



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú - IGP



Programa Presupuestal por Resultados N° 068
"Reducción de vulnerabilidad y atención de
emergencias por desastres".
Producto: "Estudios para la estimación
del riesgo de desastres"

BOLETÍN TÉCNICO

Foto: Andina

GENERACIÓN DE INFORMACIÓN Y MONITOREO DEL FENÓMENO EL NIÑO

Ocurrencia de incendios forestales en el Perú durante eventos El Niño

VOL. 6 N° 5 MAYO 2019

Contenido

3 - 4

Introducción

5 - 9

Artículo de Divulgación Científica

10 - 13

Avances científicos

14 - 17

Resumen del Informe Técnico

18 - 19

Comunicado Oficial del ENFEN

Créditos

Programa Presupuestal N° 068 "Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres".
Producto: "Estudios para la estimación del riesgo de desastres".
Actividad: "Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño".

Lucía Ruíz
Ministra del Ambiente

Hernando Tavera
Presidente Ejecutivo IGP

Danny Scipión
Director Científico IGP

Yamina Silva
Directora de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera

Kobi Mosquera
Responsable de la elaboración del Boletín
El Niño - IGP

Equipo científico: Kobi Mosquera, Jorge Reupo, Berlín Segura, Gerardo Rivera

Edición: Kobi Mosquera
Diseño y Diagramación: Luis Miguel Ybañez

Carátula: Incendios forestales en la región Cusco que afectaron cultivos y pastos naturales.
Foto: Andina

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

Impreso por:
INVERSIONES IAKOB S.A.C.
Telf. (051-1) 2963911
Dirección: Av. Iquitos 1481 – La Victoria

Lima, setiembre de 2019

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2014-02860

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 de la Comisión Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) participan en este PPR con el producto denominado "Estudios para la estimación del riesgo de desastres", que consiste en la entrega en forma oportuna de información científica sobre el monitoreo y pronóstico de este evento natural 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 información y monitoreo del Fenómeno El Niño", la cual incluye la síntesis y evaluación de los pronósticos de modelos climáticos internacionales, el desarrollo y validación de nuevos modelos de pronóstico, así como el desarrollo de estudios científicos que fortalecerá en forma continua la capacidad para este fin.

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

Los resultados de esta actividad están disponibles en: <http://intranet.igp.gob.pe/productonino/>



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 de la Comisión Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), el IGP rutinariamente aporta información experta sobre modelos y pronósticos relacionados con El Niño y fenómenos asociados.



ENFEN

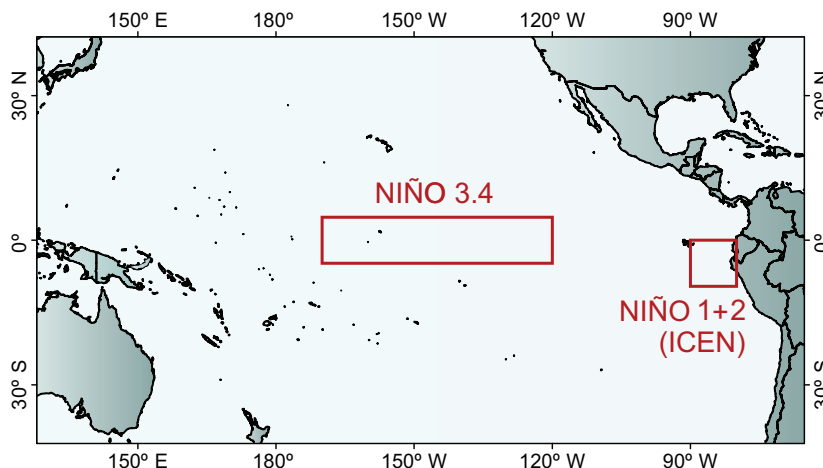
La Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), conformada por representantes de IMARPE, DHN, IGP, SENAMHI, ANA, INDECI y CENEPRED, es el ente que genera la información oficial de monitoreo y pronóstico del Fenómeno El Niño y otros asociados.

Esta Comisión es de naturaleza permanente, depende del Ministerio de la Producción y tiene por objeto la emisión de informes técnicos de evaluación y pronóstico de las condiciones atmosféricas, oceanográficas, biológico-pesqueras, ecológico marinas e hidrológicas que permitan mejorar el conocimiento del Fenómeno "El Niño" para una eficiente y eficaz gestión de riesgos (Decreto Supremo N° 007-2017-PRODUCE).

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, emite mensualmente 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 para su difusión a los usuarios.

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

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



El mapa muestra las dos regiones que definen los principales índices de temperatura superficial del mar utilizadas para monitorizar El Niño y La Niña. La región Niño 1+2 (90°-80°W, 10°S-0°), en la que se basa el Índice Costero El Niño (ICEN), se relaciona con impactos en la costa peruana, mientras que la región Niño 3.4 (5°S-5°N, 170°W-120°W) se asocia a impactos remotos en todo el mundo, incluyendo los Andes y Amazonía peruana.

Ocurrencia de incendios forestales en el Perú durante eventos El Niño



**Ricardo Zubieta,
Ph. D.**

INVESTIGADOR CIENTÍFICO
DEL INSTITUTO GEOFÍSICO
DEL PERÚ (IGP)

Ph. D. en Recursos Hídricos y MSc. en Ingeniería de Recursos Hídricos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), es también ingeniero Geógrafo de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV). Actualmente es investigador científico de la Subdirección de ciencias de la Atmósfera e Hidrosfera del IGP. Es primer autor de diversos artículos indexados en revistas internacionales en temas asociados a impactos de eventos hidro-climáticos extremos en regiones Andino-Amazónicas. Recientemente, su investigación está enfocada en estudiar las condiciones favorables para la ocurrencia de incendios forestales en el Perú.



**Ing. Fernando
Prudencio**

INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ
(IGP)



MSc. Glory Alarco

DIRECCIÓN GENERAL DE
ORDENAMIENTO TERRITORIAL
AMBIENTAL DEL MINISTERIO DEL
AMBIENTE (MINAM)



Lic. Jorge Reupo

INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ
(IGP)

INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales (IFs) pueden ser considerados fenómenos naturales en muchos ecosistemas del mundo y sus causas detonantes son aspectos importantes para el manejo forestal. En regiones tropicales, los IFs se caracterizan por una variación enorme en sus contextos ambientales y sociales. El estudio de IFs sigue siendo un desafío para la ciencia y el manejo forestal, debido a la interacción entre factores naturales y antrópicos (Lippok et al., 2013). En los últimos años los IFs han impactado severamente varias regiones del Perú, como Cusco, Lambayeque, Piura y Cajamarca (INDECI, 2013; El Comercio, 2018). No obstante, el Perú no está en condiciones para afrontar este tipo de emergencias al no tener una unidad especializada de respuesta ante IFs (RPP, 2016).

El monitoreo de bosques a nivel nacional, a partir del uso de sensoramiento remoto -el cual permite documentar

la deforestación/cambio de uso de la tierra y catastro forestal por parte de GEO-BOSQUES, GEOSERVIDOR y GEO-SERFOR de los Ministerios del Ambiente (MINAM) y Agricultura respectivamente- contribuye a la gestión forestal de los gobiernos regionales y locales. El MINAM, en el marco de sus funciones, al evaluar y monitorear los ecosistemas y la biodiversidad en el territorio nacional, reporta por medio de mapas la existencia de condiciones favorables para la ocurrencia de IFs. Estos mapas tiene por objetivo realizar una labor de previsión que contribuya a la toma de decisiones (<http://geoservidor.minam.gob.pe/monitoreo-y-evaluacion/cfoi/>).

La conformación de un sistema de alerta temprana ante IFs debe ser respaldada con estudios e investigaciones científicas en los contextos ambientales y sociales. De hecho, uno de los componentes más importantes del manejo de los IFs es la previsión de las condiciones de peligro ante su ocurrencia. Estos pueden ser originados por

actividades humanas o fenómenos meteorológicos como un rayo (Stocks et al., 1998). Por ello, la cuantificación de los efectos e interacción de factores naturales (clima, topografía, vegetación) y antrópicos (como el uso de la tierra y las condiciones de manejo o la quema de vegetación) debe ser establecida (Ying et al., 2018). Los factores climáticos están llamados a desempeñar un importante rol en la ocurrencia de IFs, pues periodos prolongados sin lluvia pueden causar déficit de humedad en el suelo, contribuyendo a la propagación de “quemadas” o incendios.

La costa del Pacífico es predominantemente seca y es influenciada principalmente por factores orográficos, oceánicos y atmosféricos (Garreaud et al., 2009). El régimen estacional de lluvias en los Andes del Perú se caracteriza por periodos diferenciados de lluvias y estiaje. No obstante, la Amazonía puede estar asociada a una débil estacionalidad (Espinoza et al., 2009). En la región centro y norte del Perú, las lluvias están estrechamente asociadas al incremento de la temperatura superficial del mar (TSM) del Pacífico oriental, mientras que en los Andes del Perú el incremento de la TSM en el Pacífico central contribuiría a una disminución en las lluvias (Lagos et al., 2008; Lavado and Espinoza, 2014).

Un periodo de estiaje prolongado o un retraso en el inicio de temporada de lluvias puede manifestarse como un episodio de sequía y así contribuir severamente a la propagación de quemadas o IFs. La ocurrencia de estos últimos en bosques amazónicos del Brasil ha sido asociado a sequías con incremento de la TSM del Pacífico ecuatorial como consecuencia de El Niño (Uvo et al., 1998; Marengo and Espinoza, 2015). Las sequías extremas de 2005 y 2010 fueron asociadas a una anomalía positiva de la TSM del Atlántico norte (Espinoza et al., 2011; Marengo et al., 2011). No obstante, en el Perú, la asociación entre la ocurrencia de incendios y la posible influencia del Fenómeno El Niño no ha sido analizada. De hecho, existe incertidumbre acerca de la distribución espacial y temporal de IFs.

El objetivo principal de este estudio es documentar los IFs y analizar la influencia de eventos El Niño, manifestados en cambios de la TSM. Este estudio permitiría generar nuevos conocimientos acerca de posibles impactos de El Niño y asociar patrones regionales a quemadas o incendios. Con esta evidencia científica se puede contribuir con el desarrollo de políticas sólidas de gestión y/o regulación para la quema de biomasa en regiones Andino-amazónicas a nivel nacional.

■ DATOS Y METODOLOGÍA

Con el objetivo de monitorear los ecosistemas y la biodiversidad del territorio nacional, la Dirección General de Ordenamiento Territorial Ambiental (DGOTA) del MINAM ha construido un registro histórico de IFs a nivel nacional, información que mejora el entendimiento de la dinámica espacial y temporal de los incendios. Este registro se actualiza diariamente y para ello sigue:

- 1) un protocolo establecido que se inicia con la ubicación y referencias zonales del evento, empleando información provista por el Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación – SINPAD, del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).

- 2) la recopilación de reportes periódicos e información proveniente de los Gobiernos Regionales.

La información es revisada a través de técnicas de sensoramiento remoto, analizando posibles caídas de la actividad fotosintética mediante el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés) e identificando la “cicatriz” del evento producido. Posteriormente se realiza una codificación y edición de la base de datos en sistemas de información geográfica. Para analizar la probabilidad de ocurrencia de IFs a lo largo del año, se realizó un análisis de frecuencia en función a las regiones costera, andina y amazónica, empleando datos entre 2000 y 2018 (<http://geoservidor.minam.gob.pe/monitoreo-y-evaluacion/registros-historicos-cfoi/>; DGOTA, 2018). En este estudio la cota de 1500 msnm fue considerada divisoria de la región andina. Este rango es también considerado en otros estudios de la región (Zubieta et al., 2017; Zulkafli et al., 2014).

De forma adicional, se recopilaron datos de anomalías de temperatura superficial del mar (*Extended Reconstructed Sea Surface Temperature*) (ERSST v3b), provistos por la NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), tales como el Índice Costero El Niño (ICEN), el *Oceanic Niño Index* (ONI) e índice del Atlántico norte (NATL). Takahashi et al. (2011) propuso una nueva interpretación para El Niño Canónico y El Niño del tipo Pacífico Central. Los índices E y C basados en esta propuesta fueron también considerados para este estudio.

■ DISCUSIÓN Y RESULTADOS

La ocurrencia de IFs en los Andes nos sugieren un régimen estacional, los cuales se incrementan durante la parte final del periodo de estiaje e inicial de la temporada de lluvias para, finalmente, disminuir en el periodo de lluvias (Fig. 1a). En este estudio los periodos de estiaje, inicio de la temporada de lluvias y la temporada de lluvias se consideran en los periodos mayo-agosto, setiembre-noviembre y diciembre-abril, respectivamente. El análisis de frecuencia fue realizado para representar un año en condición normal o promedio (Fig. 1a) y extremo (años con datos completos y donde la ocurrencia se incrementó severamente tales como 2005, 2010 y 2016) (Fig. 1b).

El régimen mensual de IFs muestra una muy alta ocurrencia en el segundo semestre con máximas en agosto y noviembre (Fig. 1b). La distribución espacial de IFs en el Perú nos muestra una alta ocurrencia de estos eventos en regiones de alta montaña (entre 1500 y 4000 msnm) y predominantemente en la región andina oriental. En contraste, las regiones amazónica y costera presentan una baja y muy baja ocurrencia, respectivamente (Fig. 1c). Para una mejor aproximación, se ha realizado un análisis de frecuencia empleando el registro histórico para tres regiones: Andes occidentales, Andes orientales y amazónica (Fig. 2a).

El análisis cuantitativo de incendios en los Andes orientales nos indica un claro incremento en su ocurrencia durante el periodo de estiaje e inicio de la temporada de lluvias entre agosto y noviembre (Fig. 2b). Se observa que noviembre es el mes de mayor ocurrencia de IFs (Fig. 2b), esto refleja

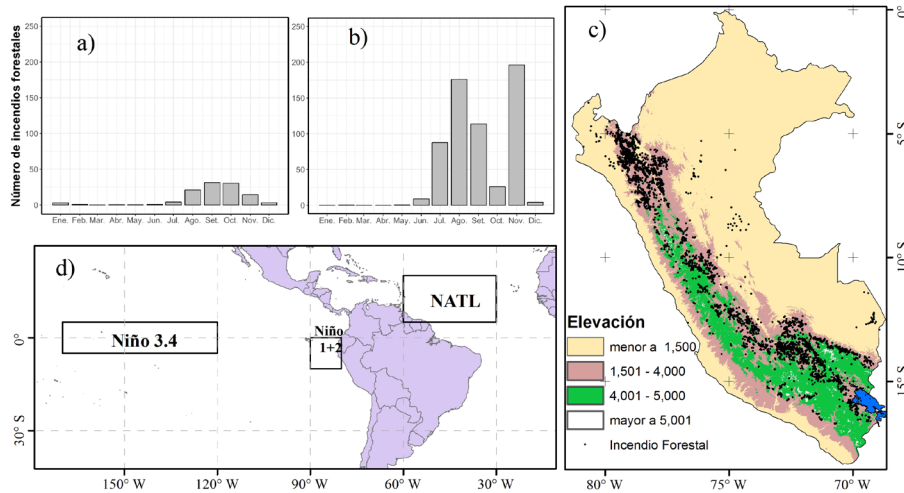


Figura 1. a) Promedio mensual de la ocurrencia de incendios forestales en un año normal, b) igual que (a) pero solo para los años 2005, 2010 y 2016 (años extremos), c) Modelo de elevación digital y distribución espacial de incendios forestales en el Perú, y d) Mapa que muestra, con cuadrados de color negro, las regiones Niño 3.4 y Niño 1+2 en el océano Pacífico, y el NATL en el océano Atlántico.

la influencia de los años en los que la ocurrencia de IFs se incrementó severamente (2005, 2010, 2016) (Fig. 1b). Este régimen es también observado en los Andes occidentales y la región amazónica (Fig. 2b). En general, esto nos sugiere que condiciones de déficit estacional de humedad en el suelo, que sucede al final del periodo de estiaje, desempeñan un importante rol en la ocurrencia de IFs en regiones andinas; unas ocurrencias que pueden alcanzar niveles muy altos durante el periodo de inicio de temporada de lluvias. Esto puede estar asociado a un retraso en el inicio de las lluvias en los Andes o periodos de sequía extrema en la Amazonía. A nivel nacional, las regiones del norte y sur que pueden presentar probablemente una mayor ocurrencia de incendios son Cajamarca, Cusco, Puno y Apurímac, seguido de Piura, La Libertad, Ayacucho y Huánuco (Fig 2c).

La Fig. 1d muestra las dos regiones que definen los principales índices de TSM que son utilizadas para monitorear El Niño y La Niña en el Pacífico. La región Niño 3.4 (5°S-5°N, 170°W-120°W), por medio del ONI, nos permite determinar, de manera independiente, si un evento El Niño/La Niña en el Pacífico Central se está desarrollando y, en consecuencia, podría haber un impacto en los Andes y Amazonía. Por otro lado, la región Niño 1+2 (90°-80°W; 10°S-0°), en la cual se basa el ICEN, nos indicaría el desarrollo de un evento El Niño/La Niña costero que, si se da en verano, podría contribuir a fuertes precipitaciones en la costa norte y centro del Perú. El mapa 1d también muestra la región del Atlántico norte (NATL) (5-20°N, 60-30°W), la cual se asocia a sequías en la Amazonía (Espinoza et al., 2011).

El escenario climático en el año 2005, frente a la costa del Perú, fue de un estado normal. Sin embargo en el Pacífico Central se observó la finalización de un evento "El Niño del Pacífico Central" en febrero, el cual se había iniciado en julio de 2004. Para el año 2010, frente a la costa del Perú, basado en el ICEN, se desarrolló un evento La Niña Costera de magnitud moderado entre agosto y noviembre, mientras que en el Pacífico Central se mantuvo un evento "El Niño del Pacífico Central", iniciado en julio de 2009, hasta marzo de 2010 para luego iniciar en junio de ese año un evento "La Niña del Pacífico Central" que se extendería por varios meses. Durante el 2016, el Pacífico tropical experimentaba un evento "El Niño Global" que concluiría en mayo-junio del mismo año, para pasar luego a un evento "La Niña del Pacífico Central" desde agosto hasta diciembre (esto está basado en el ICEN¹ y ONI²).

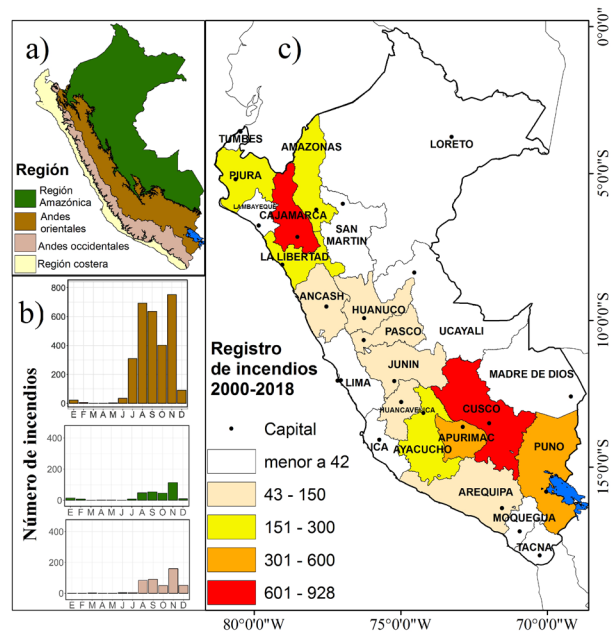


Figura 2. a) Mapa que muestra las regiones de análisis: costera (menor a 1500 msnm), Andes orientales (mayor a 1500 msnm) y región amazónica (menor a 1500 msnm), b) histogramas que muestran el número de incendios forestales durante el año para regiones señaladas en "a", y c) mapa regional (político administrativo) de ocurrencia de incendios forestales en el Perú.

Los índices Niño 1+2, Niño 3.4, NATL, E y C, así como la frecuencia mensual de IFs, son graficados en la Fig. 3a-b. Se aprecia que la ocurrencia de incendios se incrementó severamente entre agosto y noviembre en los años 2000, 2005, 2010 y 2016, no obstante, solamente los años 2005, 2010 y 2016 fueron analizados al presentar la mayor disponibilidad de datos de incendios. La relación entre un calentamiento o un enfriamiento de las regiones Niño 1+2 y Niño 3.4 con el incremento en la ocurrencia de incendios entre 2000 y 2018 no es clara ($r=0.2$, $ns<0.01$) (Fig. 3). Sin embargo, los periodos entre agosto y noviembre de los años 2005 y 2010 sugieren un ligero enfriamiento ($\sim 1^{\circ}\text{C}$) en las regiones Niño 1+2 y Niño 3.4, periodo en el cual el

¹ Lista de eventos El Niño y La Niña Costeros: http://www.met.igp.gob.pe/elniño/lista_eventos.html

² Episodios cálidos y fríos en el Pacífico Ecuatorial Central según el ONI: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php

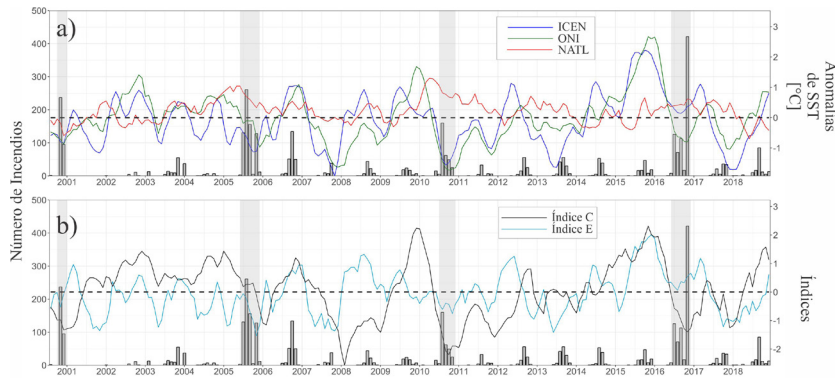


Figura 3. Series de tiempo del número de incendios forestales (barras verticales grises) en a) índices ICEN (azul), ONI (verde), el NATL (rojo); en b) índices E (negro) y C (cian). Las franjas verticales (2001, 2005, 2010, 2016) de color gris indican el periodo de mayor ocurrencia de incendios forestales.

incremento de incendios fue severo. Esto difiere del año 2016, donde un ligero enfriamiento se presentó solo en el Pacífico central (región Niño 3.4).

La información también indica un aumento de la TSM en la región NATL entre enero y junio de 2005 y 2010, seguido por una reducción de la TSM en el segundo semestre (Fig. 3a). Los años 2005 y 2010 están asociados a sequías extremas en la Amazonía, caracterizadas por un incremento de la TSM en el Atlántico entre abril y agosto, con debilitamiento de vientos y, por tal, una reducción en el transporte de humedad hacia la cuenca Amazónica (Marengo et al., 2011; Espinoza et al., 2011). Nuestros hallazgos sugieren que la reducción de lluvias asociada a sequías de los años 2005 y 2010 en la cuenca amazónica, contribuyeron al incremento de la ocurrencia de IFs en los Andes. Asimismo, la alta ocurrencia de IFs en el segundo semestre de 2016, coincide con una paulatina reducción de la TSM en el Pacífico (regiones Niño 1+2 y Niño 3.4) desde su primer semestre, además de un ligero calentamiento de la región NATL (Fig. 3a).

El análisis entre la distinción de eventos El Niño del Pacífico oriental y central, mediante los índices E y C respectivamente -provistos por Takahashi et al. (2011)-, y el incremento de la ocurrencia de IFs, nos indica que los años 2005 y 2010 son precedidos por patrones de calentamiento (índice $C \geq 1.0$) al iniciar el año y un paulatino enfriamiento del Pacífico central a lo largo del año. Este mismo comportamiento es también observado en el año 2016 (Fig. 3b). Lo que sugiere una posible relación entre la transición de El Niño a La Niña en el Pacífico central (es decir la tendencia negativa del índice C identificada entre enero-marzo, que se acentúa hasta junio, y que se prolonga hasta noviembre o diciembre) con el incremento severo de la frecuencia de IFs identificado entre julio- diciembre de 2005, 2010 y 2016, comportándose como un posible indicador asociado a periodos con alta frecuencia de incendios.

No obstante, este escenario difiere de lo ocurrido en 2007, donde la frecuencia de IFs fue relativamente normal. A diferencia de 2005, 2010 y 2016, en el año 2007 el proceso de transición de condiciones El Niño a condiciones La Niña en el Pacífico Central (región Niño 3.4), es acompañado de un proceso similar en el Pacífico oriental (región Niño 1+2) (Fig. 3b). Estas condiciones de La Niña costera podrían contribuir al incremento de lluvias por encima de lo normal en algunas regiones de los Andes entre octubre y diciembre, dada la correlación inversa identificada entre la anomalía de la TSM y las lluvias (Lagos et al, 2008). Este factor puede haber contribuido a la reducción de condiciones favorables para IFs y que la frecuencia de incendios fuese relativamente normal en 2007.

Información espacial y temporal acerca de la calidad, cantidad y desarrollo de la vegetación a partir de sensoramiento remoto en la región de los Andes y Amazonia puede contribuir a reducir la incertidumbre de los resultados. Además resulta relevante de estudiar variables climáticas y los procesos de circulación atmosférica en años de condiciones normales y extremas asociada a la ocurrencia de incendios.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

La ocurrencia de incendios forestales podría ser asociada a un régimen estacional, con una mayor frecuencia de estos eventos finalizando el periodo de estiaje e inicio de la temporada de lluvias entre agosto y noviembre. Las regiones que presentan la mayor frecuencia de estos eventos son Cusco, Cajamarca, Puno y Apurímac. En general, esto sugiere que se debe establecer protocolos, en materia de prevención y disuasión, para actividades de quemas en regiones por encima de los 1500 msnm entre agosto y noviembre ante periodos de déficit de lluvias o prolongados periodos de sequía. En este contexto, la Autoridad Nacional del Agua y el Instituto Geofísico del Perú proveen los reportes mensuales "Eventos hidrológicos extremos en la Amazonía peruana: Sistema de alerta para la previsión", que permite prever los impactos de eventos extremos, como sequías e inundaciones, en la Amazonia peruana (<http://intranet.igp.gob.pe/eventos-extremos-amazonia-peruana/>).

Se ha identificado los años 2005, 2010 y 2016 en los que la frecuencia de incendios se incrementó severamente entre agosto y noviembre. El incremento de incendios ocurrido en 2005 y 2010 en los Andes peruanos es asociado a eventos de sequía extrema en la Amazonía (Espinoza et al., 2011). En general, el déficit de humedad alcanzado después del periodo de estiaje y durante el periodo de inicio de precipitaciones en los Andes, es un factor que contribuye a incrementar la ocurrencia estacional de incendios forestales.

Por otro lado, condiciones vinculadas a un proceso de transición de El Niño a La Niña, es decir, un aumento de la temperatura superficial del mar en el Pacífico central -que alcanzó niveles máximos a inicios de año en 2005, 2010 y 2016 y luego un enfriamiento que se acentúa durante el primer semestre y que se prolonga hasta el segundo semestre-, se comportan como posibles indicadores del incremento severo de la ocurrencia de incendios forestales entre julio y noviembre.

El incremento de la frecuencia de incendios forestales, debido a causas ambientales y sociales, e impactos en la

región de los Andes y Amazonía peruana, es un tema que requiere investigación científica. Investigaciones en temas sociales, climáticos y de sensoramiento remoto contribuirán a reducir la incertidumbre acerca de sus causas e impactos. Estas investigaciones pueden también contribuir en la conformación de un sistema regional de alerta ante incendios forestales, el cual es necesario para la gestión de los territorios que cuentan con ecosistemas frágiles.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ministerio del Ambiente por proveer los datos de incendios forestales. También se agradece a Miriam Rodríguez y Witman García de la Dirección de Ordenamiento Territorial del Ministerio del Ambiente por su labor en el procesamiento de datos relacionados a incendios forestales.

(<http://geoservidor.minam.gob.pe/monitoreo-y-evaluacion/registros-historicos-cfoi/>)

Los autores agradecen al Instituto Geofísico del Perú por la provisión de datos en línea del ICEN (<http://www.met.igp.gob.pe/datos/icen.txt>), y de los índices C y E (<http://www.met.igp.gob.pe/datos/EC.txt>). Se agradece al Climate Prediction Center (CPC) de la NOAA por los datos de índices atmosféricos mensuales para la región del Atlántico Norte (<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>) y el Oceanic Niño Index (ONI, <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/oni.ascii.txt>). Comentarios de Kobi Mosquera, Omar Gutierrez y Juan Sulca son también valorados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DGOTA. 2018. Dirección General de Ordenamiento Territorial Ambiental (DGOTA). Registro histórico de incendios sobre la cobertura vegetal a nivel nacional. Ministerio del Ambiente-Perú, <http://geoservidor.minam.gob.pe/monitoreo-y-evaluacion/registros-historicos-cfoi/>

Espinoza, J.C., Ronchail, J., Guyot, J.L., Cochemeau, G., Filizola, N., Lavado, W., de Oliveira, E., Pombosa, R., Vauchel, P. 2009. Spatio-temporal rainfall variability in the Amazon Basin Countries (Brazil, Peru, Bolivia, Colombia and Ecuador). *Int J Climatol* 29:1574–1594. doi:10.1002/joc.1791

Espinoza, J. C., Ronchail, J., Guyot, J. L., Junquas, C., Vauchel, P., Lavado, W., Pombosa, R. 2011. Climate variability and extreme drought in the upper Solimões River (Western Amazon Basin): Understanding the exceptional 2010 drought. *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, 38, 1–6. <https://doi.org/10.1029/2011GL047862>

Garreaud, R.D., Vuille, M., Compagnucci, R., Marengo J. 2009. Present-day South American climate. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 281(3–4): 180–195.

El Comercio. 2018. <https://elcomercio.pe/peru/incendios-forestales-han-registrado-24-ultimos-tres-meses-noticia-458154> Visto ultima vez 12-jun-2018

INDECI. 2013. Anuario de Estadísticas Ambientales 2013. fenómenos naturales y emergencias, Instituto Nacional de Defensa Civil.

Lagos, P., Silva, Y., Nickl, E., Mosquera, K. 2008. El Niño, Climate Variability and Precipitation Extremes in Perú, *Adv. Geosciences*. 14, 231-237.

Lavado, W., Espinoza, J.C. 2014. Impact of El Niño and La Niña events on Rainfall in Peru. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.29, 171-182. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862014000200003>

Lippok, D., Beck, S., Renison, D., Gallegos, S., Saavedra, F., Hensen, I., Schleuning, M. 2013. Forest recovery of areas deforested by fire increases with elevation in the tropical Andes. *Forest Ecology and Management*. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.01.011>

Marengo, J.A., Tomasella, J., Alves, L.M., Soares, W., Rodriguez, D.A. 2011. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. *Geophys. Res. Lett.* 38: 1–5.

Marengo, J. A. and Espinoza, J. C. 2015. Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. *International Journal of Climatology*. DOI: 10.1002/joc.4420

RPP. 2016 <http://rpp.pe/blog/mongabay/infografia-cual-es-la-situacion-de-los-incendios-forestales-en-peru-noticia-1011966>. Visto ultima vez 12-06-2018.

Stocks, B.J., Fosberg, M.A., Lynham, T.J., Mearns, L., Wotton, B.M., Yang, Q., Jin, J.-Z., Lawrence, K., Hartley, G.R., Mason, J.A., Mckenney, D.W. 1998. Climate change and forest fire potential in Russian and Canadian boreal forests. *Clim. Change* 38, 1–13. <https://doi.org/10.1023/A:1005306001055>

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

Uvo, C., Repelli, C., Zebiak, S., Kushnir, Y. 1998. The relationship between tropical pacific and atlantic SST and northeast Brazil monthly precipitation, *J. Clim.*, 11, 551–562,

[https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1998\)011<0551:TRBTPA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1998)011<0551:TRBTPA>2.0.CO;2)

Ying, L., Han J., Du, Y., Shen, Z. 2018. "Forest fire characteristics in china: Spatial patterns and determinants with thresholds", *Forest Ecology and Management*, vol. 424, pp. 345-354. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.05.020>

Zubieta, R., Getirana, A., Espinoza, J. C., Lavado-Casimiro, W., and Aragon, L. 2017. Hydrological modeling of the Peruvian-Ecuadorian Amazon Basin using GPM-IMERG satellite-based precipitation dataset, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 21, 3543-3555, [Doi.org/10.5194/hess-21-3543-2017](https://doi.org/10.5194/hess-21-3543-2017)

Zulkafli, Z., Buytaert, W., Onof, C., Manz, B., Tarnavsky, E., Lavado, W., & Guyot, J.L. 2014. A Comparative Performance Analysis of TRMM 3B42 (TMPA) Versions 6 and 7 for Hydrological Applications over Andean – Amazon River Basins. *Journal of Hydrometeorology*, 15(2), 581–592. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-13-094.1>

Transporte de sedimentos en el Río Puyango-Tumbes durante el Fenómeno El Niño Costero 2017-Proyecto MoSARD

Renzo Mendoza, Elisa Armijos, Sergio Morera y Manuel Figueroa

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Lima-Perú

Instituto Geofísico del Perú (IGP), Lima-Perú

INTRODUCCIÓN

La costa peruana es la región que sustenta la mayor actividad económica del país. No obstante, dicha región es altamente afectada por eventos climáticos extremos como el Fenómeno El Niño (FEN). El FEN está asociado a precipitaciones elevadas en el período de enero a marzo en la costa norte del Perú (Woodman, 1997; Woodman y Takahashi, 2014), las cuales incrementan el volumen de agua en los ríos y promueven el arrastre de grandes cantidades de sedimentos. La acumulación de estos sedimentos provoca la colmatación de los ríos haciendo que estos se desborden. Morera et al. (2017), identifican que durante el FEN los flujos sedimentarios en la costa peruana se incrementan en aproximadamente un 60%.

Esta cuantificación inicial no responde aún cómo es la distribución espacial del transporte de sedimentos en suspensión para las diferentes secciones de medición en la costa peruana. Armijos et al. (2017) aplicando el Modelo de Rouse (Rouse, 1938), determinaron que este modelo consigue describir correctamente la distribución de sedimentos en suspensión en la sección para ríos tropicales, como el río Amazonas. De igual manera Higgins et al. (2017) aplicaron el Modelo de Rouse, para caracterizar el transporte de sedimentos en suspensión en el río Magdalena (Colombia), mostrando que es necesario realizar un ajuste en los parámetros para describir mejor las épocas de estiaje.

Aplicando el modelo de Rouse, este estudio muestra las diferencias que pueden existir en el transporte de sedimentos en suspensión durante un evento FEN y un año neutral, para lo cual se han utilizado mediciones de abril de 2017 y 2018. Según el ENFEN, el año 2017 fue catalogado como un FEN Costero, donde las lluvias se iniciaron en febrero y se extendieron hasta abril (Martínez y Morón, 2017, SENAMHI, 2017), mientras que para abril de 2018 La Niña costera estaba en fase de finalización, es decir, fue un período sin lluvias (comunicados ENFEN en <http://enfen.gob.pe/>).

DATOS Y MÉTODOS

La cuenca binacional del río Puyango-Tumbes se localiza en la costa norte del Perú, al sur de Ecuador. La estación hidrológica El Tigre, -operada por el Proyecto Especial Binacional Puyango-Tumbes (PEBPT) y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)-, está localizada 40 kilómetros antes de la desembocadura al Océano Pacífico y tiene un área de cuenca colectora de aproximadamente 4,380 km² (Figura 1a).

Los datos utilizados en la estación El Tigre en el mes de abril de 2017 y 2018, son mediciones realizadas *in situ* con equipos del Instituto Geofísico del Perú (IGP), obteniéndose: **i)** la medición de caudales líquidos utilizando un correntómetro acústico de efecto Doppler

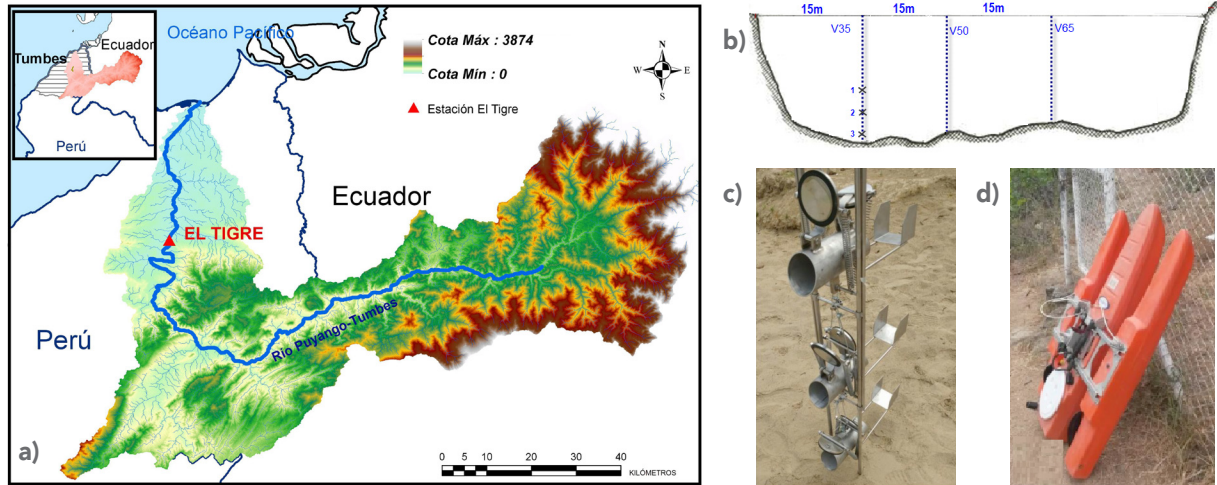


Figura 1. a) Localización de la Cuenca de Tumbes, estación hidrológica El Tigre, b) diagrama de la sección de aforo Perfiles separados a 15m: V35, V50, V65, c) muestreador triple de sedimentos en suspensión, d) Correntómetro de efecto Doppler (ADCP).

(ADCP) Rio Grande de 1200 KHz y ii) la toma de muestras de sedimentos en suspensión en diferentes profundidades y en tres verticales (V35, V50, V65) las cuales están separados cada 15 m de distancia (Figura 1 b,c,d).

También se utilizaron datos de precipitación del producto PISCO (Peruvian Interpolation data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations; SENAMHI, 2015) con una resolución espacial aproximada de 5 x 5 km.

El Modelo de Rouse (Rouse, 1938), es un modelo matemático basado en la hipótesis que postula que existe un equilibrio entre las fuerzas de gravedad y turbulencia para mantener a los sedimentos en suspensión (Ecuación 1). Fue calibrado a partir de una concentración de referencia cerca del fondo (C_a), y el exponente Z , se obtuvo calculando la velocidad de sedimentación de la partícula y la velocidad de corte, a partir de datos de velocidad media del ADCP (Ecuación 2 y 3).

$$\frac{c_h}{c_a} = \left(\frac{y-h}{y-a} \cdot \frac{a}{h} \right)^Z \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

y es el tirante de agua (m),

a es el espesor de la capa de fondo, $0.05 \cdot y$ (m)

C_h es la concentración de sedimentos a una altura h desde el fondo (mg/l),

C_a es la concentración de sedimentos de referencia a la altura a (mg/l).

$$Z = \frac{W_s}{KV^*} \quad \text{Ecuación 2}$$

W_s es la velocidad de sedimentación (m/s) (Ecuación 3) y V^* velocidad de corte (m/s)

$$W_s = \frac{1}{18} \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\nu} \right) d^2 \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

γ_s es la densidad específica del sedimento (kg/m³);

γ es la densidad específica del agua (kg/m³);

d es el diámetro de la partícula (m)

ν es la viscosidad el agua (Kg/m.s)

V^* es la velocidad de corte (m/s) y se calcula a partir de los perfiles de velocidad de cada perfil muestreado a partir de la ecuación de Prandtl-Von Karman Ecuación 4

$$V^* = a K \quad \text{Ecuación 4}$$

a está en función de la velocidad y K es la constante de Van Karman = 0.41.

Finalmente, el caudal sólido (Kg/s) en la sección es calculado de la integración de la concentración obtenida del Modelo de Rouse para cada célula de velocidad dada por el ADCP.

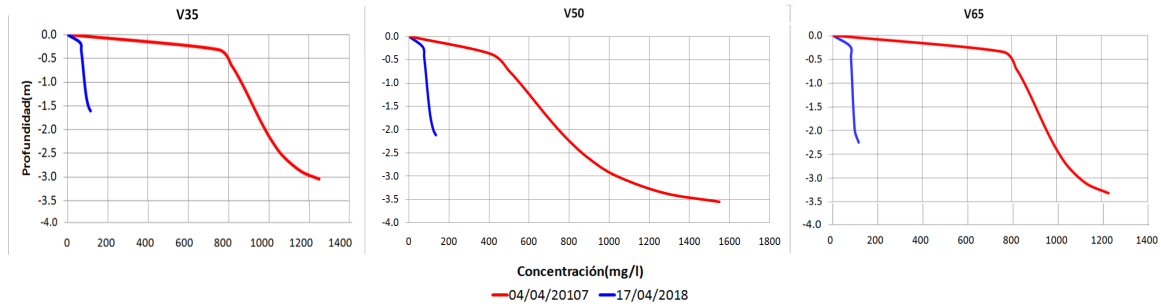


Figura 2. Perfiles de concentración de sedimentos en suspensión en las verticales V35 (izquierda), V50 (centro), V65(derecha). En rojo año El Niño Costero abril 2017 y en azul año normal abril 2018.

RESULTADOS

Los resultados evidencian las grandes diferencias hidráulicas y de concentración de sedimentos encontradas durante un escenario FEN Costero 2017 y otro en condiciones la Niña Costera. Se observó que la profundidad de la sección se incrementa en casi el doble y las concentraciones de sedimentos en suspensión pueden ser 10 veces mayores entre FEN Costero 2017 y un año sin lluvias (Figura 2 y Tabla 1).

La forma de los perfiles es diferente, lo cual se constata a través de los parámetros que caracterizan a los perfiles, como es la velocidad de corte. Está velocidad representa el doble para las verticales V35 y V50.

Un resultado interesante, es que la velocidad de sedimentación es casi similar para ambas condiciones climáticas, lo que significa que se está transportando el mismo tamaño de sedimentos en suspensión; sin embargo necesitamos verificar este resultado con el granulómetro láser que está siendo adquirido con el proyecto MoSARD. Otra observación importante es que si bien existen diferencias entre ambas condiciones, existe una homogeneidad entre las verticales cercanas a las orillas izquierda y derecha en el mismo período, es decir, las verticales presentan los mismos parámetros de modelización para una fecha determinada.

De igual manera para ambos condiciones climáticas se observa que el canal principal está en el centro de la sección. Si estos resultados se repiten en nuevas mediciones, significaría que con un solo perfil se puede ya modelar el 50% de la sección (Tabla 1).

	V35		V50		V65	
	04/04/17	17/04/18	04/04/17	17/04/18	04/04/17	17/04/18
y(m)	3.2	1.7	3.7	2.2	3.5	2.3
α (m)	0.16	0.08	0.19	0.11	0.17	0.11
V_c (m/s)	0.08	0.03	0.07	0.04	0.04	0.03
d_{50} (um)	60	40	90	50	40	40
w_s (m/s)	0.003	0.001	0.007	0.002	0.001	0.001
$C_{a\text{ref}}$ (mg/L)	1250	115	1550	135	1232	115
z	0.10	0.12	0.26	0.13	0.09	0.13

Tabla 1. Parámetros de los Perfiles de Concentración de Sedimentos del Modelo de Rouse en las verticales V35, V50, V65.

La velocidad media para el 04/04/2017 es de 1.9 m/s mientras que para el 17/04/2018 es 0.6 m/s. Esto da como consecuencia que el caudal líquido en abril de 2017 es aproximadamente 4 veces mayor que el caudal de abril de 2018. Esto se debe a que las precipitaciones sobrepasaron los 650 mm en el mes de abril de 2017 en la cuenca alta, en comparación con el 2018 que no sobrepasan los 100 mm en el mismo mes (Figura 3 a, b).

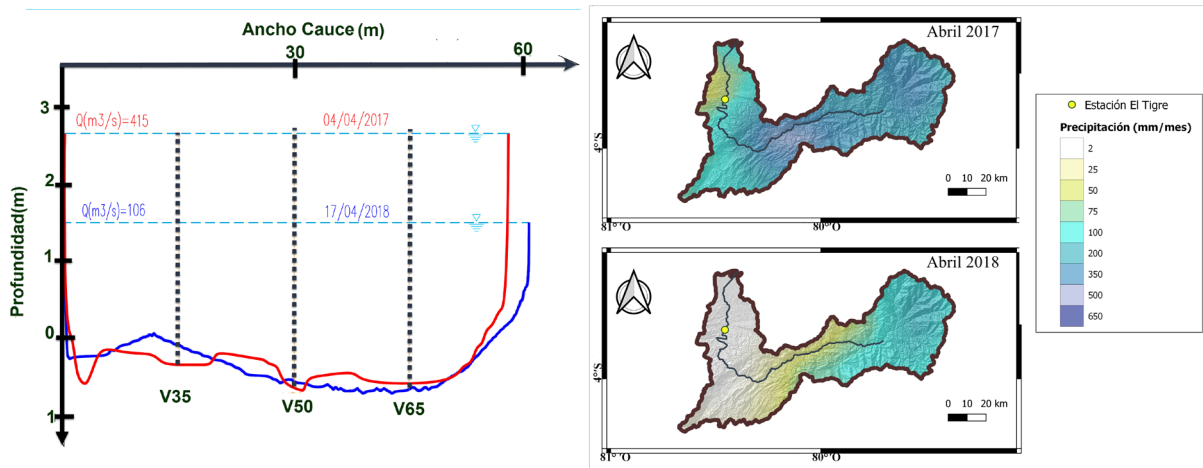


Figura 3. a) Sección de medición en rojo 04/04/2018, y en azul sección el 17/04/2018, la línea en celeste indica el espejo de aguas b) Distribución de precipitaciones para abril 2017 y 2018.

De igual manera se observa que existe una modificación en la distribución espacial de las precipitaciones. Durante el 2017 se activa la cuenca media con precipitaciones mayores a 500 mm/mes, mientras que en 2018 esta zona no sobrepasa los 50 mm/mes, resultado similar al encontrado por Morera et al. (2017). La activación de estas zonas que generalmente están compuestas por suelo fácilmente erosionable y el aumento de las lluvias, permite el lavado de material que se dirige al canal principal incrementado no solo la capacidad de transporte sino también el material a ser transportado por lo que se obtuvo un valor de caudal sólido para abril del 2017 de 437 kg/s, mientras que para abril del 2018 el valor observado fue de 9 kg/s es decir aproximadamente 50 veces mayor en un año FEN Costero que en condiciones La Niña Costera en fase final (Figura 4 a, b).

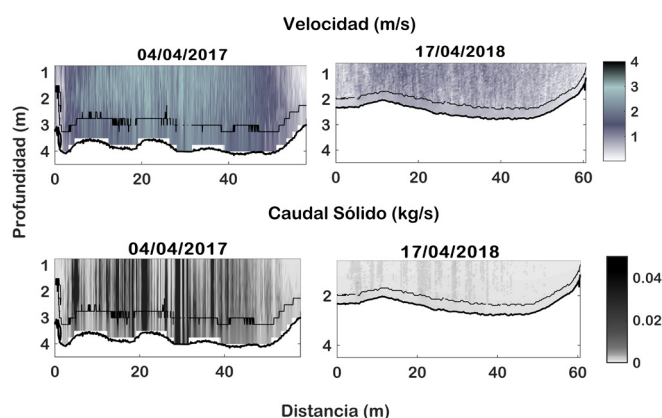


Figura 4. Sección de medida en la estación El Tigre para 04/04/2017 (izquierda) y 17/04/2018 (derecha): a) Distribución de velocidades en la sección en m/s, b) Caudal sólido en la sección en kg/s. El eje vertical indica la profundidad y el eje horizontal la distancia entre márgenes.

CONCLUSIONES

Las diferencias encontradas entre un año en condiciones climáticas La Niña Costera 2018 y un año FEN Costero 2017, son evidentes desde el punto de vista de incremento de lluvias, caudales líquidos e incremento de las concentraciones de sedimentos en suspensión, lo que resulta en los flujos de sedimentos, que pueden llegar a ser 50 veces mayor en un año FEN Costero, en comparación a un año neutral. Sin embargo, a pesar de estas diferencias notorias entre una variedad de condiciones climáticas, existe una similitud de las verticales modelados cercanos a las orillas, lo cual indica que a través del modelado se puede simplificar el proceso de monitoreo, reduciendo tiempo y costos.

Hay que señalar que aún es necesario realizar otras mediciones con el mismo procedimiento para corroborar estos resultados.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Proyecto Monitoreo de Sedimentos ante Riesgos y Desastres (MoSARD) Convocatoria Fondecyt E044-2018-01-BM- Equipamiento científico por el apoyo para realizar este estudio, el cual forma parte de la tesis de ingeniería de Renzo Mendoza.

REFERENCIAS

- Armijos, E., Crave, A., Espinoza, R., Fraizy, P., Santos, A. D., Sampaio, F., Autin, P. (2017). Measuring and modeling vertical gradients in suspended sediments in the Solimões/Amazon River. *Hydrological processes*, 31(3), 654-667.
- Aybar, C., Lavado-Casimiro, W., Huerta, A., Fernandez, C., Vega, F., Sabino, E., Felipe
- Obando, O. (2017) Uso del Producto grillado 'PISCO' de precipitación en estudios,
- investigaciones y sistemas operacionales de monitoreo y pronóstico hidrometeorológico. Nota Técnica 001 SENAMHI-DHI-2017, Lima- Perú.
- ENFEN (2017), El Niño costero 2017, Informe Técnico Extraordinario N°001-2017/ENFEN 31
- pp., www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_infctco_informe_tecnico_extraordinario_001_2017.pdf
- Higgins, A., Restrepo, J. C., Otero, L. J., Ortiz, J. C., & Conde, M. (2017). Distribución vertical de sedimentos en suspensión en la zona de desembocadura del Río Magdalena, Colombia. *Latin american journal of aquatic research*, 45(4), 724-736.
- Martínez, A. y Morón, K. (2017). Comparación entre los impactos de los eventos El Niño costero 1925 y 2017. *Boletín Técnico "Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño"*, 4 (4), 8-9.
- Morera, S. B., Condom, T., Crave, A., Steer, P., & Guyot, J. L. (2017). The impact of extreme E Niño events on modern sediment transport along the western Peruvian Andes (1968–2012). *Scientific reports*, 7(1), 11947.
- Rouse, H. (1938). Nomogram for the settling velocity of spheres. *Annual Report, Committee on Sedimentation. National Research Council, California Institute of Technology.*
- Woodman Pollit, Roland. 1997. El fenómeno El Niño y el clima en el Perú.
- SENAMHI (2017), El Niño Costero 2017 Condiciones Termo-Pluviométricas a Nivel Nacional, INFORME TÉCNICO N° 028-2017/SENAMHI/DMA-SPC.
- Woodman Pollit, Roland. 1997. El fenómeno El Niño y el clima en el Perú.
- 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"*, Instituto Geofísico del Perú, Junio, 1, 6, 4-7.

Resumen del Informe Técnico PP N° 068 / El Niño- IGP/2019-04

Advertencia: El presente informe sirve como insumo para la Comisión Multisectorial encargada del 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

Para el mes de marzo de 2019, los valores del Índice Costero El Niño (ICEN), basado tanto en los datos de ERSSTv3b (ICENv3) y de OISSTv2 (ICENOI), indicaron una condición climática Neutra con valores de 0.25°C y 0.26°C, respectivamente. Por el contrario, el ICEN calculado con los datos de ERSSTv5 (ICENv5) indica condiciones Cálidas Débiles (0.41°C). En promedio, el ICEN de marzo sería de condición Neutra. Los valores temporales del ICEN (ICENTmp), de las tres fuentes de datos, para los meses de abril y mayo, coinciden en señalar condiciones Neutras. En lo que respecta al Pacífico Central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI) de la NOAA indica que en marzo de 2019 se mantuvo la condición Cálida Débil (0.82 °C); asimismo, según los estimados temporales para el mes de abril, se esperaría una condición Cálida Débil.

En base al análisis de los datos y resultados de los modelos numéricos, se espera el arribo de dos ondas Kelvin frías a partir de las siguientes semanas. Es posible que esto influya en la disminución de la anomalía positiva de la Temperatura Superficial del Mar en la costa peruana en los siguientes dos meses.

Según el promedio de los siete modelos numéricos climáticos de NMME, inicializados con condiciones del mes de mayo de 2019, para el Pacífico oriental se esperan condiciones Neutras entre los meses de junio a octubre. En la región del Pacífico central ecuatorial, el promedio de los modelos de NMME indican condiciones Cálidas Débiles de junio a octubre de 2019. En relación a los pronósticos de los modelos numéricos, hay que tener en cuenta que la barrera de predictibilidad da menos confianza a los resultados de los modelos para otoño e invierno aunque esta debe ir disminuyendo en los siguientes meses.

ÍNDICE COSTERO EL NIÑO

Utilizando los datos de Temperatura Superficial del Mar (TSM), promediados sobre la región Niño1+2 y actualizados hasta el mes de abril de 2019 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 marzo de 2019 y cuyos valores se muestran en la Tabla 1 (columnas 3 y 4), en donde el valor para el mes de marzo corresponde a una condición Neutra.

Los valores del ICEN, usando ERSST v3b, se pueden obtener del siguiente link: <http://www.met.igp.gob.pe/datos/icen.txt>.

Los valores del ICENOI, calculado de la misma forma que el ICEN pero usando los datos mensuales de OISST v2 y las climatologías de ERSST v3b, las cuales se pueden obtener del siguiente link: <http://www.met.igp.gob.pe/datos/climNino12.txt>, se muestran en la columna 5 y 6 de la Tabla 1. Estos indican, como el ICENv3, condiciones Neutras para el mes de marzo.

Otra fuente de datos para calcular el ICEN es la de ERSSTv5 (ICENv5), la cual es generada por el Climate Prediction Center (CPC) de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, EEUU, <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/ersst5.nino.mth.81-10.ascii>). Los valores de este ICEN se muestran en la columna 7 y 8 de la Tabla 1. A diferencia del ICENv3 e ICENOI, el ICENv5 indica condiciones Cálidas Débiles para el mes de marzo.

Hay que señalar que para calcular el ICEN actual; tanto para ICENv3, ICENOI e ICENv5; se utilizan los datos que son denominados en cada una de estas bases de datos como "datos en tiempo real", los cuales se caracterizan por cambiar ligeramente su valor en el transcurso de los siguientes meses. Es por esto que pueden existir pequeñas discrepancias en el cálculo del ICEN para los meses anteriores cuando se use la data actualizada.

Valores del Índice Costero El Niño							
Año	Mes	ICENv3	Categoría	ICENOI	Categoría	ICENv5	Categoría
2018	Diciembre	0.81	Cálida Débil	0.46	Cálida Débil	0.89	Cálida Débil
2019	Enero	0.65	Cálida Débil	0.43	Cálida Débil	0.87	Cálida Débil
2019	Febrero	0.34	Neutra	0.36	Neutra	0.54	Cálida Débil
2019	Marzo	0.25	Neutra	0.26	Neutra	0.41	Cálida Débil

Tabla 1. Valores recientes del ICEN (ERSST v3b).
(Descarga: <http://www.met.igp.gob.pe/datos/icen.txt>)

DIAGNÓSTICO DEL PACÍFICO ECUATORIAL

Durante el mes de abril, según los datos observados (IR, MW, OSTIA), la ATSM diaria en la región Niño 3.4 continuó

dentro de las condiciones cálidas débiles, manteniéndose en el orden de 0.9° a 0.8 °C. Para la región Niño 1+2, la ATSM indicó valores entre -1.0° a -0.9 °C, manteniéndose en anomalías positivas en los primeros días de mayo.

El promedio mensual de las anomalías del esfuerzo de viento zonal en el Pacífico central (160°E-160°W; 5°S-5°N), para el mes de abril, continuó mostrando anomalías del este, siendo mayores a las del mes anterior, según los datos de NCEP-NCAR. En la primera semana de abril se observaron anomalías positivas en el Pacífico Oeste (125°-160°E), las cuales se proyectaron en una onda Kelvin cálida que, en la actualidad, ya no se observa en la franja ecuatorial. Por otro lado, se observaron ligeras anomalías negativas intensas entre 155°E-180 en la última semana de abril, según WINDSAT se observa anomalías positivas en los primeros días de mayo (130°- 155°E).

Basado en los datos de TAO, la inclinación de la termoclina ecuatorial se encuentra dentro de sus valores normales, mientras que el contenido de calor indica valores por debajo de su normal. En los últimos días de abril e inicio de mayo se observa la isoterma de 20°C cerca de su posición climatológica (95°W, 2°S-2°N). La información de OLR (relacionada con la actividad convectiva) en la zona (170°E - 140°W, 5°S-5°N) y en la región (170°W - 100°W, 5°S-5°N) se mostraron próximo a su normal.

La información de altimetría del producto DUACS y los resultados de los modelos numéricos (Figura 1) indican que la señal de la onda Kelvin cálida aún está presente en el extremo oriental afectando la termoclina y el nivel del mar. Asimismo, en la profundidad de la termoclina se observa la presencia de una onda Kelvin fría que se formó con el pulso del viento del este del mes de abril y se localizaría al oeste de 150°W.

ONDAS KELVIN A LO LARGO DE LA COSTA PERUANA

A lo largo de la costa peruana, según la información satelital, se observó el paso de la onda Kelvin cálida durante el mes de abril. La cual, aparentemente, incrementó los niveles del mar desde 3 hasta 9 cm, este último alcanzado en la costa norte.

Según la información hasta el primero de mayo del flotador ARGO No.3901231 (ver Figura 2), ubicado frente a la región de Piura y Tumbes, se puede observar que se mantiene una anomalía positiva en los primeros 50 metros de profundidad, mientras que por debajo de este nivel se observa la disminución del núcleo cálido entre 1° y 2°C que se observó hace un mes.

PRONÓSTICO A CORTO PLAZO CON MODELO DE ONDAS Y OBSERVACIONES

Las proyecciones teóricas sobre los datos observados sugieren que se espera el arribo de dos ondas Kelvin frías a la costa americana entre mayo y junio, lo cual influiría en la disminución de la ATSM. El desarrollo de un pulso de viento en el extremo occidental podría proyectarse en una onda Kelvin cálida que, teóricamente, arribaría a fines de junio, aunque, si se formase, habría que esperar si se disipa o no. (Ver Figura 1).

PRONÓSTICO ESTACIONAL CON MODELOS CLIMÁTICOS

Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), según los 7 modelos climáticos de NMME (CFSv2, GFDL_CMC2.1, GFDL_FLOR, NASA_GEOS5v2, NCAR_CCM4, CMC1 y CMC2) con condiciones iniciales del mes de mayo de 2019, se indica en promedio condiciones Neutras entre los meses de junio y octubre, mientras que para el mes de noviembre se esperarían condiciones Cálida Débiles (ver Fig. 3).

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), según los modelos de NMME inicializados con información del mes de mayo, el promedio de los 7 modelos indica condiciones Cálidas Débiles de junio a noviembre del año en curso.

CONCLUSIONES

1. El ICEN (SSTOI) para marzo de 2019 fue de 0.26 (Neutro), los ICENtmp para abril y mayo son 0.28 y 0.20,

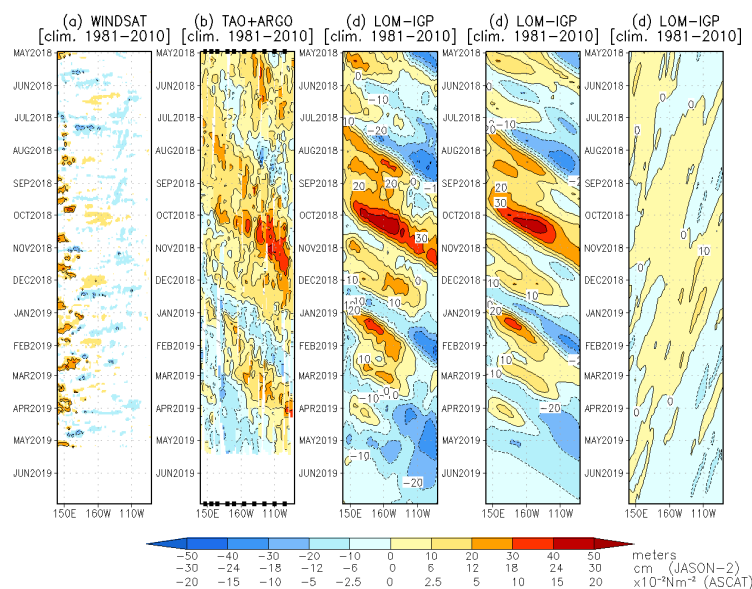


Figura 1. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de WINDSAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO y los derivados de ARGO (b), diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) y finalmente diagrama de la onda Rossby, calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por WINDSAT, y tau=0 para el pronóstico). Las líneas diagonales representan la trayectoria de una onda Kelvin si tuviera una velocidad de 2.6 m/s. Elaboración: IGP.

respectivamente, siendo condiciones Neutras. Usando la información mensual de ERSSTv3 para el cálculo (ICEN), los valores correspondientes son 0.25 (Neutro), y los temporales para abril y mayo son también Neutros y coinciden en el valor de 0.35. El ICEN calculado con la versión 5 de ERSST para marzo es 0.41 (Cálida Débil) y los temporales están dentro del rango de Neutro (coinciden con el valor de 0.32).

2. En el Pacífico central, el ONI de marzo (FMA) es 0.82, así como los estimados para abril y mayo, indica una condición Cálida Débil.

3. La información de OLR (relacionada con la actividad convectiva) en la zona 170°E – 140°W, 5°S-5°N, mostró una tendencia a condiciones neutras mientras que en 170°W – 100°W, 5°S-5°N los valores se mantienen dentro de su rango normal.

4. Según la información de TAO, en el mes de marzo, en promedio, se mantienen los vientos del este más intensos de lo normal en el extremo oriental. Por otro lado, desde 130°W hacia el oeste, se mantienen los vientos del oeste. Estas últimas se deberían a un pulso de viento del oeste en el extremo occidental que se dio a fines de marzo hasta mediados de abril. El área de máxima TSM en la región ecuatorial sigue disminuyendo.

5. Según los datos de WINSAT, a fines de abril, entre 150°E y la línea de cambio de fecha (180), se desarrolló un pulso de viento del este. Asimismo, se viene observando en la primera semana de mayo, el desarrollo de un pulso de viento del oeste y que se localiza al oeste de 150°E.

6. Basado en los datos de TAO, la inclinación de la termoclina ecuatorial se encuentra dentro de sus valores normales, mientras que el contenido de calor indica valores por debajo de lo normal.

7. Según la información de los flotadores ARGO en el último mes, aún se observaron valores positivos de la anomalía de la temperatura del mar dentro de los 50 m de profundidad. Si bien se observan otras anomalías por debajo de la superficie (hasta los 140m) hay que tener en cuenta que, aunque se podría deber a la poca información que existe en dicha región y, además, la ubicación hacia el norte de los flotadores. Alrededor de la región Niño 1+2, los flotadores ARGO, en la última semana, muestran una disminución de la

temperatura cerca de la superficie. Tomando la información de un flotador ubicado frente a la región de Piura y Tumbes, se puede observar que se mantiene una anomalía positiva en los primeros 50 metros de profundidad, mientras que, por debajo de este nivel se observa la disminución del núcleo cálido entre 1° y 2°C que se observó hace un mes. La información observacional indica que la señal de la onda Kelvin cálida aún está presente en el extremo oriental afectando la termoclina y el nivel del mar. Es posible que esto también se deba a una reflexión de la onda Kelvin como onda Rossby en la frontera americana. Asimismo, en la profundidad de la termoclina se aprecia la presencia de una onda Kelvin fría cerca a los 120°W. Según los modelos existe otra onda Kelvin fría que se formó con el pulso de viento del este de abril y se localizaría al oeste de 150°W.

8. El pulso de viento a inicios de abril en el extremo occidental se proyectó en una onda Kelvin cálida que en la actualidad ya no se observa en la franja ecuatorial.

9. Se espera que las ondas Kelvin frías arriben a partir de las siguientes semanas. Es posible que esto influya en la disminución de la anomalía positiva de la TSM en la costa peruana en los siguientes dos meses.

10. El desarrollo de un pulso de viento en el extremo occidental podría proyectarse en una onda Kelvin cálida que, teóricamente, arribaría a fines de junio, aunque habría que esperar si se disipa o no.

11. Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), los modelos de NMME con condiciones iniciales de mayo en promedio indican condiciones NEUTRAS entre los meses de junio y octubre.

12. Para el Pacífico central (Región Niño 3.4), el promedio de los modelos de NMME indican condiciones Cálidas Débiles de junio a octubre. Esto es consecuencia del desarrollo de El Niño en el Pacífico Central.

BIBLIOGRAFÍA

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

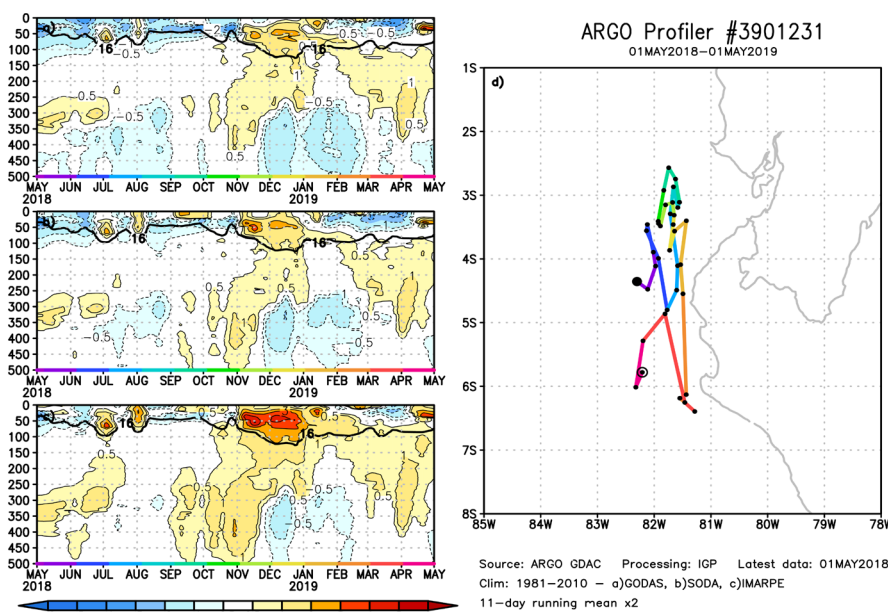


Figura 2. A la izquierda se aprecia la anomalía de la temperatura del mar hasta los 500 metros de profundidad calculada de los datos del flotador ARGO No. 3901231. Esta anomalía se calcula en base a la climatología (1981-2010) de: (a) GODAS, (b) SODA e (c) IMARPE. A la derecha se aprecia la trayectoria del flotador en el último año. Cada color indica un periodo de aproximadamente 30 días, en donde el círculo abierto indica la última posición del flotador.

