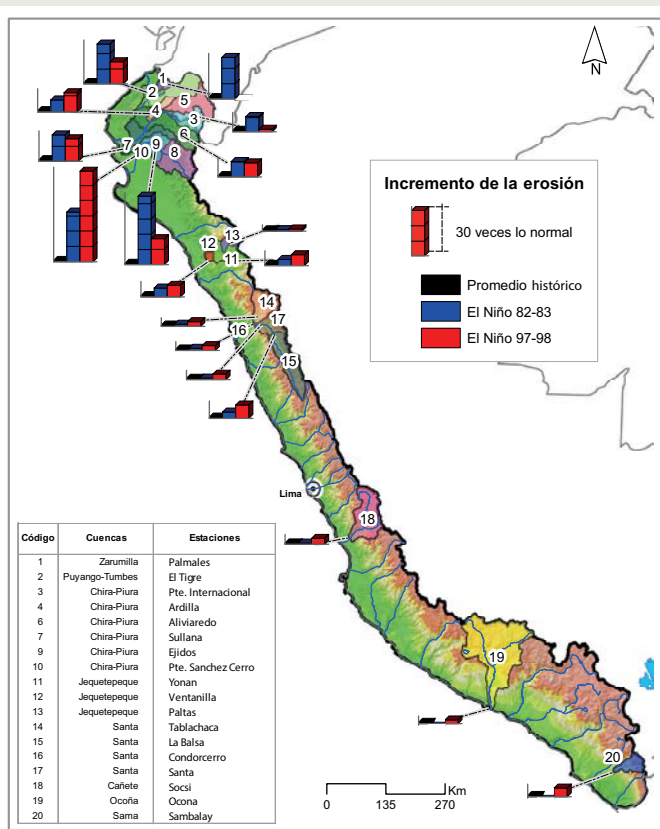


Figura 4. Variación espacial de la transferencia de los flujos sólidos normalizada* en los Andes occidentales durante años normales y durante El Niño extraordinarios 1982-83 y 1997-98. Para el área en estudio se puede observar un fuerte gradiente longitudinal, con las mayores tasas en el norte y las menores tasas en el sur durante años hidrológicos normales.

*Normalizada en base al promedio histórico del caudal sólido específico.

**El promedio histórico no incluye los años El Niño 82-83 y 97-98.

***SSY: el caudal sólido específico es la producción de sedimentos normalizada por el área de la cuenca.

de las series diarias y subdiarias indica un fuerte gradiente latitudinal y longitudinal, cuyos rangos de escorrentía varían de 2.4 a 25.3 l.km².s⁻¹; mientras que el caudal sólido específico presenta rangos mucho más críticos (26 a 1948 t.km².año⁻¹). Un análisis inter-anual entre la escorrentía y los caudales específicos sólidos (SSY) muestran un amplio rango de correlación $0 < r < 0.9$ ($p < 0.05$) a lo largo de la vertiente del Pacífico. Por otra parte, la variación temporal y espacial de los flujos sólidos en el Perú se incrementa dramáticamente durante eventos extremos (ej. El Niño 1982-83 y 1997-98). Como consecuencia los caudales específicos sólidos se incrementan de 1 a 65 veces el promedio histórico anual, estas muestran un amplio rango de sensibilidad de erosión frente a eventos extremos a lo largo de los Andes occidentales.

Referencias

- Aceituno, P., 1988: On the Functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector. Part I: Surface Climate, *Monthly Weather Review*, 116: 505-524, doi: 10.1175/1520-0493(1988)116<0505:OTFOT S>2.0.CO;2.
- ANA, 2009: Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos del Perú, Comisión técnica multisectorial.
- de Vente, J., J. Poesen, G. Verstraeten, G. Govers, M. Vanmaercke, A. Van Rompaey, M. Arabkhedri, and C. Boix-Fayos, 2013: Predicting soil erosion and sediment yield at regional scales: Where do we stand?, *Earth-Science Reviews*, 127 (0): 16-29, doi: 10.1016/j.earscirev.2013.08.014.
- Dietrich, W. E., and T. Dunne, 1978: Sediment budget for a small catchment in mountainous terrain, *Zeits, Geomorphology*, 29, 191-206.
- Farnsworth, K. L., and J. D. Milliman, 2003: Effects of climatic and anthropogenic change on small mountainous rivers: The Salinas River example, *Global and Planetary Change*, 39, 53-64, doi: 10.1016/S0921-8181(03)00017-1.
- Garreaud, R., and P. Aceituno, 2001: Interannual rainfall variability over the South American Altiplano, *Journal of Climate*, 14, 2779-2789.
- Gibbs, R. J., 1967: The geochemistry of the Amazon River system: Part I. The factors that control the salinity and the composition and concentration of the Suspended Solids, *Geological Society of America Bulletin*, 78, 1203-1232.
- Gupta, A., 2007: *Large Rivers Geomorphology and Management*, England: John Wiley & Sons, Ltd, 659.
- Guyot, J. L., J. M. Jouanneau, L. Soares, G. R. Boaventura, N. Maillet, and C. Lagane, 2007: Clay mineral composition of river sediments in the Amazon Basin, *Catena*, 71, 340-356.
- Lagos, P., Y. Silva, E. Nickl, and K. Mosquera, 2008: El Niño - related precipitation variability in Peru, *Advances in Geosciences*, 14, 231-237, doi: 10.5194/adgeo-14-231-2008.
- Laraque, A., C. Bernal, L. Bourrel, J. Darrozes, F. Christophoul, E. Armijos, P. Fraizy, R. Pombosa, and J. L. Guyot, 2009: Sediment budget of the Napo River, Amazon basin, Ecuador and Peru, *Hydrological Processes*, 23, 3509-3524, doi: 10.1002/hyp.7463.
- 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.
- Marengo, J. A., J. Tomasella, and C. R. Uvo, 1998: Trends in streamflow and rainfall in tropical South America: Amazonia, eastern Brazil, and northwestern Peru, *Journal of Geophysical Research*, 103 (D2), 1775-1783, doi: 10.1029/97JD02551.
- Meade, R., 2007: *Large Rivers Geomorphology and Management*, England: John Wiley & Sons, Ltd, 45-64.
- Meybeck, M., L. Laroche, H. H. Durr, and J.P.M. Syvitski, 2003: Global variability of daily total suspended solids and their fluxes in rivers, *Global and Planetary Change*, 39, 65-93.
- Montecinos, A., and P. Aceituno, 2003: Seasonality of the ENSO-Related Rainfall Variability in Central Chile and Associated Circulation Anomalies, *Journal of Climate*, 16 (2), 281-296, doi: 10.1175/1520-0442(2003)016<0281:SOTERR>2.0.CO;2.
- Morera, S. B., 2014: Magnitud, frecuencia y factores que controlan los flujos sedimentarios desde los Andes centrales occidentales hacia el océano Pacífico peruano, *Doctoris Philosophiae, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Peru*, 176.
- Morera, S. B., T. Condom, A. Crave, P. Vauchel, and C. Galvez, 2011: Erosion rates and dynamics flow of sediments over the Santa River Basin in Peru, *Revista Peruana geo-atmosférica, Geo-Armosférica*, 3, 25-37.
- Morera, S. B., T. Condom, P. Vauchel, J. L. Guyot, C. Galvez, and A. Crave, 2013a: Pertinent spatio-temporal scale of observation to understand suspended sediment yield control factors in the Andean Region: the case of the Santa River (Peru), *Hydrology and Earth System Sciences*, 17, 4641-4657, doi: 10.5194/hess-17-4641-2013.
- Morera, S. B., A. Mejia-Marcacuzco, J. L. Guyot, C. Gálvez, F. Salinas, M. Collas, and E. Ingol-Blanco, 2013b: Uncertainty in Suspended Sediment Load Estimates for Mountain Rivers. Case of Study of Central Andes in Peru, Paper presented at the World Environmental and Water Resources Congress, Cincinnati, Ohio. 3216-3225, doi: 10.1061/9780784412947.318.
- Pépin, E., S. Carretier, J. L. Guyot, and F. Escobar, 2010: Specific suspended sediment yields of the Andean rivers of Chile and their relationship to climate, slope and vegetation, *Hydrological Sciences Journal*, 57 (7), 1190-1205.
- Pépin, E., J. L. Guyot, E. Armijos, H. Bazan, P. Fraizy, J. S. Moquet, L. Noriega, W. Lavado, R. Pombosa, and P. Vauchel, 2013: Climatic control on eastern Andean denudation rates (Central Cordillera from Ecuador to Bolivia), *Journal of South American Earth Sciences*, 44, 85-93, doi: 10.1016/j.jsames.2012.12.010.
- Raje, D., and P. P. Mujumdar, 2010: Reservoir performance under uncertainty in hydrologic impacts of climate change, *Advances in Water Resources*, 33, 312-326, doi: 10.1016/j.advwatres.2009.12.008.
- Rao, B., C. Santo, and S. Franchito, 2002: A Diagnosis of Rainfall over South America during the 1997/98 El Niño Event. Part I: Validation of NCEP NCAR Reanalysis Rainfall Data, *Journal of Climate*, 15, 502-511.
- Restrepo, J. D., P. Zapata, J. M. Díaz, J. Garzón-Ferreira, and C. García, 2006: Fluvial fluxes into the Caribbean Sea and their impact on coastal ecosystems: The Magdalena River, Colombia, *Global and Planetary Change*, 50, 33-49, doi: 10.1016/j.gloplacha.2005.09.002.
- Soden, B., 2000: The Sensitivity of the Tropical Hydrological Cycle to ENSO, *Journal of Climate*, 13, 538-549.
- 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.
- Thomas, R., and M. Meybeck, 2003: *The use of particulate material Water Quality Assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*, London and New York: UNESCO, WHO & UNEP, 626.
- Tote, C., G. Govers, S. Van Kerckhoven, I. Filiberto, G. Verstraeten, and H. Eerens, 2011: Effect of ENSO events on sediment production in a large coastal basin in northern Peru, *Earth Surface Processes and Landforms*, 36, 1776-1788, doi: 10.1002/esp.2200.
- Woodman, R., y K. Takahashi, 2014: ¿Por qué no llueve en la costa del Perú (salvo durante El Niño)?, *Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño"*, Vol. 1, N°6, Junio, Instituto Geofísico del Perú.

Ondas Kelvin intraestacionales en el evento El Niño del Pacífico central

Kobi Mosquera¹, Boris Dewitte² y Serena Illig²

¹Instituto Geofísico del Perú

²Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales

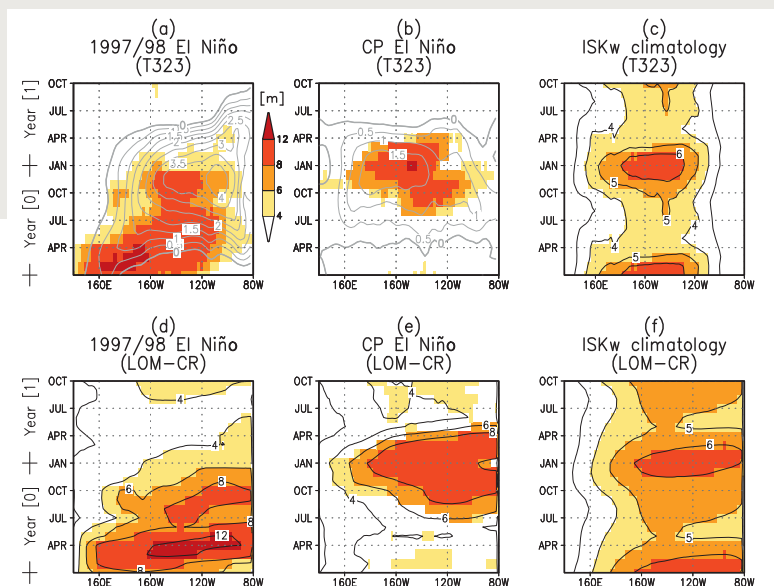
A continuación se describe un extracto del estudio "The Central Pacific El Niño Intraseasonal Kelvin wave", realizado con la colaboración del *Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales* (LEGOS) de Francia y enviado en abril al *Journal of Geophysical Research-Oceans* para su revisión. Se espera que los resultados de este trabajo contribuyan a un mejor entendimiento de la evolución de la onda Kelvin a lo largo del Pacífico ecuatorial y su rol en el desarrollo y evolución de los eventos El Niño. Este tema de investigación se ha reanudado en el ambiente científico debido a la mayor frecuencia, en los últimos 15 años, de eventos El Niño del Pacífico Central (CPEN, en inglés *Central Pacific El Niño*).

La investigación examina, en un primera fase, las características de la onda Kelvin Intraestacional (ISKw, en inglés *Intraseasonal Kelvin Wave*) en el Océano Pacífico ecuatorial empleando las observaciones *in situ* provenientes del Proyecto TAO (*Tropical Atmosphere Ocean Project*; Hayes et al., 1991; McPhaden et al., 1998) y los resultados de un modelo oceánico de circulación general (OGCM, en inglés *Oceanic General Circulation Model*) para el periodo 1989-2011. El análisis de la información muestra que la variación intraestacional de la temperatura del mar se destaca en la región de la termoclina y no en la superficie, donde la variación es muy débil, lo que está asociado a la contribución de la onda Kelvin sobre la anomalía de la profundidad de la

termoclina.

Es evidente que CPEN, a diferencia de los años donde no hubo evento El Niño, está asociado al incremento de la actividad de la ISKw. El máximo de la variabilidad de la ISKw se da en la fase madura de los CPEN y es distinto a lo que se observa en un evento extremo como El Niño 1997/1998, en donde la máxima actividad de la ISKw se dio con una antelación de cinco a seis meses. Por otro lado, mientras el pico de la variancia de las ISKw durante un CPEN es forzado por el viento, las ondas Kelvin al este del Pacífico muestran un cambio drástico en sus características (ver Figura 1). Esto no puede deberse a una simple disipación lineal o a un forzamiento del viento. Se observa que la región en la cual las ISKw empiezan fuertemente a disiparse coincide con la zona de máximo gradiente zonal de la profundidad de la termoclina (~120°W) y con el punto en el que ondas de Rossby intraestacionales se originan. Tampoco este proceso puede ser explicado por un modelo lineal (ver Figura 2), por lo que se sugiere que existe dispersión de la energía de la ISKw conforme se propaga hacia el este y en las reflexiones parciales en el frente densidad. Esto se corrobora también con un análisis de flujo de energía en la dirección este-oeste, usando las salidas del OGCM, así como con los cambios espectrales de las fluctuaciones de la termoclina observada de TAO.

Figura 1: Diagrama longitud-tiempo de la actividad de la ISKw (media cuadrática móvil de tres meses) para T323¹ (paneles superiores) y LOM-CR² (paneles inferiores): para El Niño 1997/1998 (paneles del lado izquierdo), compuesto de CPEN (paneles del centro) y el promedio del ciclo estacional (paneles de la derecha). Las unidades están en metros. El año [0] en el eje temporal de (a, b, d y e) se refiere a los años de la evolución de El Niño, en el cual se observa que el pico está alrededor de diciembre del año [0]. Las anomalías interanuales de la TSM de T323 correspondientes a los eventos El Niño 1997/1998 y CPEN están graficadas en contornos grises en (a) y (b), respectivamente.



Ondas Kelvin intraestacionales en el evento El Niño del Pacífico central

Mosquera K., Dewitte B. & Illig S.

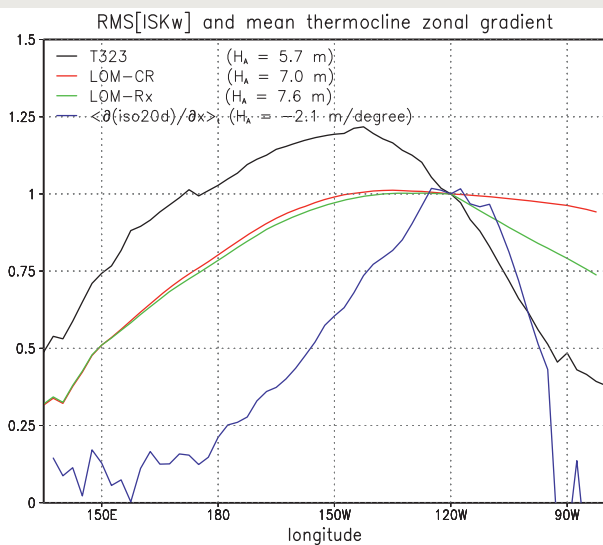


Figura 2: Media cuadrática (RMS) de ISKw para T323¹ (línea negra), LOM-CR² (línea roja) y LOM-Rx³ (línea verde). La línea azul muestra la media temporal del gradiente zonal de la profundidad de la termoclina de T323. Los valores no tienen dimensiones, ya que han sido divididos por sus respectivos valores en 120°W (indicado como H_A en la esquina superior izquierda).

Los resultados de este trabajo pueden tener implicancia en la comprensión de la modulación de El Niño Oscilación Sur (ENSO), en particular, en lo que respecta a la mayor frecuencia de eventos CPEN en la última década (Yeh et al, 2009; Lee y McPhaden, 2010). A la luz de estos resultados, se puede establecer la hipótesis de que un aumento en el gradiente zonal de la profundidad de la termoclina favorece la dispersión modal de la ISKw. Este escenario impide la propagación libre de estas ondas en el extremo este del Pacífico, lugar en donde se podría activar una respuesta del viento local por medio del impacto de las ISKw en la Temperatura Superficial del Mar (TSM) a través de la fuerte advección vertical de la anomalía de la temperatura del mar producida por la velocidad vertical climatológica (proceso conocido como *thermocline feedback*) en dicha región. Curiosamente, desde finales de los años 90, el Pacífico tropical ha ingresado a un estado tipo La Niña (cf. Xiang et al., 2013) que está asociado a una termoclina un poco más inclinada. El estado actual estaría relacionado a un modo decadal del gradiente zonal de la termoclina en el Pacífico ecuatorial (Choi et al., 2011). Esta característica ha sido también sugerida, a partir de observaciones, para la transición del estado promedio desde el año 2000 (McPhaden et al., 2011).

La ISKw podría estar “atrapada” en el Pacífico central durante los períodos en que se incrementa el contraste zonal en la estratificación. Esto es consistente con el estudio de Hu et al. (2013), quienes sugieren que la

combinación de una pendiente más pronunciada de la termoclina con intensos vientos alisios ha dificultado la migración hacia el este de las aguas cálidas a lo largo del Pacífico ecuatorial desde el año 2000, favoreciendo, de esta manera, la aparición de CPEN. La termoclina más empinada conduce a un fuerte contraste zonal en la estratificación que puede alterar las características de la ISKw por medio de la dispersión modal. Esto contradice parcialmente los estudios recientes (Xiang et al, 2013; Dommenguet et al, 2012) que sugieren que es un proceso atmosférico no lineal el que explicaría la predominancia de CPEN en un estado promedio tipo La Niña. Todo esto amerita mayor investigación.

Referencias

- Choi, J., S.-I. An, J.-S. Kug, S.-W. Yeh, 2011: The role of mean state on changes in El Niño's flavor, *Climate Dynamics*, 37, 1205–1215, doi:10.1007/s00382-010-0912-1.
- Dommenguet, D., T. Bayr and C. Frauen, 2012: Analysis of the Non-linearity in the Pattern and Time Evolution of El Niño Southern Oscillation, *Climate Dynamics*, 40, 2825–2847.
- Hayes, S. P., P. Chang and M. J. McPhaden, 1991: Variability of the seasurface temperature in the eastern equatorial Pacific during 1986–88, *Journal of Geophysical Research*, 96, 10, 553–566.
- Hu, Z.-Z., A. Kumar, H.-L. Ren, H. Wang, M. L'Heureux, and F.-F. Jin, 2013: Weakened interannual variability in the tropical Pacific Ocean since 2000, *Journal of Climate*, 26 (8), 2601–2613, doi:10.1175/JCLI-D-12-00265.1.
- Lee T. and M. J. McPhaden, 2010: Increasing intensity of El Niño in the central-equatorial Pacific, *Geophysical Research Letters*, 37, L14603, doi:10.1029/2010GL044007.
- McPhaden, M. J., et al., 1998: The Tropical Ocean-Global Atmosphere (TOGA) observing system: A decade of progress, *Journal of Geophysical Research*, 103 (C7), 14, 169–14, 240, doi:10.1029/97JC02906.
- McPhaden, M. J., T. Lee and D. McClurg, 2011: El Niño and its relationship to changing background conditions in the tropical Pacific, *Geophysical Research Letters*, 38, L15709, doi: 10.1029/2011GL048275.
- Xiang, B., B. Wang, and T. Li, 2013: A new paradigm for the predominance of standing Central Pacific Warming after the late 1990s, *Climate Dynamics*, 41 (2), 327–340, doi: 10.1007/s00382-012-1427-8.
- Yeh S.-W., S.-J. Kug, B. Dewitte, M-H Kwon, B. P. Kirtman, F.-F. Jin, 2009: El Niño in a changing climate, *Nature*, 461, 511–514.

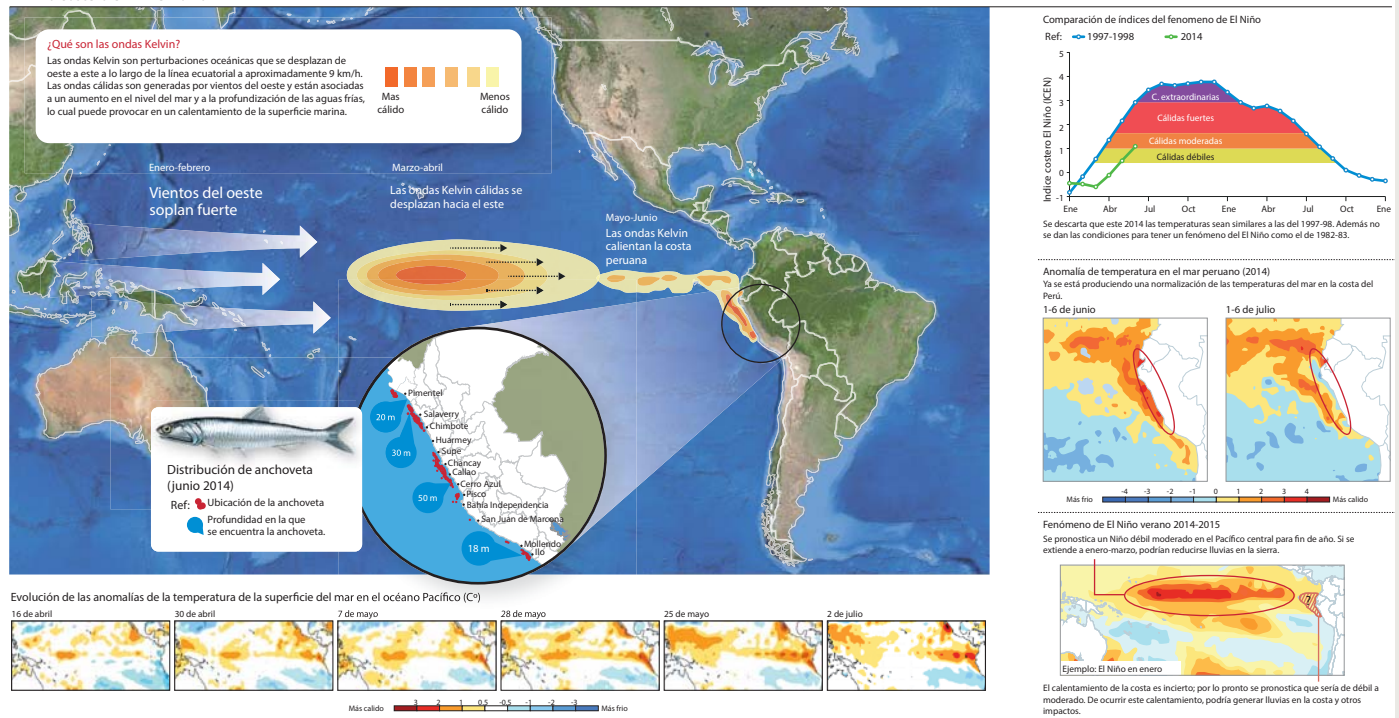
¹T323 es la manera particular de indicar la versión del experimento global de un OGCM perteneciente a MERCATOR (<http://www.mercator-ocean.fr>).

²LOM-CR es el acrónimo de Linear Ocean Model (Control Run). El cual es un experimento con un modelo lineal que usa como constante la fricción ((24 mes)⁻¹) y la profundidad de la termoclina (150 m).

³LOM-Rx es similar a LOM-CR. La diferencia radica en el uso de un decaimiento variable de la fricción a lo largo de la dirección este - oeste.

Especialistas del IGP colaboran con Diario La República para informar la población sobre la evolución de El Niño

El Niño costero en invierno 2014



Infografía de La República, 11 de julio, 2014. Cortesía Diario La República.

En el mes de julio se dio una importante colaboración entre especialistas del área de Investigación en Variabilidad y Cambio Climático del Instituto Geofísico del Perú (IGP) y el diario La República. Dicha colaboración se realizó para la elaboración de una interesante infografía que acompañó el artículo “La primera llegada de El Niño vuelve a calentar la guerra en la pesca” (La República, 11 de julio, 2014), que fue parte de un informe especial sobre el fenómeno de El Niño y sus consecuencias en la actividad pesquera en el país.

Esta infografía explicó en manera sucinta las principales conclusiones y perspectivas del ENFEN en relación a El Niño, ilustrando también qué son las ondas Kelvin, cómo se forman y cómo llegan a la costa peruana. Además, contó con gráficos informativos sobre la evolución de las anomalías de la temperatura de la superficie del mar en el Océano Pacífico, evidenciando cómo se desplazan las masas de agua cálida. Una sección a parte fue dedicada a la comparación entre el Índice Costero El Niño (ICEN) del 1997/98 y el del 2014, donde se resaltaron las diferencias

en el progreso de los dos eventos.

Por otro lado, la infografía elaborada señaló que en el mes de julio empezó a producirse una normalización de la temperatura del mar cerca de nuestra costa y que para el verano 2014-2015, los modelos pronostican un evento El Niño entre débil y moderado en el Pacífico central.

“El trabajo conjunto entre el IGP y La República para la preparación de la infografía fue clave para que la información científica sobre El Niño producida por las instituciones de investigación fuera presentada correctamente pero además en una forma accesible para la población. Este es un buen ejemplo de cómo los científicos y los medios deberían colaborar.” señaló el Dr. Ken Takahashi, encargado de la actividad “Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño” dentro del Programa Presupuestal por Resultados N°068 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres” en el IGP.

Resumen del Informe Técnico

PPR/El Niño - IGP/ 2014 - 07

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

Con el valor del ICEN para el mes de junio, el cual alcanzó 1.03°C (condición cálida moderada), la costa peruana estaría pasando por un evento El Niño de magnitud débil, ya que es poco probable que el ICEN de julio esté en el rango neutral.

Los productos observacionales a lo largo de la línea ecuatorial indican la clara presencia de dos ondas Kelvin consecutivas: una fría y otra cálida. La onda fría debe arribar alrededor de la primera quincena de agosto, mientras que la onda cálida alcanzaría el extremo este en la segunda quincena de agosto. El modelo lineal, forzado con ASCAT, también indica la presencia de estas dos ondas pero con un adelanto en el tiempo de llegada de la onda fría.

Índice Costero El Niño

Utilizando los datos de temperatura superficial del mar promediados sobre la región Niño1+2, actualizados hasta julio de 2014, inclusive, 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 junio de 2014. Los valores recientes hasta esa fecha son:

Año	Mes	ICEN	Condiciones costeras del mes
2014	Marzo	-0.64	Neutro
2014	Abril	-0.15	Neutro
2014	Mayo	0.47	Cálida Débil
2014	Junio	1.03	Cálida Moderada

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

Según los valores del ICEN, se confirma que la condición climática hasta junio de 2014 en la costa peruana se clasifica como **CÁLIDA 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). Sin embargo, si el valor de Niño 1+2 de ERSST para agosto es mayor que -1.32°C, lo cual es bastante probable, el ICEN de julio sería cálido y se

verificaría que habríamos estado en un evento El Niño costero débil este invierno.

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 la clara presencia de dos ondas Kelvin consecutivas: una fría y otra cálida. Considerando una velocidad aproximada de 2.6 m/s (Mosquera et al., 2014), la onda fría debe arribar alrededor de la primera quincena de agosto. Mientras que la onda cálida alcanzaría el extremo este en la segunda quincena de agosto. El modelo lineal, forzado con ASCAT, también indica la presencia de estas dos ondas pero con un adelanto en el tiempo de llegada de la onda fría.

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 01 de agosto 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).

También los modelos lineales, forzados con NCEP y ASCAT, indican la presencia de estas dos ondas (una fría y otra cálida). Considerando una velocidad aproximada de 2.6 m/s, la onda fría debe arribar alrededor de la primera quincena de agosto. Mientras que la onda cálida alcanzaría el extremo este en la segunda quincena de agosto.

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 nueve modelos numéricos de las agencias internacionales analizados con condiciones iniciales de julio, indican, en promedio, condiciones cálidas moderadas en los próximos dos meses (JJA y JAS) y débiles en el siguiente (ASO).

Resumen del Informe Técnico

PPR/El Niño - IGP/ 2014 - 07

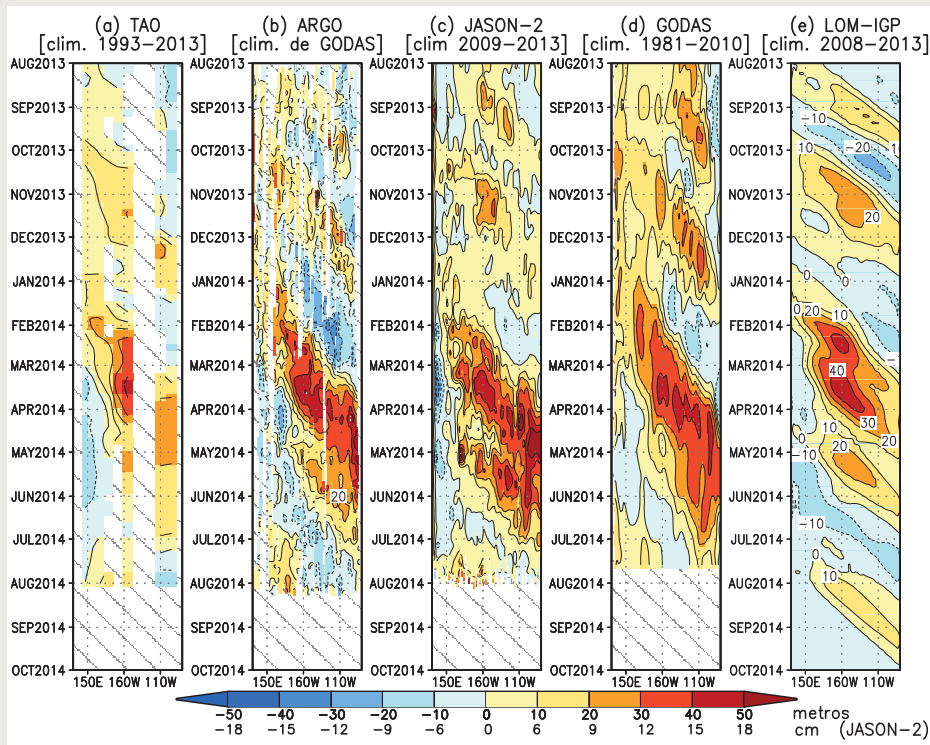


Figura 1. Diagrama longitud-tiempo a lo largo de la línea ecuatorial de la anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C (a, b, d y e) y del nivel del mar (c). Los datos son de a) las boyas TAO/TRITON, b) los derivadores Argo, c) el altímetro satelital JASON-2, d) el sistema de asimilación de datos GODAS, y e) 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).

Por lo tanto, los nueve modelos, en promedio, pronostican una condición El Niño moderado, que persistiría al menos en lo que resta del invierno, con un máximo calentamiento 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, aunque con magnitudes ligeramente menores que el pronóstico del mes anterior (IRI).

Para finales del año, los escenarios en el Pacífico oriental (Niño 1+2, ICEN) de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones entre neutras (tres de nueve modelos) y cálidas débiles (cinco de nueve), con solo un modelo indicando condiciones moderadas. Para enero 2015, seis de los ocho modelos con datos indican que las condiciones serían cálidas débiles ese mes, mientras que los otros 2 modelos indican condiciones neutras.

Para finales del año 2014, los escenarios en el Pacífico central de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones cálidas (75% de los modelos), principalmente entre débiles y moderadas. Cabe mencionar que la magnitud pronosticada del calentamiento es ligeramente menor que la del mes anterior.

Modelo	Pronóstico	Inicio	Extremo	Final
CFS2	EN moderado	Mayo 2014	Julio 2014	Julio 2014
CMC1	EN moderado	Mayo 2014	Julio 2014	Enero 2014
CMC2	EN moderado	Mayo 2014	Julio 2014	Setiembre 2014
GFDL	EN moderado	Mayo 2014	Julio 2014	Enero 2015
NASA	EN moderado	Mayo 2014	Julio 2014	Enero 2015
NCAR	EN moderado	Mayo 2014	Julio 2014	Enero 2015
GFDL_FLOR	EN moderado	Mayo 2014	Julio 2014	Enero 2015
NCAR_CCISM4	EN moderado	Mayo 2014	Julio 2014	Enero 2015
NMME(prom)	EN moderado	Mayo 2014	Julio 2014	Enero 2015
ECMWF	EN	-	Agosto 2014	-

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

Conclusiones

1. El ICEN para el mes de junio (1.03°C) corresponde al rango de cálido moderado, rango que se había previsto con el ICEN preliminar de la última reunión del Comité Multisectorial ENFEN. A menos que el valor mensual de Niño 1+2 para el mes de agosto sea inferior a -1.32°C (que parece muy improbable), el ICEN de julio seguiría en el rango cálido y se confirmaría que este invierno habríamos tenido la presencia de un evento El Niño de magnitud débil (al menos) en la costa peruana. Esto se podrá confirmar

Resumen del Informe Técnico

PPR/El Niño - IGP/ 2014 - 07

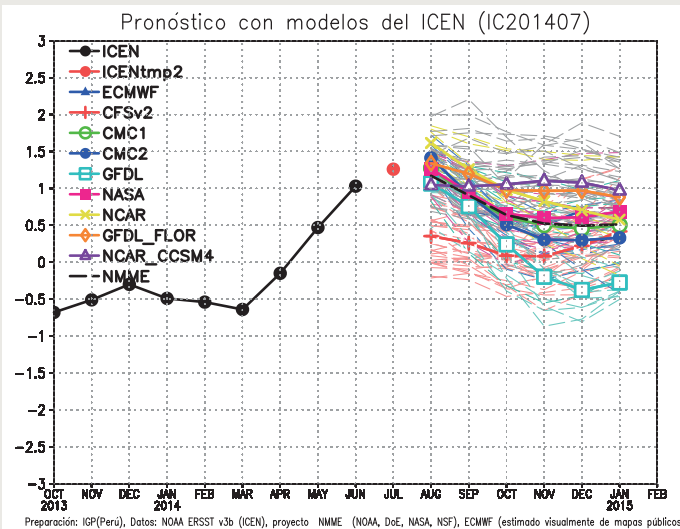


Figura 2. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y sus valores temporales (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de tres meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas 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 julio de 2014. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de junio de 2014. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF).

según la evolución de las condiciones en agosto.

2. Para los próximos tres meses, los pronósticos de la ATSM en el Pacífico oriental (Niño 1+2, ICEN), por los nueve modelos numéricos de las agencias internacionales analizados con condiciones iniciales de julio, indican, en promedio, condiciones cálidas moderadas en los próximos dos meses (JJA y JAS) y débiles en el siguiente (ASO). Por lo tanto, los nueve modelos, en promedio, pronostican una condición El Niño moderado, que persistiría al menos en lo que resta del invierno, con un máximo calentamiento en julio pasado.

3. 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, aunque con magnitudes ligeramente menores que el pronóstico del mes anterior (IRI).

4. Para finales del año, los escenarios en el Pacífico oriental (Niño 1+2, ICEN) de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones entre neutras (tres de nueve modelos) y cálidas débiles (cinco de nueve), con solo un modelo indicando condiciones moderadas. Para enero 2015, seis de los ocho modelos con datos indican que las condiciones serían cálidas débiles ese mes, mientras que los otros dos modelos indican condiciones neutras.

5. Para finales del año 2014, los escenarios en el Pacífico central de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones cálidas (75% de los modelos), principalmente entre débiles y moderadas. Cabe mencionar que la magnitud pronosticada del calentamiento es ligeramente menor que la del mes anterior.

6. Los productos observacionales a lo largo de la línea ecuatorial indican la clara presencia de dos ondas Kelvin

consecutivas: una fría y otra cálida. Considerando una velocidad aproximada de 2.6 m/s, la onda fría debe arribar a la costa alrededor de la primera quincena de agosto, aunque parece ya estar contribuyendo al enfriamiento del Pacífico ecuatorial oriental. Mientras que la onda cálida alcanzaría el extremo este en la segunda quincena de agosto. El modelo lineal, forzado con ASCAT, también indica la presencia de estas dos ondas pero con un adelanto en el tiempo de llegada de la onda fría.

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?, Bull. Amer. Met. Soc., 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.
- 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 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, 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, Magistri et Doctores, Revista de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 5, 9, 55.
- Mosquera, K., D. Pareja y K. Takahashi, 2014: Altimetría satelital para el monitoreo de la onda Kelvin ecuatorial en el Océano Pacífico, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", 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.

Comunicado Oficial ENFEN

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



COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 11 - 2014 CONTINÚA EL DEBILITAMIENTO DE LAS CONDICIONES CÁLIDAS FRENTE AL LITORAL

El Comité encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) se reunió para analizar y actualizar la información de las condiciones meteorológicas, oceanográficas, biológico-pesqueras e hidrológicas de la primera quincena de mes de julio, observándose la tendencia a la normalización de la temperatura del mar, de la temperatura del aire y del nivel medio del mar a lo largo de la costa peruana. Por otro lado, las condiciones cálidas están mostrando un debilitamiento.

El desarrollo de El Niño Costero muestra una mayor probabilidad que presente una magnitud más débil que moderada, esperando que concluya entre julio y agosto. Para fines de año, no se descarta una posible reactivación de las condiciones cálidas, excluyendo las extraordinarias.

Durante la primera quincena de julio, el Anticiclón del Pacífico Sur presentó una configuración zonal y dentro de su variabilidad normal. Sin embargo, frente a la costa peruana, por algunos días, se observó la intensificación de los vientos debido al acercamiento del Anticiclón del Pacífico Sur.

En el litoral peruano, la temperatura superficial del mar mantuvo, en promedio, anomalías positivas menores de 1.0°C, las anomalías de la temperatura máxima y mínima del aire continuaron presentando valores positivos, aunque menores que el mes de junio, principalmente en la costa norte. Con respecto al nivel medio del mar, sus valores se encuentran actualmente alrededor de lo normal.

El valor temporal del Índice Costero El Niño (ICEN tmp)¹ del mes de junio, indica condiciones cálidas moderadas, mostrando hasta ahora dos meses consecutivos de condiciones cálidas.

La anchoveta amplió su distribución espacial llegando hasta las 40 millas náuticas de la costa. Asimismo se observa una tendencia a la normalización de su profundidad media (aprox. 12 m). Se siguen registrando especies indicadoras de aguas cálidas como la agujilla y el bonito, sin embargo, también se registró la presencia de múnida, indicadora de aguas frías.

Los ríos de la costa, en la zona norte, disminuyeron sus caudales debido a la estacionalidad, alcanzando valores normales. Los ríos de la costa sur siguen presentando valores debajo de su promedio histórico.

Los principales reservorios en la costa norte registraron 82% y en la costa sur 42% de la capacidad de almacenamiento, esta disminución fue debido a la entrega

del recurso a los valles.

PERSPECTIVAS

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

El Niño Costero sería de una magnitud más débil que moderada y terminaría entre julio y agosto.

En el Pacífico ecuatorial occidental, debido a las anomalías del viento del Oeste, se generó una onda Kelvin cálida débil que podría arribar a la costa peruana a fines de setiembre.

Para fines de año, en la costa peruana, no se descarta una posible reactivación de las condiciones cálidas. Cabe agregar que los modelos, para este período, indican magnitudes entre neutras a cálidas moderadas.

Por otro lado, para fines de año, los modelos numéricos para la región central del océano Pacífico ecuatorial (región Niño 3.4) pronostican condiciones cálidas entre débil a moderada. Cabe mencionar que la magnitud del calentamiento pronosticada es ligeramente menor que la del mes anterior.

Por la estacionalidad, los pronósticos para fines de año serán más confiables conforme nos alejemos de la estación de otoño.

El Comité Multisectorial ENFEN, de acuerdo con el análisis de las condiciones actuales y los pronósticos de los modelos numéricos, ratifica que no se espera el desarrollo de un evento El Niño extraordinario en la región Niño 1+2 para fines de año.

El Comité ENFEN continúa en estado de vigilancia, monitoreando e informando la evolución de las condiciones actuales.

Callao, 18 de julio de 2014

¹ ICEN: Es la media corrida de tres meses de las anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar en la región Niño 1+2. El valor del ICEN temporal (ICEN tmp) se calculará igual que el ICEN pero reemplazando los datos mensuales faltantes con datos observados semanales y pronósticos mensuales consensuados por el Comité Técnico del ENFEN. El ICEN tmp tendrá un carácter transitorio y su valor será reemplazado por el ICEN correspondiente cuando se tengan disponibles los datos necesarios.



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



COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 12 - 2014 SE NORMALIZAN CONDICIONES OCÉANO-ATMOSFÉRICAS 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 julio, observándose en general, la normalización de la temperatura del mar, de la temperatura del aire y del nivel medio del mar a lo largo de la costa peruana.

El Niño Costero habría alcanzado una magnitud débil en el presente invierno.

Para fines de año, no se descarta la reactivación de condiciones cálidas; sin embargo, no se espera el desarrollo de un evento El Niño extraordinario.

Durante el mes de julio, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS), en promedio, se mantuvo en su posición normal, presentando una anomalía de +2 hPa en su centro de alta presión. Sin embargo, la persistente incursión de sistemas de bajas presiones hacia la costa modificó la configuración zonal del APS, promoviendo la intensificación de flujos de viento a lo largo de la costa peruana, favoreciendo en algunos sectores el afloramiento costero.

En el litoral peruano, la temperatura superficial del mar alcanzó valores alrededor de su normal, mientras que las anomalías de la temperatura máxima y mínima del aire mostraron una tendencia a la normalización, principalmente en la costa central y sur, durante las últimas semanas de julio. En la región Niño 1+2, aún persisten anomalías positivas alrededor de 1.0°C. Con respecto al nivel medio del mar, sus valores se registraron alrededor de lo normal en la costa norte y centro, mientras que en la costa sur se registraron anomalías negativas.

El Índice Costero El Niño (ICEN), cuyo monitoreo se realiza en la región Niño 1+2, indica un valor temporal (ICEN_{temp})¹ de cálido moderado para el mes de julio, mostrando hasta ahora tres meses consecutivos de condiciones cálidas que indicarían la presencia de El Niño Costero de magnitud débil.

La anchoveta mantuvo una distribución espacial hasta las 40 millas náuticas de la costa con tendencia a la normalización de su profundidad media (aprox. 12 m). En la segunda quincena del mes de julio, siguió registrándose la presencia de múnida, especie indicadora de aguas frías.

Los ríos de la costa, en la zona norte, disminuyeron sus caudales debido a la estacionalidad, alcanzando valores normales. Los ríos de la costa sur siguen presentando valores debajo de su promedio histórico.

Los principales reservorios en la costa norte registraron 83% y en la costa sur 39% de la capacidad de almacenamiento, esta disminución fue debido a la entrega del recurso a los valles.

PERSPECTIVAS

En la costa peruana se espera que durante el mes de agosto la temperatura superficial del mar, la temperatura del aire y el nivel medio del mar fluctúen con valores alrededor de su normal. Estas condiciones favorecerían el desarrollo del desove principal de la anchoveta en la región norte-centro del mar peruano.

Las condiciones cálidas que se iniciaron el mes de abril, constituirían un evento El Niño Costero cuya magnitud sería débil, quedando pendiente obtener la temperatura de la superficie del mar de la región Niño 1+2 del mes de agosto para confirmar la magnitud de este evento.

En el Pacífico ecuatorial occidental, debido a las anomalías del viento del Oeste, se generó una onda Kelvin cálida débil que podría arribar a la costa peruana durante el mes de setiembre.

Para fines de año, en la región Niño 1+2, los modelos numéricos indican magnitudes entre neutras a cálidas moderadas. Mientras que para la región central del océano Pacífico ecuatorial (región Niño 3.4) pronostican condiciones cálidas de débiles a moderadas.

El Comité Multisectorial ENFEN, de acuerdo con el análisis de las condiciones actuales y los pronósticos de los modelos numéricos, no descarta la reactivación de las condiciones cálidas para fines de año y ratifica que no se espera el desarrollo de un evento El Niño extraordinario.

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

Callao, 06 de agosto de 2014

¹ICEN_{temp}: Valor temporal del Índice Costero El Niño (ICEN). Se calcula igual que el ICEN pero reemplazando los datos mensuales faltantes con datos observados semanales y pronósticos mensuales consensuados por el Comité Técnico del ENFEN. El ICEN_{temp} tiene un carácter transitorio y su valor se reemplazará por el ICEN correspondiente cuando se tengan disponibles los datos necesarios.





© Instituto Geofísico del Perú
Calle Badajoz 216, 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:

