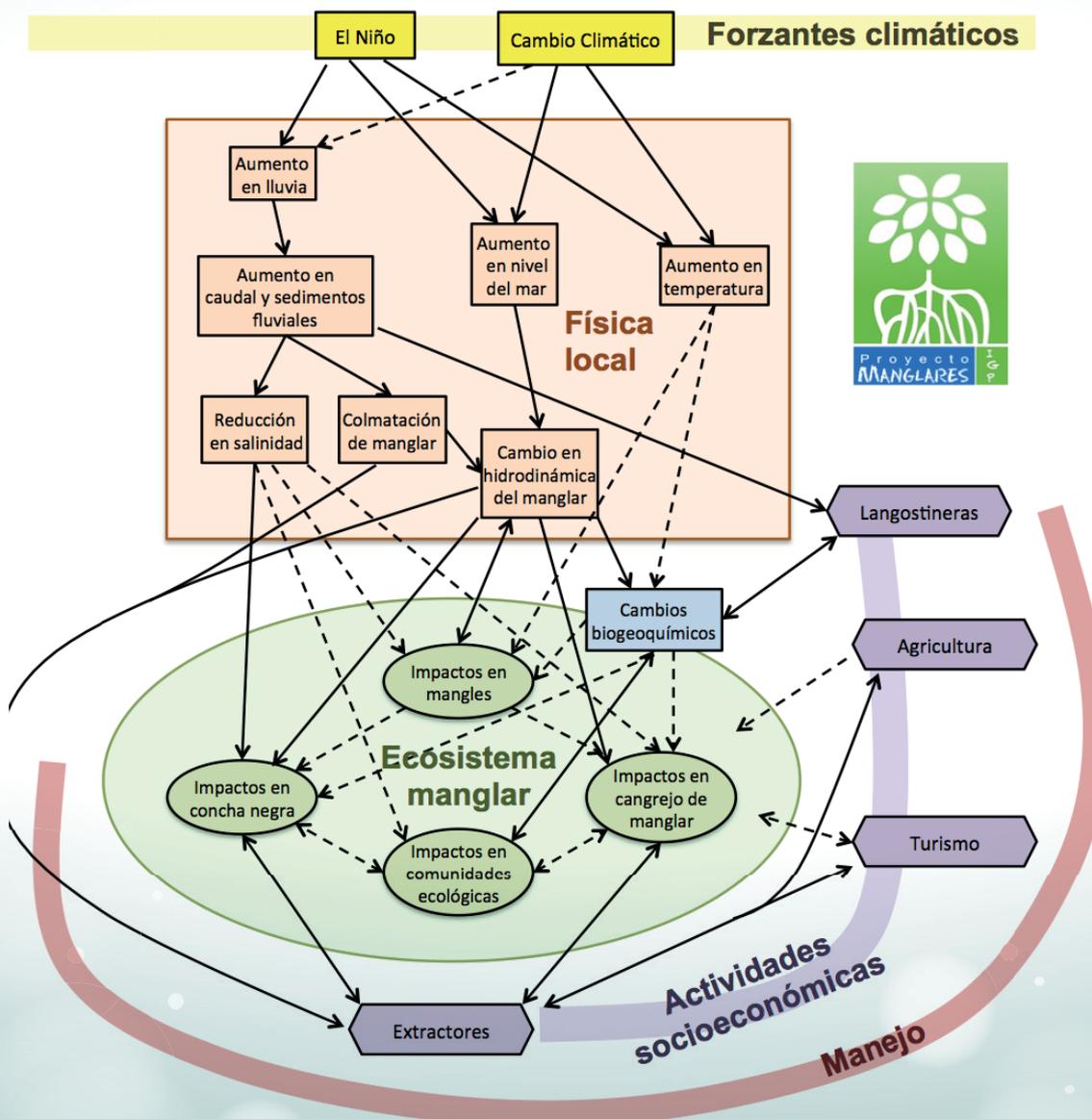


Programa Presupuestal por Resultados N° 068: "Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres" Producto: "Entidades informadas en forma permanente y con pronósticos frente al Fenómeno El Niño"

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

Boletín Técnico

Esquema conceptual del proyecto Manglares IGP



Contenido

2 - 3 Introducción

4 - 8 Artículo de Divulgación Científica

9 - 10 Avances Científicos

11 - 13 Resumen Informe Técnico

14 - 15 Comunicado Oficial ENFEN

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

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

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

Manuel Pulgar Vidal
Ministro del Ambiente

Ronald Woodman
Presidente Ejecutivo IGP

José Macharé
Director Técnico IGP

Ken Takahashi
Responsable Producto El Niño - IGP

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

Edición: Cristiana Leucci
Diseño y Diagramación: Dante Guerra

Carátula: Takahashi.

Instituto Geofísico del Perú
Calle Badajoz 169 Mayorazgo
IV Etapa - Ate
Teléfono (511) 3402200

Impreso por:
Lettera Gráfica SAC.
Av. La Arboleda 431 - Ate
Teléfono (511) 7150315

Lima, Setiembre del 2015

Hecho el Depósito Legal en la
Biblioteca Nacional del Perú N° 2015-13508

Introducción

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

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

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

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

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



IGP



ENFEN

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

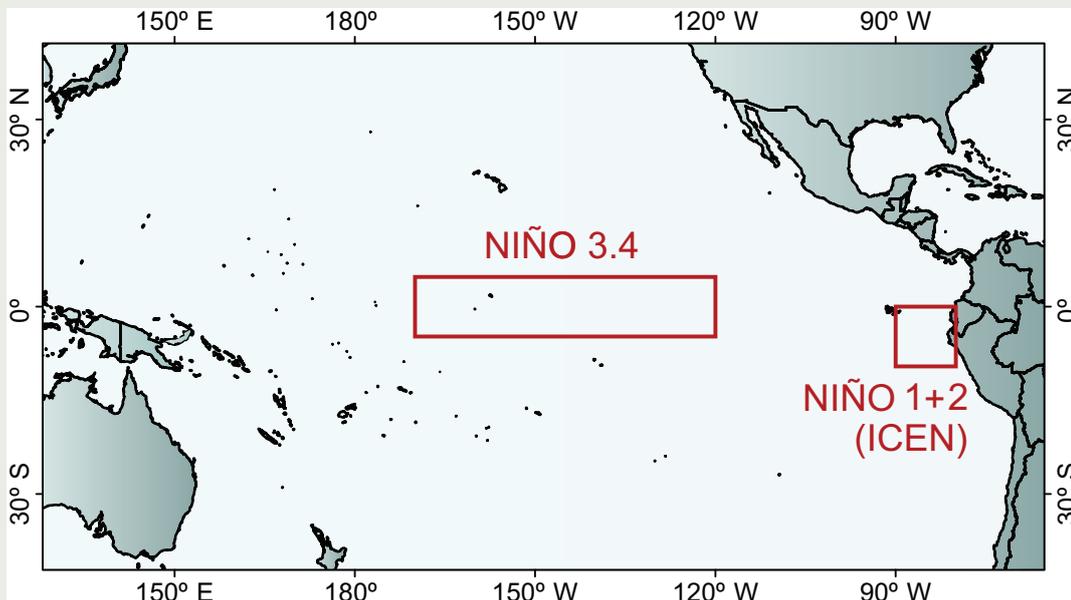
El ENFEN es el ente que genera la información oficial de monitoreo y pronóstico del Fenómeno El Niño y otros asociados.

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.

Artículo de Divulgación Científica

El Niño, cambio climático, y el ecosistema de manglares de Tumbes

El bosque manglar es un ecosistema bastante extendido en las regiones costeras/estuarinas tropicales. Se caracteriza principalmente en que las diferentes especies de árboles de mangle están adaptadas a diversos grados de salinidad en el agua, por lo cual son prevalentes en zonas cálidas bajo la influencia de ríos y el océano, donde la dinámica de las mareas juega un rol central ya que son estas las que, al inundar periódicamente el bosque, irrigan los árboles. El ecosistema asociado es bastante dinámico y hace que los manglares sean importante fuente de recursos y servicios a las poblaciones y actividades socioeconómicas.

Los manglares de Tumbes se encuentran bajo la influencia de los ríos Tumbes y Zarumilla (Figura 1) y cubren una pequeña parte del territorio peruano sin embargo, por lo mismo, son un elemento valioso de nuestra biodiversidad. Además, juegan un rol clave en sostener actividades socioeconómicas en la región, tanto como fuente directa de recursos (como la concha negra, o *Anadara tuberculosa*, que en el Perú solo se produce ahí), como a través de la provisión de servicios ecosistémicos cuales, por ejemplo, el abastecimiento de agua para la industria langostinera.

Existen presiones diversas que amenazan a este ecosistema, tanto de origen antrópico como natural. Como ejemplos de lo primero, tenemos la contaminación y la deforestación



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

Ph. D. en Ciencias Atmosféricas de la University of Washington, Seattle, EEUU y Físico de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Actualmente es investigador científico en el Instituto Geofísico del Perú, donde está a cargo de la Subdirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera, y representa al IGP en el Comité Técnico del ENFEN. Además, es investigador principal del proyecto "Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes". Recientemente su investigación está enfocada en entender las condiciones que favorecen la ocurrencia de eventos El Niño extremos, los procesos de interacción entre el océano y atmósfera, identificar la variabilidad a escala decadal en el Pacífico sureste.

asociadas a las actividades de acuicultura y otros, así como la sobreexplotación de la concha negra, la cual ha llevado a una reducción de las capturas de aproximadamente 80% entre los años 1996 y 2010¹.

Para entender las amenazas naturales, primero hay que entender que la costa norte de Perú se encuentra en la frontera entre el régimen climático tropical, que es típico de esas latitudes, y el régimen de afloramiento costero frío más al



Figura 1. Ubicación de las zonas de estudio en el Proyecto Manglares IGP (Imagen: Google Earth).

¹http://www.imarpe.gob.pe/tumbes/especies_comerciales/invertebrados/concha_negra.pdf.

El Niño, cambio climático, y el ecosistema de manglares de Tumbes

Takahashi K. y Martínez A.

Mag. Alejandra Martínez
Investigadora Científica del
Instituto Geofísico del Perú



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

sur, que sostiene una de las pesquerías más productivas del mundo. Los manglares de Tumbes se encuentran en el lado tropical, justo al norte de esta transición, y marcan el límite austral de la distribución de este ecosistema que se extiende por la costa occidental de América hasta México.

El fenómeno El Niño está asociado a un calentamiento anormal del mar en la costa norte y se puede describir como un desplazamiento hacia el sur de la frontera climática mencionada. Debido a esto, durante los eventos El Niño extraordinarios en los años 1982-1983 y 1997-1998, esta región experimentó una tropicalización del clima, con altas

temperaturas, así como con precipitaciones más típicas de la selva amazónica (Figura 2), produciendo una diversidad de impactos en el ecosistema. Con el cambio climático, se especula que estos impactos podrían ser incluso mayores.

La gestión sostenible del ecosistema y la reducción de la vulnerabilidad ante los posibles impactos futuros del cambio climático requerirá un conocimiento más profundo de este entorno y de sus controles ambientales, pero la información científica básica es escasa.

Proyecto Manglares IGP

En ese contexto, el Instituto Geofísico del Perú (IGP), en colaboración con varias otras instituciones y con financiamiento del IDRC de Canadá, ejecutó el proyecto "Impactos de la Variabilidad y Cambio Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes" (Proyecto Manglares IGP) a partir de enero 2012 hasta el presente año. Su principal objetivo fue fortalecer la capacidad de adaptación a la variabilidad y el cambio climático en este ecosistema, focalizado en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT), así como en los manglares cerca de Puerto Pizarro (Figura 1). Debido a la naturaleza del proyecto, este fue desarrollado por un equipo multidisciplinario e interinstitucional de más de una treintena de investigadores en ciencias físicas, biológicas y sociales, junto con más de veinte estudiantes y asistentes de investigación, en coordinación permanente con los actores y gestores. Esto último ayudó a que los temas de investigación se centraran en los asuntos de mayor preocupación en el ámbito del ecosistema. Se planearon estos temas de forma que sus resultados podrían estar conectados de manera sinérgica, sin dejar de lado el rigor científico requerido. Los estudiantes han contribuido significativamente a la investigación a través del desarrollo de sus tesis, que a su vez era el principal mecanismo para la creación de capacidades.

El Proyecto Manglares IGP ha logrado avances significativos en la comprensión de la relación entre el ambiente y el ecosistema, aunque quedan muchas preguntas abiertas. El dinamismo del ecosistema de manglar de Tumbes se confirma en su relación con la variabilidad climática asociada con El Niño. Hemos analizado el efecto de las principales actividades humanas (la extracción de recursos, la agricultura, el turismo, la urbanización, la acuicultura) en el ecosistema y evaluado los servicios que ofrece. Como una primera aproximación, se estima que el cambio climático podría tener efectos similares a los de El Niño, por lo que la experiencia adquirida con este fenómeno sirve para vislumbrar lo que el futuro puede traer. El diagrama en la Figura 3 resume los componentes principales y las interacciones del sistema climático / ecosistemas / población que se consideró en el marco de este proyecto. Hay que mencionar que el diagrama no pretende ser exhaustivo (ya que, por ejemplo, están ausentes la actividad pesquera y la contaminación ambiental), sino que prioriza aquellos aspectos relacionados principalmente con el clima para los cuales se contaba con especialistas en el equipo de investigación.

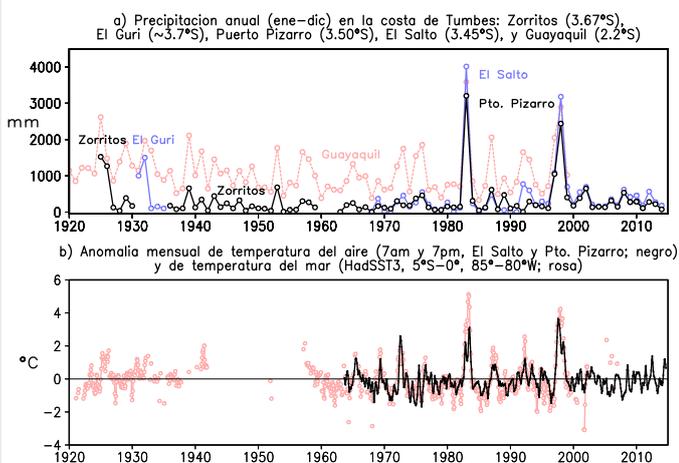


Figura 2. a) Precipitación anual (mm) en los manglares de Puerto Pizarro y SNLMT (El Salto), complementada con los datos de Zorritos y El Guri, así como los de Guayaquil, Ecuador. b) Anomalia de temperatura del aire en los manglares de Tumbes (negro), así como de la temperatura superficial del mar tomada por barcos (rosa).

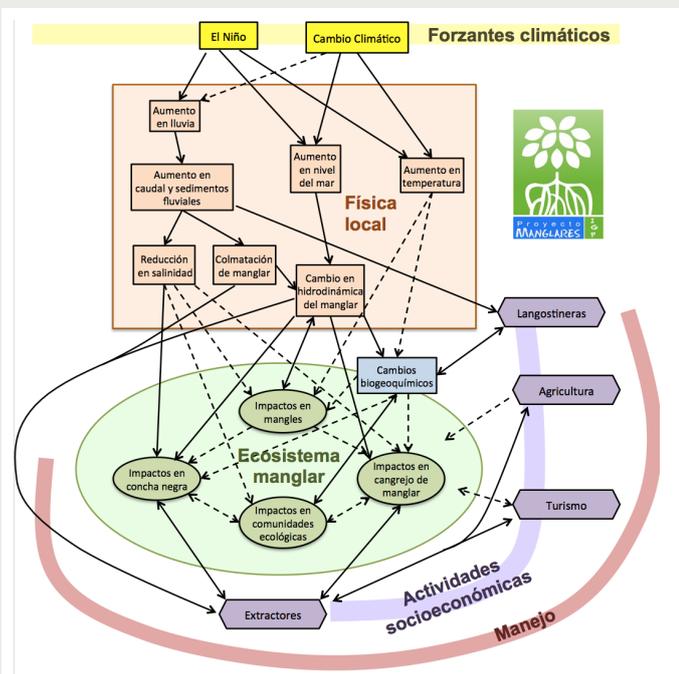


Figura 3. Esquema conceptual del Proyecto Manglares IGP.

tiempo. Por otro lado, un estudio dendrocronológico indica que, con mayores descargas del río, los árboles de mangle crecen más rápido (Gonzales, 2015).

Además de la descarga de agua dulce, se produce también la entrada de sedimentos del río, que aumentaron por un factor de 10 a 30 durante los eventos extremos de El Niño (1982-83 y 1997-98) en relación con años normales (Morera, 2014ab). De acuerdo con la población de la zona, la obstrucción de los canales asociados con los sedimentos de los dos eventos extremos persiste hasta la actualidad. Un tema pendiente es la estimación de la contribución de los sedimentos arrastrados en el fondo durante eventos El Niño extraordinarios (Quincho, 2015). Las simulaciones con un modelo hidrodinámico desarrollado en el proyecto indican que un bloqueo hipotético por colmatación del canal de marea en el manglar hacia el lado ecuatorial daría lugar a una reducción del 20-30% en la amplitud de las mareas en el manglar, produciendo una reducción de la inundación de los bosques y, por lo tanto, del riego necesario para los árboles de mangle (Fajardo, 2015). Con el cambio climático, se encontró que la precipitación podría aumentar entre 0% hasta un 60%, después de corregir los errores en los modelos climáticos, bajo un escenario de emisiones de gases de efecto invernadero intermedio (Ramos, 2014). Puesto que la mayor precipitación ocurre como eventos intensos durante eventos de El Niño (León, 2014), este es un escenario alarmante

Aspectos ambientales

Los estudios sobre las características y mecanismos de El Niño dentro del proyecto indican que hay procesos climáticos particulares al Pacífico Lejano Oriente que son clave para amplificar estos eventos y convertirlos en extraordinarios a la escala de todo el océano Pacífico, como en los años 1982 y 1997, produciendo las mayores lluvias en esta región (Takahashi y Dewitte, 2015; Figura 2). Por otro lado, el evento El Niño en 1925 fue también intenso en cuanto a lluvias en la costa peruana (Figura 2), pero tuvo una característica bastante más local, con un calentamiento costero asociado a vientos del norte y con condiciones frías en el resto del Pacífico Ecuatorial (Takahashi et al., 2015). Los procesos físicos en el Pacífico Oriental en general no están representados en los modelos climáticos utilizados para la predicción estacional y/o proyecciones de cambio climático. Esto sigue siendo un tema crítico en cuanto a la evaluación de los riesgos asociados con El Niño en la región.

Estacionalmente, el régimen hidrológico y los cambios asociados con la entrada de agua dulce son el control principal de la biogeoquímica del ecosistema, que responde dinámicamente a través de una diversidad de procesos (Pérez, 2013). Es muy probable que estos sean más pronunciados durante El Niño extraordinario, cuando una intensa precipitación conduce hacia el interior del manglar una elevada descarga de los ríos durante varios meses. Además, se cree que la concha negra, uno de los recursos más importantes de este ecosistema, es incapaz de soportar la presencia de agua dulce durante esos largos períodos de

Por otro lado, El Niño también conduce a un aumento temporal del nivel de agua, asociado con las ondas oceánicas Kelvin como la observada en abril-mayo 2014 que condujo a un aumento de 30 cm por unos días (Fajardo et al., 2014). Estas ondas pueden interrumpir las actividades de los extractores de recursos hidrobiológicos artesanales, que necesitan las mareas bajas para entrar en el bosque. Por otro lado, el aumento sostenido del nivel de agua asociado con el cambio climático tendría un tipo diferente de efecto. Debido a que las especies de manglar están asociadas con rangos específicos de frecuencias de inundación de las mareas en función de sus necesidades de agua (Parra, 2014; Figura 4), el cambio en el nivel del mar por sí solo podría dar lugar a un cambio en la distribución espacial de estas especies. Sin embargo, los manglares también construirán sustrato mediante la acumulación de sedimentos, por lo que el equilibrio entre estos dos procesos jugará un papel clave en el resultado final (Alongi, 2008).

Aunque se puede esperar que el bosque de manglar sea afectado por las temperaturas tropicales asociadas con El Niño, el calentamiento asociado con el clima podría provocar temperaturas medias superiores a las que estos ecosistemas han experimentado normalmente, lo que podría tener efectos imprevistos sobre los procesos biogeoquímicos (por ejemplo, sobre el metabolismo de meiobentos, la tasa de respiración aerobia de la materia orgánica, la reacumulación de sulfuro de hidrógeno en el sedimento, la liberación de CO₂, la remineralización bacteriana y el consumo de oxígeno) que afectaría el funcionamiento del ecosistema mismo (Pérez, 2014). Esto requiere más estudios.

El Niño, cambio climático, y el ecosistema de manglares de Tumbes

Takahashi K. y Martínez A.

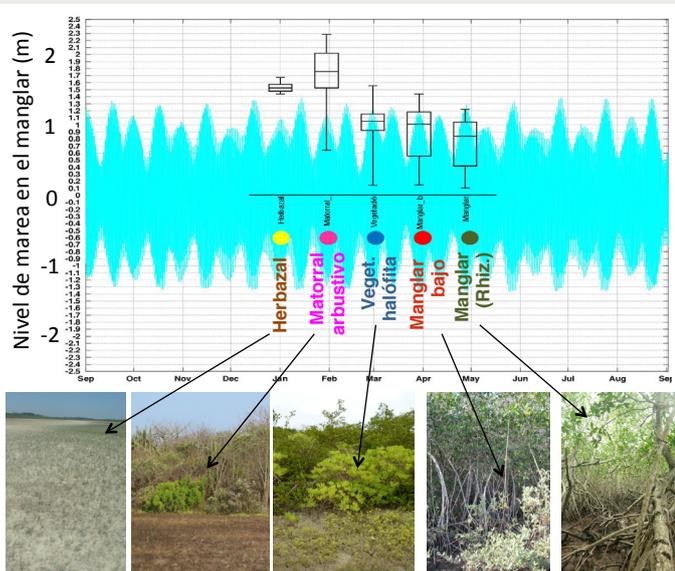


Figura 4. Distribución altitudinal de diferentes comunidades vegetales en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes, junto con un registro típico de las variaciones de las mareas (celeste). Adaptado de Parra (2014).

Aspectos humanos

Las presiones humanas sobre el ecosistema también son tan grandes como las climáticas, si no mayores. La sobreexplotación de la concha negra por extractores artesanales y el control laxo por las autoridades probablemente han contribuido a la disminución de la población y de la producción (Azabache, 2015), aunque para el cangrejo el establecimiento de cuotas de extracción ha tenido resultados prometedores. Una herramienta importante para implementar este tipo de política sería un modelo de dinámica poblacional, para lo cual se ha realizado un monitoreo continuo de los cangrejos que, por lo pronto, indica que en el área protegida los cangrejos son consistentemente más grandes en tamaño, aunque las densidades de población se mantienen similares (Vitor, 2015). Para la concha negra, una cantidad clave que se está por determinar es la tasa de mortalidad asociada con el aporte de agua dulce durante El Niño (Vera, 2015). Además, se han hecho avances en el estudio de los anillos de microcrecimiento en las conchas y su relación con el régimen de mareas (Castro, 2015).

Además de la extracción, se han identificado otras actividades humanas que producen presión sobre el ecosistema. Las actividades agrícolas (Feijoo, 2014) y el crecimiento urbano en la zona de amortiguamiento del área protegida han dado lugar a la reducción en la extensión del bosque seco y la presencia de la fauna, la compactación del suelo, la presencia de residuos sólidos y la degradación general de la belleza escénica. Asociado a este último, el turismo es una actividad económica alternativa que podría llegar a ser importante dentro del propio manglar, pero que requiere un desarrollo sustancial (Prado, 2014). Una actividad económica cuyo

impacto en los manglares es considerado particularmente negativo es el cultivo de langostino, ya que su expansión implicó originalmente la limpieza de una zona de manglares (Céspedes, 2015) y el establecimiento del área protegida fue una forma de preservar una muestra representativa de este ecosistema. Otro aspecto criticado del cultivo de langostino es la eliminación de aguas sin tratar en los manglares que pueden dañar la flora y la fauna, sin embargo hacen falta estudios que lo confirmen.

El análisis de las dinámicas sociales e institucionales asociadas con la extracción de recursos permitió la identificación de las medidas de adaptación espontáneas, así como la formulación de medidas de adaptación preventivas (Mendoza et al., 2015). Como medidas espontáneas se identificaron aquellas que los extractores artesanales han adoptado en una forma no planificada a lo largo de los años, muchas veces empujados por circunstancias sociopolíticas como medioambientales como, por ejemplo, la búsqueda y generación de actividades alternativas durante los meses de veda, la adecuación de sus actividades de extracción a cambios en los ritmos naturales del ecosistema, el apoyo a los trabajos de conservación como guardaparques voluntarios, etc.

Sin embargo algunas de estas medidas, a pesar de haber solucionado problemas a corto o incluso mediano plazo, a la larga han producido impactos negativos sobre el ecosistema y/o sobre el bienestar de los extractores. Por ejemplo, la creación de las seis asociaciones de extractores se puede considerar una medida de adaptación orientada a formalizar y fortalecer la posición de los extractores ante las autoridades correspondientes. Sin embargo, al mismo tiempo, la existencia de múltiples asociaciones con diferentes intereses y posiciones, ha demostrado ser un impedimento para una gestión efectiva y ha producido debilitamiento institucional en lugar de fortalecimiento.

En el caso de medidas preventivas, se han propuesto estrategias tanto a nivel individual, o de hogar, como a nivel de gobierno local. Entre las primeras se cuentan capacitaciones puntuales en la planificación de los ingresos familiares y la promoción de redes de ahorro familiares o locales; mejoras en la prestación de servicios ya existentes en la zona protegida; promoción de alternativas de asociación que fortalezcan a los grupos de extractores actualmente divididos incluyendo la generación de capacidades en organización local, etc. A nivel de gobierno local, la medida más importante está referida a la inclusión de los resultados de las investigaciones realizadas sobre el ecosistema manglar en general y el SNLMT en particular, en documentos muy puntuales de gestión como el Plan Maestro del área protegida y en políticas regionales y municipales a nivel de distritos. Otras medidas incluyen el fortalecimiento de los canales de flujo de información entre extractores, sus propias asociaciones, Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP) y las autoridades locales; la coordinación de actividades conjuntas (vedas por ejemplo) entre las autoridades peruanas y ecuatorianas; buscar el acercamiento a mercados de productos "premium" (posibilidad que fracasó en el pasado debido a la falta de organización de los productores), etc.

Comentarios finales

En general, el funcionamiento de los ecosistemas y su relación con las variaciones ambientales es complejo. Debido a la interconexión entre sus componentes, los efectos de influencias externas, como la variabilidad y cambio climático o las presiones humanas, pueden tener múltiples ramificaciones. El Proyecto Manglares IGP debe ser considerado como un punto de partida en el estudio integral de cómo las variaciones climáticas pueden afectar al ecosistema de manglar. El trabajo multidisciplinario es fundamental, pero es importante no perder de vista el rigor científico en el afán de buscar responder preguntas a veces muy amplias, por lo que siempre debe haber un espacio para el trabajo especializado de cada disciplina. El caso de los manglares de Tumbes fue un caso particular debido a la existencia del área protegida, a su pequeña extensión y población asociada, y a la fuerte señal asociada a El Niño. Sin embargo, diversas preguntas quedan abiertas y nuevas han aparecido. Es necesario fomentar la continuidad de la investigación en un marco multidisciplinario y de alto nivel científico, para poder mejorar la toma de decisiones y gestión del ecosistema.

Referencias

Alongi, D. M., 2008: *Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change*, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76, 1-13.

Azabache, J. M., 2015: *Cadena productiva de Anadara tuberculosa (Sowerby 1833) extraída en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes, 2013*, Tesis Ing. Pesquera, Universidad Nacional de Tumbes, Tumbes, Perú (en preparación).

Castro, R., 2015: *Influencia de los cambios espaciales y temporales de salinidad en los ritmos de microcrecimiento de las conchas de Anadara tuberculosa*, Tesis Maestría Ciencias del Mar, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú (en preparación).

Céspedes, L., 2015: *Dinámica territorial de la actividad acuícola en la parte baja de la cuenca del Río Tumbes, Perú. Caso: Langostineras*, Tesis Maestría Gestión Integral de Cuenas Hidrográficas, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Fajardo, J., 2015: *Modelado Numérico del Campo de Velocidades y Niveles de Marea en el Santuario Nacional de Los Manglares de Tumbes*, Tesis para optar el título de Licenciado en Física, Universidad Nacional del Callao, Callao, Perú.

Fajardo, J., K. Mosqueray K. Takahashi, 2014: *Los impactos de la marea y la onda Kelvin en los manglares de Tumbes*, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 1, N°9, Setiembre, Instituto Geofísico del Perú.

Feijoo, A., 2014: *Identificación de Impactos de la actividad agrícola para el período 1985 – 2014, en la Zona de Amortiguamiento del SNLMT, distritos de Aguas Verdes y Zarumilla*, Tesis Ing. Forestal y Medio Ambiente, Universidad Nacional de Tumbes, Tumbes, Perú.

Gonzales, U., 2015: *Influencia de tres factores ambientales sobre los anillos de crecimiento de Rhizophora mangle L. 1753 "mangle rojo" Rhizophoraceae en el Ecosistema de Manglares de Tumbes*, Tesis Biología, Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú (en preparación).

León, K., 2014: *Análisis espacio-temporal de las precipitaciones y caudales durante los eventos El Niño (1982-83 y 1997-98) en la costa norte peruana*, Tesis Ing. Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Mendoza, A., D. Flores, L. Céspedes, A. Martínez, 2015: *Análisis de capacidad y vulnerabilidad climática de las asociaciones de extractores de concha negra y cangrejo rojo del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes*, Informe Técnico - Proyecto Manglares IGP.

Moreira, S., 2014a: *Magnitud, frecuencia y factores que controlan los flujos sedimentarios desde los Andes Centrales Occidentales hacia el océano Pacífico peruano*, Tesis para optar el grado de Doctor en Recursos Hídricos, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Moreira, S., 2014b: *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 El Niño", Vol. 1, N°7, Julio, 4-7, Instituto Geofísico del Perú.

Parra, C., 2014: *Efecto de la altitud del terreno sobre la estructura y distribución espacial de las comunidades vegetales del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT)*, Tesis Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Pérez, A., 2013: *Influencia del régimen hídrico y de las condiciones geoquímicas sobre la comunidad y el flujo energético del meiobentos metazoario de los sedimentos intermareales y submareales de los Manglares de Tumbes*, Tesis de Maestría en Ciencias del Mar, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú.

Prado, M. R., 2014: *Capacidad de carga turística de los circuitos turísticos del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes y del circuito turístico de Puerto Pizarro, Tumbes 2013 – 2014*, Tesis Ing. Forestal y de Medio Ambiente, Universidad Nacional de Tumbes, Tumbes, Perú.

Quincho, J., 2015: *Estudio experimental del transporte de sedimentos en suspensión y fondo, y comparación con modelos teóricos en los ríos Puyango, Tumbes y Zarumilla*, Tesis Ing. Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Ramos, Y., 2014: *Estimación del efecto del cambio climático en la precipitación en la costa norte del Perú usando simulaciones de modelos climáticos globales*, Tesis Ing. Meteoróloga de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

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

Takahashi, K., A. G. Martínez, y K. Mosquera, 2015: *The very strong 1925-26 El Niño in the far-eastern Pacific*. En preparación para *Journal of Climate*.

Vera, M., 2015: *Crecimiento y mortalidad de concha negra Anadara tuberculosa (Arcoida: Arcidae), asociados a los parámetros físicos en los manglares de Zarumilla, Tumbes, Perú*, Tesis de Magíster en Ciencia y Tecnología Marinas, Universidad Europea Miguel de Cervantes, Valladolid, España.

Vitor, J., 2015: *Impacto de la variabilidad ambiental sobre la estructura y dinámica poblacional de Ucides occidentalis (Ortmann 1987) en los Manglares del río Tumbes y Zarumilla*, Tesis Maestría Biología, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Algunas consideraciones para el pronóstico de El Niño

Ken Takahashi¹

¹Instituto Geofísico del Perú

La gran preocupación de muchos peruanos en relación a El Niño en este momento es si el verano será como el de los años 1982-1983 o 1997-1998, es decir, eventos El Niño extraordinarios. El peor escenario concebible sería que ocurra un evento de esa magnitud y que el Perú no esté preparado. Ante la incertidumbre, el ENFEN dio el aviso de la posibilidad de tal evento y se están tomando medidas. De todas formas, es claro que es importante tener información más concreta sobre la probabilidad de estos intensos eventos, lo cual implica entender sus mecanismos y ser capaces de modelarlos correctamente. De gran urgencia el presente año, ¿son nuestra comprensión y los modelos científicos lo suficientemente buenos para la predicción de un El Niño extraordinario?

Los años 2012 y 2014, el ENFEN pudo pronosticar la ocurrencia de El Niño costero, el cual fue débil y moderado, respectivamente, basándose principalmente en el monitoreo de ondas Kelvin cálidas (Takahashi y Mosquera, 2014). Por otro lado, a nivel internacional, se pronosticaba El Niño en el Pacífico Central (sin indicar magnitud) hacia finales del 2012 y 2014, con probabilidades de más de 60% y de 75%, respectivamente¹. Sin embargo, estos eventos no se llegaron a materializar según lo esperado. En el presente año, la mayoría de los modelos climáticos indica condiciones bastante más intensas en el Pacífico Central que en estos dos últimos casos, pero ¿es esto suficiente para creerles considerando su *performance* reciente?

Aunque los modelos climáticos proporcionan predicciones objetivas, están muy lejos de ser perfectos. Tienen errores comunes (particularmente grandes en el Pacífico Oriental; Takahashi, 2015b) y en general no representan adecuadamente las variaciones lentas o tendencias en las temperaturas sobre decenas de años. Además, el sistema océano-atmósfera es susceptible a perturbaciones, por lo que errores pequeños en las condiciones iniciales pueden crecer a lo largo del pronóstico. Por esto, normalmente se trabaja con un abanico de escenarios proveniente de un conjunto (*ensemble*) de simulaciones con condiciones cercanas a las actuales, pero con pequeñas diferencias entre ellas. Similarmente, es importante considerar también

un conjunto multi-modelo, ya que errores propios de cada uno de ellos pueden llevar a escenarios distintos. De esta manera, se espera que los errores introducidos por las condiciones iniciales y por los mismos modelos se cancelen entre sí. Sin embargo, los errores comunes a todos los modelos, tales como la tendencia cálida y lluviosa en el frío y seco Pacífico Suroriental, no se cancelarán.

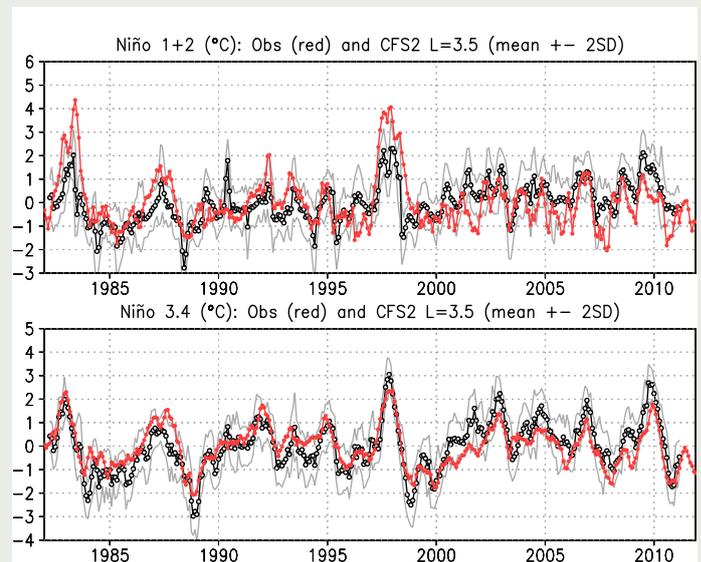


Figura 1. Anomalías de TSM (°C) en las regiones Niño 1+2 (arriba) y Niño 3.4 (abajo). Lo observado está en rojo, mientras que los pronósticos realizados con tres meses y medio de anticipación por el modelo CFS v2 de la NOAA se muestran en negro (promedio de los ensembles) y gris (más y menos dos desviaciones estándar de los ensembles).

Investigación reciente muestra que la física de los fenómenos de El Niño extraordinarios es diferente a la de los demás El Niño que involucran en forma esencial al Pacífico Oriental (Takahashi & Dewitte, 2015ab). Probablemente debido a esto, los modelos tienen más dificultad en hacer predicciones precisas en el Pacífico Oriental (Reupo y Takahashi, 2014ab). En particular, los modelos que usamos para el pronóstico ahora, no pudieron predecir retrospectivamente las grandes anomalías de Temperatura Superficial del Mar (TSM) observadas en el Pacífico Oriental durante los eventos extremos de El Niño (1982-83, 1997-98), incluso con pocos meses de pronóstico (Takahashi et al., 2014), mientras que tienden a sobre-estimar en el Pacífico Central. Esto se puede ver en la Figura 1, en la que se muestra el pronóstico con solo tres meses y medio de

¹<http://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/forecasts/enso/archive/201207/QuickLook.html>, <http://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/forecasts/enso/2014-July-quick-look>

Algunas consideraciones para el pronóstico de El Niño

Takahashi K.

anticipación con el modelo CFS v2 de la NOAA (EE. UU.) y vemos que, aún iniciando en el pico de El Niño en 1997, las anomalías pronosticadas fueron casi la mitad de lo observado tres o cuatro meses después. Este resultado es representativo de todos los modelos evaluados. Pero, entonces, ¿qué información útil se puede extraer de los modelos?

Dado que los pronósticos retrospectivos solo se tienen desde los años 80 y solo contamos con dos eventos El Niño extraordinarios en ese periodo, es más ilustrativo comparar los pronósticos del año presente con respecto a los pronósticos de estos dos eventos extraordinarios, en lugar de compararlos con los valores observados. En la Figura 2 se muestran los pronósticos con el modelo CFS v2 inicializados en los meses de junio de 1982 a 2014 para el periodo diciembre-febrero siguiente, ordenados según el tamaño de las anomalías observadas. El pronóstico de este año está al final. Lo que se puede observar es que este modelo indica temperaturas similares a las pronosticadas para el 1997-98, tanto en el Pacífico Oriental como en el Central. Por otro lado, vemos que no hay una buena correlación entre los pronósticos para los otros años y lo observado, lo cual se vería como un aumento progresivo de izquierda a derecha en los pronósticos. En conclusión, este modelo (y varios otros) prevén que este El Niño podría desarrollarse similarmente al de 1997-1998.

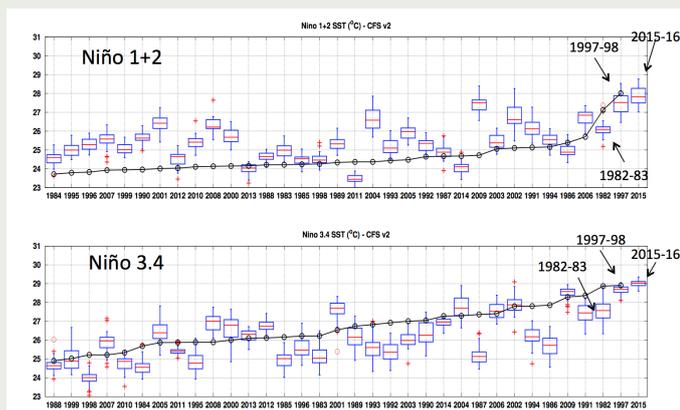


Figura 2. TSM absoluta (°C) promedio de diciembre a febrero en las regiones Niño 1+2 (arriba) y Niño 3.4 (abajo) ordenadas según el valor observado (negro). Las cajas corresponden a los ensembles de pronósticos inicializados en junio de cada año por el modelo CFS v2.

Por otro lado, los últimos años hemos estado en una fase decadal fría, lo cual parece haber inhibido el desarrollo de El Niño en el Pacífico Oriental. Si bien el Índice Decadal del Pacífico (PDO, por sus siglas en inglés) ha presentado valores positivos desde el año

2014 asociados al calentamiento superficial frente a la costa de Norte América, el que las anomalías de temperatura frente al Perú no hayan aumentado como en 1997 y, más bien, hayan decrecido, sugiere que quizás esta fase fría continúa activa en nuestra región. Esta es una incertidumbre clave para el pronóstico y no es claro si los modelos climáticos son capaces de representar la fase fría (Takahashi, 2015a). Igualmente, si bien el índice predictor que propusimos para El Niño extraordinario (Takahashi y Dewitte, 2015ab) tuviera un valor alto este año, habría la incertidumbre de si este es válido en el caso de una fase decadal fría.

Este año ya está evolucionando en forma distinta a cualquier otro anterior y con el pronóstico estamos poniendo a prueba tanto nuestras herramientas como conocimiento científico. Dado el historial imperfecto que ha mostrado recientemente la comunidad científica internacional para este fin, debemos ser muy conscientes de las incertidumbres. Tal vez la única regla segura sea que El Niño nos puede sorprender.

Referencias

Reupo, J., y Takahashi, K., 2014a: Validación de pronósticos con modelos globales: Correlaciones de TSM (1982-2010), Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 1, N°1, Enero, 8-9, Instituto Geofísico del Perú

Reupo, J., y Takahashi, K., 2014b: Variabilidad decadal en la bondad de los pronósticos con modelos climáticos globales, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 1, N°8, Agosto, 9-10, Instituto Geofísico del Perú.

Takahashi, K., 2015a: Influencia de la variabilidad decadal en El Niño-Oscilación Sur, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 2, N°5, Mayo, 4-8, Instituto Geofísico del Perú.

Takahashi, K., 2015b: Modelos climáticos y sus errores promedio en el Pacífico, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 2, N°6, Junio, 4-8, Instituto Geofísico del Perú.

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

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

Takahashi, K., B. Dewitte, 2015b: Física de El Niño extraordinario, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 2, N°4, Abril, 4-8, Instituto Geofísico del Perú.

Takahashi, K., R. Martínez, A. Montecinos, B. Dewitte, D. Gutiérrez, E. Rodríguez-Rubio, 2014, White Paper #8a Regional applications of observations in the eastern Pacific: Western South America, Report of the Tropical Pacific Observing System 2020 Workshop (TPOS 2020), La Jolla, United States, 27-30 January 2014, GCOS report 184, vol. 2, 171-205, http://www.wmo.int/pages/prog/gcos/Publications/gcos-184_II.pdf.

Takahashi, K., y Mosquera, K., 2015: El Niño 2014, el Comité ENFEN y los medios, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 2, N°2, Febrero, 9-10, Instituto Geofísico del Perú.

Resumen del Informe Técnico PPR/El Niño - IGP/ 2015-7

Advertencia: El presente informe sirve como insumo para el Comité Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN). El pronunciamiento colegiado del ENFEN es la información oficial definitiva. La presente información podrá ser utilizada bajo su propia responsabilidad.

Resumen

Según el Índice Costero El Niño (ICEN) para el mes de julio las condiciones climáticas de la costa peruana fueron cálidas fuertes (1.96°C), por lo tanto se confirma operacionalmente la presencia de El Niño Costero. Los valores preliminares calculados para julio también indican condiciones cálidas fuerte. El pronóstico de la temperatura superficial del mar de los modelos numéricos internacionales, con condiciones iniciales del mes de julio, indica en promedio que los estados climáticos se ubicarían en el rango de fuerte, tanto en setiembre como en octubre en el Pacífico Oriental. Estos mismos resultados numéricos predicen que para el Pacífico Central las condiciones serían cálidas muy fuertes.

La onda Kelvin cálida, formada en la primera quincena de junio, continúa su trayectoria hacia el Pacífico Ecuatorial Oriental y estaría arribando entre finales del mes de agosto e inicios del mes de setiembre. Por otro lado, un nuevo pulso de viento del oeste a fines de julio y localizado entre 160°E y la línea de cambio de fecha debe formar una onda Kelvin cálida que arribaría al extremo oriental aproximadamente en la segunda quincena de setiembre.

Índice Costero El Niño

Utilizando los datos de temperatura superficial del mar (TSM) promediados sobre la región Niño1+2, actualizados hasta el mes de julio de 2015 del producto ERSST v3b generados por el *Climate Prediction Center* (CPC) de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, EE.UU.), se ha calculado el Índice Costero El Niño (ICEN; ENFEN 2012) hasta el mes de junio de 2015. Los valores hasta esa fecha son:

| Año | Mes | ICEN | Condiciones costeras del mes |
|------|-------|------|------------------------------|
| 2015 | Marzo | 0.18 | Neutro |
| 2015 | Abril | 0.68 | Cálida Débil |
| 2015 | Mayo | 1.36 | Cálida Moderada |
| 2015 | Junio | 1.96 | Cálida Fuerte |

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

Según los valores del ICEN, **se confirma que la condición climática para junio de 2015 es de CÁLIDA FUERTE**. Se recuerda que, de manera operacional, para declarar El Niño o La Niña en la costa las condiciones costeras deben ser cálidas o frías por al menos tres meses consecutivos (ENFEN, 2012).

Por lo tanto, con estas tres últimas condiciones cálidas (abril, mayo y junio) formalmente se establece la presencia de un evento EL NIÑO COSTERO, que hasta el momento, como parte de su evolución, ha alcanzado una MAGNITUD DÉBIL.

Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones

Actualmente el IGP cuenta con datos observacionales alternativos para el monitoreo de las ondas ecuatoriales, estos son adicionales a los datos de TAO (Takahashi et al., 2014). En particular, se han producido diagramas longitud-tiempo (Hovmöller) de las anomalías de nivel del mar calculadas de JASON-2 (Mosquera et al., 2014), de la profundidad de la isoterma de 20°C calculada de Argo (Aparco et al., 2014) y esfuerzo de viento zonal. Asimismo, el IGP cuenta con un modelo oceánico lineal (Mosquera, 2009; 2014 y Mosquera et al., 2011) que permite el monitoreo y predicción de la onda Kelvin. Este modelo usa tanto una profundidad referencial de la termoclina uniforme (LOM1) como variable (LOM2). Ambas configuraciones fueron forzadas usando anomalías de vientos superficiales obtenidas de ASCAT hasta el 31 de julio de 2015. Este modelo es luego corrido en modo de pronóstico con las anomalías de viento i) igualadas a cero (LOM1a y LOM2a) y ii) iguales al promedio de los últimos 30 días (LOM1b y LOM2b).

En el presente mes, los productos de ARGO (Figura 1c), JASON-2 (Figura 1d) y del modelo lineal (Figura 1e) muestran que la onda Kelvin cálida, que se generó en la primera quincena de junio, continúa su trayectoria hacia el Pacífico Ecuatorial Oriental. Esta onda se ha intensificado por las anomalías de viento del oeste de baja intensidad que han estado presentes desde inicio de julio hasta la fecha y que han alcanzado, en la quincena de julio, una extensión máxima que va desde 160°E hasta cerca de 120°E aproximadamente. Por otro lado, un nuevo pulso de viento del oeste a fines de julio y localizado entre 160°E y 180° (línea de cambio de fecha) debe formar una onda Kelvin cálida que arribaría al extremo oriental, si tuviese una velocidad ideal de 2.6 m/s, en la segunda quincena de setiembre. Esta contribuirá a mantener el actual calentamiento en la costa peruana.

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para el mes de setiembre, los pronósticos de la anomalía de la TSM en el Pacífico Oriental (Niño 1+2, ICEN) indican condiciones, principalmente, "cálidas fuertes" (6 de 8 modelos) y condiciones moderadas (2 de 8 modelos). Para el mes de octubre, 4 de 8 modelos indican condiciones fuertes y 4 de 8 modelos condiciones moderadas (Figura

Resumen del Informe Técnico

PPR/EI Niño - IGP/ 2015-7

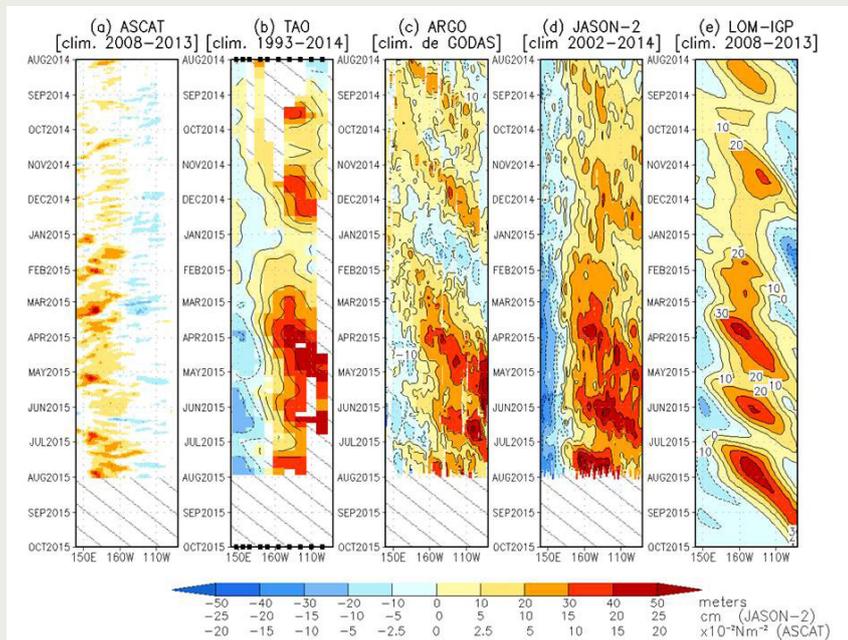


Figura 1. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se muestra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

2). Por otro lado, en el Pacífico Central (Niño 3.4) los modelos indican que las condiciones estarán en el rango de “cálidas muy fuerte” para el mes de setiembre y octubre, las condiciones “cálidas muy fuerte” continuarían para los trimestres Agosto-Setiembre-Octubre y Noviembre-Diciembre-Enero.

Conclusiones

1. El ICEN para junio 2015 fue de **1.96°C (cálida fuerte)**.

2. La onda Kelvin, formada por el pulso de viento del oeste de la quincena de junio, se ha intensificado por las anomalías de viento del oeste de baja frecuencia que han estado presentes desde inicios de julio hasta la fecha y que han alcanzado, en la quincena de julio, una extensión máxima que va desde 160°E hasta cerca de 120°E aproximadamente. Por otro lado, un nuevo pulso de viento del oeste a fines de julio y localizado entre 160°E y 180° (línea de cambio de fecha) debe formar una onda Kelvin cálida que arribaría al extremo oriental, si tuviese una velocidad ideal de 2.6 m/s, en la segunda quincena de setiembre. Esta contribuirá en mantener al actual calentamiento en la costa peruana.

3. Para el Pacífico Oriental (Niño 1+2), la mayoría de modelos (6 de 8) inicializados en julio indican que El Niño costero en marcha tendría magnitud fuerte (2 de 8 indican moderado). El pico sería en julio. Hacia inicio del 2016, todos los modelos predicen menores anomalías de TSM, pero aún correspondientes a condiciones cálidas.

4. Para el **Pacífico Central** (Niño 3.4), todos los modelos inicializados en julio indican que El Niño continuaría hasta al menos fines de 2015. La mayoría de modelos (5 de 7)

| Modelo | Inicio | Extremo | Final | Magnitud |
|-------------------|---------------|---------------|----------------------|---------------|
| CFS2 | abr-15 | jul-15 | No disponible | Moderado |
| CMC1 | abr-15 | jul-15 | No disponible | Fuerte |
| CMC2 | abr-15 | ago-15 | No disponible | Fuerte |
| GFDL | abr-15 | jul-15 | No disponible | Moderado |
| NASA | abr-15 | jul/Ago-15 | No disponible | Fuerte |
| GFDL_FLOR | abr-15 | jul-15 | No disponible | Fuerte |
| NCAR_CCSM4 | abr-15 | oct-15 | No disponible | Fuerte |
| NMME(prom) | abr-15 | jul-15 | No disponible | Fuerte |
| ECMWF | abr-15 | jul/ago-15 | - | Fuerte |
| OBSERVADO | abr-15 | - | - | - |

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

indican que El Niño alcanzaría una magnitud muy fuerte hacia finales del 2015 y condiciones fuertes (2 de 7).

5. Como se señaló en el comunicado anterior, El Niño en toda la cuenca del Pacífico podría seguir creciendo incluso hasta finales del 2015, debido a las actuales condiciones océano-atmósfera de gran escala y, además, a lo indicado por los pronósticos numéricos. Sin embargo, aún existe sustancial incertidumbre sobre su magnitud final. En el Pacífico Oriental no se puede descartar El Niño extraordinario, aunque en agosto se tendrá una evaluación más precisa.

Resumen del Informe Técnico PPR/El Niño - IGP/ 2015-7

Pronóstico con modelos del ICEN CI 201507

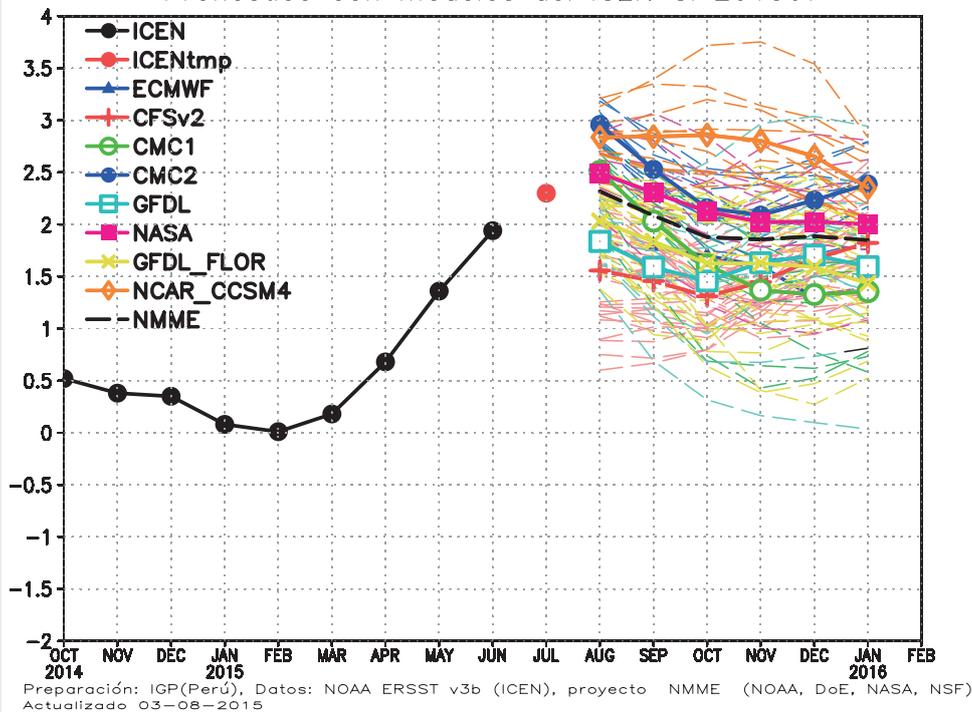


Figura 2. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de tres meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden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

Referencias

Aparco, J., K. Mosquera y K. Takahashi, 2014: Flotadores Argo para el cálculo de la anomalía de la profundidad de la termoclina ecuatorial (Aplicación Operacional), Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 1, N°5, Mayo, Instituto Geofísico del Perú.

Barnston, A., M. Tippet, M. L'Heureux, S. Li, D. DeWitt, 2012: Skill of Real-Time Seasonal ENSO Model Predictions during 2002-11: Is Our Capability Increasing? Bulletin American Meteorological Society, 93, 5, 631-351.

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

Lagos, P., Y. Silva, E. Nickl, K. y Mosquera, 2008: El Niño - related precipitation variability in Perú, Advances in Geosciences, 14, 231-237.

Lavado, W. y J. C. Espinoza, 2014: Entendiendo los impactos de diferentes tipos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 1, N°3, Marzo, Instituto Geofísico del Perú.

Machuca, R., 2014: Cálculo de daños económicos potenciales en viviendas por inundaciones durante la ocurrencia del fenómeno El Niño: caso norte peruano, Tesis para optar el título profesional de Economía, Universidad Nacional del Callao.

Machuca, R., K. Takahashi, y A. G. Martínez, 2014: Impactos económicos de El Niño costero en el sector vivienda a causa de inundaciones en la costa norte del Perú, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vo. 1, N°12, Diciembre, Instituto Geofísico del Perú.

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

Mosquera, K., 2014: Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 1, N°1, Enero, Instituto Geofísico del Perú.

Mosquera, K., B. Dewitte y P. Lagos, 2011: Variabilidad Intra-estacional de la onda de Kelvin ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): simulación numérica y datos observados, Magistri et Doctores, Revista de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 5, 9, p. 55.

Mosquera, K., D. Pareja y K. Takahashi, 2014: Altimetría Satelital para el monitoreo de la onda Kelvin ecuatorial en el Océano Pacífico, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 1, N°4, Abril, Instituto Geofísico del Perú.

Reupo, J., 2011: Evaluación y desarrollo de metodologías para el pronóstico estacional de anomalías de la temperatura en el mar peruano asociadas al Fenómeno El Niño y otros, Compendio de trabajos de investigación realizado por estudiantes, Vol. 12. Instituto Geofísico del Perú.

Reupo, J. y K. Takahashi, 2014: Validación de pronósticos con modelos globales: Correlaciones de TSM (1982-2010), Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 1, N°1, Enero, Instituto Geofísico del Perú.

Takahashi, K., 2014: Variedades de El Niño, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol.1, N°2, Febrero, Instituto Geofísico del Perú.

Takahashi, K., K. Mosquera, D. Pareja, J. Reupo y J. Aparco, 2014: Monitoreo del Pacífico ecuatorial, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 1, N°3, Marzo, Instituto Geofísico del Perú.

Comunicado Oficial ENFEN

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



COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 12 - 2015 Estado del sistema de alerta: **Alerta de El Niño Costero¹**

El Comité Multisectorial ENFEN mantiene el estado de Alerta de El Niño Costero, observándose condiciones consistentes con un evento de magnitud fuerte. Esta situación podría mantenerse durante el invierno con temperaturas en la costa similares a las observadas normalmente durante el otoño, sin presencia de lluvias intensas.

Es probable que El Niño Costero se extienda hasta el verano sin descartar que presente una magnitud fuerte o extraordinaria.

Al finalizar agosto se proporcionará una estimación de la probabilidad de las magnitudes de El Niño Costero para el verano.

El Comité encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) se reunió para analizar y actualizar la información de las condiciones meteorológicas, oceanográficas, biológico-pesqueras e hidrológicas de la primera quincena del mes de julio.

En promedio, las anomalías de la temperatura superficial del mar fueron mayores a +2.5°C frente a la costa norte y centro, alcanzando +3.2°C en Paita. Los valores preliminares del Índice Costero El Niño (ICEN, región Niño 1+2) para junio y julio, corresponden a condiciones cálidas fuertes. A lo largo del litoral, las temperaturas del aire continuaron por encima de lo normal, con anomalías promedio de +2.3°C en la temperatura mínima y +1.9°C en la máxima.

Continuaron las anomalías cálidas superficiales en todo el Pacífico ecuatorial, así como un fuerte acoplamiento de la atmósfera al océano, reflejado en la presencia de actividad convectiva² y de anomalías de viento del oeste, las cuales se han extendido más hacia el Pacífico oriental. Asimismo, la termoclina ecuatorial continúa más inclinada hacia el este y, en promedio, más profunda que lo normal. Todo lo anterior evidencia el establecimiento de la fase cálida de El Niño-Oscilación Sur.

La profundización de la termoclina y la elevación del nivel medio del mar ecuatorial confirman la formación de una nueva onda Kelvin cálida ocasionada por el pulso de vientos del oeste observado a finales de junio.

El nivel medio del mar estuvo en promedio alrededor de +12 cm por encima de lo normal a lo largo de la costa del Perú, ligeramente inferior al mes de junio. La estación oceanográfica a 5 millas náuticas frente a Paita continúa presentando anomalías de temperatura del mar alrededor de +2.5°C sobre los 100 m de profundidad, ligeramente menores al mes anterior. La onda Kelvin cálida generada en mayo produjo un efecto menor al anticipado en la costa.

¹Definición de "Alerta del El Niño costero" Según las condiciones recientes, usando criterio experto en forma colegiada, el Comité ENFEN considera que el evento El Niño costero ha iniciado y/o el valor del ICEN_{tmp} indica condiciones cálidas, y se espera que se consolide El Niño costero (Nota Técnica ENFEN 01-2015).

²Actividad convectiva: Refiere a la presencia de sistemas atmosféricos de gran desarrollo vertical asociados a lluvia intensa.

³Fracción de hembras desovantes: Indica del porcentaje de hembras desovantes en las muestras analizadas. Este índice se obtiene de las lecturas de cortes histológicos de gónadas de hembras (ovarios).

⁴Índice gonadosomático: Índice que relaciona el peso eviscerado del pez con el peso de la gónada hembra. Es indicador de la actividad reproductiva.

⁵Contenido graso: Es el promedio del porcentaje de grasa de las muestras de anchoveta. Se calcula utilizando el método de Soxhlet.

⁶Condiciones costeras cálidas fuertes: ICEN entre 1.7 y 3 (Nota Técnica ENFEN, 2012).

Las lluvias y caudales en la costa del país, ocurrieron dentro de lo normal para la temporada seca. Los reservorios en la costa norte y sur cuentan, en promedio, con almacenamiento al 95% y 64% de su capacidad máxima, respectivamente.

La anchoveta mantuvo su distribución en las regiones centro y sur desde Supe (11°S) hasta el extremo sur. Los indicadores de la biología de la anchoveta (fracción desovante³, índice gonadosomático⁴, contenido graso⁵), mostraron valores ligeramente por debajo de sus patrones históricos.

PERSPECTIVAS

En la costa peruana, se espera que continúen las anomalías positivas de la temperatura superficial del mar y del aire, del nivel medio del mar y de la profundidad de la termoclina en los siguientes meses asociadas a El Niño Costero con una magnitud fuerte (según el ICEN⁶). En lo que resta del invierno, el calentamiento costero no producirá efectos sustanciales en las precipitaciones por ser temporada seca pero se espera que las temperaturas promedio sean similares a las normalmente observadas durante el otoño.

La onda Kelvin cálida, formada por el pulso de viento ocurrido en la segunda quincena de junio y reforzada por la extensión de las anomalías de viento del oeste hacia el Pacífico oriental observada en la primera quincena de julio, contribuirá a mantener las condiciones de El Niño Costero en los próximos dos meses.

Se espera que continúe el acoplamiento océano-atmósfera en el Pacífico ecuatorial asociado a la fase cálida de El Niño-Oscilación Sur, generando nuevas ondas Kelvin cálidas que podrían extender el evento El Niño Costero hacia el verano.

Lo anterior es consistente con los valores estimados del ICEN y con las corridas más recientes de los modelos climáticos, los cuales indican que el evento El Niño Costero tendría una magnitud fuerte en este invierno con un máximo calentamiento en este mes. Mientras tanto, para el Pacífico central (región Niño 3.4), los modelos globales continúan pronosticando la intensificación de las condiciones El Niño hacia fin de año con magnitudes que podrían exceder +2°C.

De acuerdo al análisis del Comité Multisectorial ENFEN, se considera probable que El Niño costero se extienda hasta el verano con magnitud incierta, sin descartar que pueda alcanzar una magnitud fuerte o extraordinaria.

El Comité Multisectorial ENFEN continuará monitoreando en informando sobre la evolución de las condiciones observadas y proporcionará -al finalizar agosto- una estimación de la probabilidad de las magnitudes de El Niño Costero para el verano.

Callao, 23 de julio de 2015



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



COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 13 - 2015 Estado del sistema de alerta: **Alerta de El Niño Costero¹**

El Comité Multisectorial ENFEN mantiene el estado de Alerta, debido a que las condiciones actuales continúan consistentes con un evento de magnitud fuerte. Esta situación podría mantenerse durante el invierno con temperaturas en la costa por encima de lo normal, sin presencia de lluvias intensas. Es probable que El Niño Costero se extienda hasta el verano sin descartar que presente una magnitud fuerte o extraordinaria. Al finalizar agosto se proporcionará una estimación de la probabilidad de las magnitudes de El Niño Costero para el verano.

El Comité encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) se reunió para analizar y actualizar la información de las condiciones meteorológicas, oceanográficas, biológico-pesqueras e hidrológicas de la primera quincena del mes de julio.

En promedio, las anomalías de la temperatura superficial del mar estuvieron alrededor de +2.2°C en la costa centro y norte alcanzando +2.9°C en Paita. El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) para el mes de junio fue de 1.96°C, el cual corresponde a condiciones cálidas fuertes y confirma operacionalmente la presencia de El Niño costero. El valor preliminar del ICEN para el mes de julio es de 2.33°C, persistiendo una condición cálida fuerte. A lo largo del litoral, las temperaturas del aire continuaron por encima de lo normal, con anomalías promedio de +1.5°C para la temperatura mínima y de +1.9°C para la temperatura máxima.

Continúa el fuerte acoplamiento de la atmósfera y el océano en todo el Pacífico ecuatorial, observándose anomalías cálidas superficiales, actividad convectiva² y anomalías de viento del oeste extendidas hacia el Pacífico oriental. Asimismo, la termoclina ecuatorial continúa más inclinada hacia el este y, en promedio, más profunda que lo normal. Todo lo anterior evidencia el establecimiento de la fase cálida de El Niño-Oscilación del Sur.

La profundización de la termoclina y la elevación del nivel medio del mar ecuatorial indican una intensificación de la onda Kelvin cálida ocasionada por el pulso de vientos del oeste observado a finales de junio, como consecuencia de vientos sostenidos de baja intensidad en el Pacífico central. Asimismo, a fines de julio, se ha observado un nuevo pulso de viento del oeste entre 160°E y 180°.

El nivel medio del mar estuvo, en promedio, alrededor de +10 cm por encima de lo normal a lo largo de la costa del Perú, valor inferior al mes

¹Definición de "Alerta del El Niño costero": Según las condiciones recientes, usando criterio experto en forma colegiada, el Comité ENFEN considera que el evento El Niño costero ha iniciado y/o el valor del ICEN_{tmp} indica condiciones cálidas, y se espera que se consolide El Niño costero (Nota Técnica ENFEN 01-2015).

²Actividad convectiva: Refiere a la presencia de sistemas atmosféricos de gran desarrollo vertical asociados a lluvia intensa.

³Fracción de hembras desovantes: Indica el porcentaje de hembras desovantes en las muestras analizadas. Este índice se obtiene de las lecturas de cortes histológicos de gónadas de hembras (ovarios).

⁴Índice gonadosomático: Índice que relaciona el peso eviscerado del pez con el peso de la gónada hembra. Es indicador de la actividad reproductiva.

⁵Contenido graso: Es el promedio del porcentaje de grasa de las muestras de anchoveta. Se calcula utilizando el método de Soxhlet.

de junio. La estación oceanográfica a 5 millas náuticas frente a Paita continúa presentando anomalías de temperatura del mar alrededor de +2°C sobre los 100 m de profundidad, menores al mes anterior.

Las lluvias y caudales en la costa del país ocurrieron dentro de lo normal para la temporada seca. Los reservorios en la costa norte y sur cuentan, en promedio, con almacenamiento al 94% y 64% de su capacidad máxima, respectivamente.

La anchoveta mantuvo su distribución en las regiones centro y sur desde Supe (11°S) hasta el extremo sur. Los indicadores de la biología de la anchoveta (fracción desovante³, índice gonadosomático⁴, contenido graso⁵), mostraron valores por debajo de sus patrones históricos. Sin embargo, la anchoveta ha iniciado su periodo de maduración previo al desove principal de invierno y primavera.

PERSPECTIVAS

En la costa peruana, durante el mes de agosto continuarán las anomalías positivas de la temperatura superficial del mar y del aire, del nivel medio del mar y de la profundidad de la termoclina, aunque con menor magnitud. Sin embargo, se espera que hacia el mes de setiembre se incrementen como consecuencia de la llegada de la onda Kelvin formada a fines de junio. En lo que resta del invierno, el calentamiento costero no producirá efectos sustanciales en las precipitaciones por ser temporada seca.

La onda Kelvin cálida, formada en junio y reforzada por la extensión de las anomalías de viento del oeste hacia el Pacífico oriental durante julio, contribuirá a mantener las condiciones de El Niño Costero en agosto y setiembre. Además, a fines de julio se ha observado un nuevo pulso de anomalía de vientos del oeste que formaría una nueva onda Kelvin que arribaría a fines de setiembre contribuyendo a mantener el calentamiento costero.

Se espera, de acuerdo a lo observado, que continúe el acoplamiento océano-atmósfera en el Pacífico ecuatorial asociado a la fase cálida de El Niño-Oscilación del Sur, generando nuevas ondas Kelvin cálidas que podrían extender el evento El Niño Costero hacia el verano.

Los valores estimados del ICEN y las corridas más recientes de los modelos climáticos, indican que el evento El Niño Costero tendría una magnitud fuerte en este invierno. Mientras tanto, para el Pacífico central (región Niño 3.4), los modelos globales continúan pronosticando la intensificación de las condiciones El Niño hacia fin de año con magnitudes que podrían exceder +2°C.

De acuerdo al análisis del Comité Multisectorial ENFEN, se considera probable que El Niño Costero se extienda hasta el verano con magnitud incierta, sin descartar que pueda alcanzar una magnitud fuerte o extraordinaria.

El Comité Multisectorial ENFEN continuará monitoreando en informado sobre la evolución de las condiciones observadas y proporcionará -al finalizar agosto- una estimación de la probabilidad de las magnitudes de El Niño Costero para el verano.

Callao, 06 de agosto de 2015





© 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:

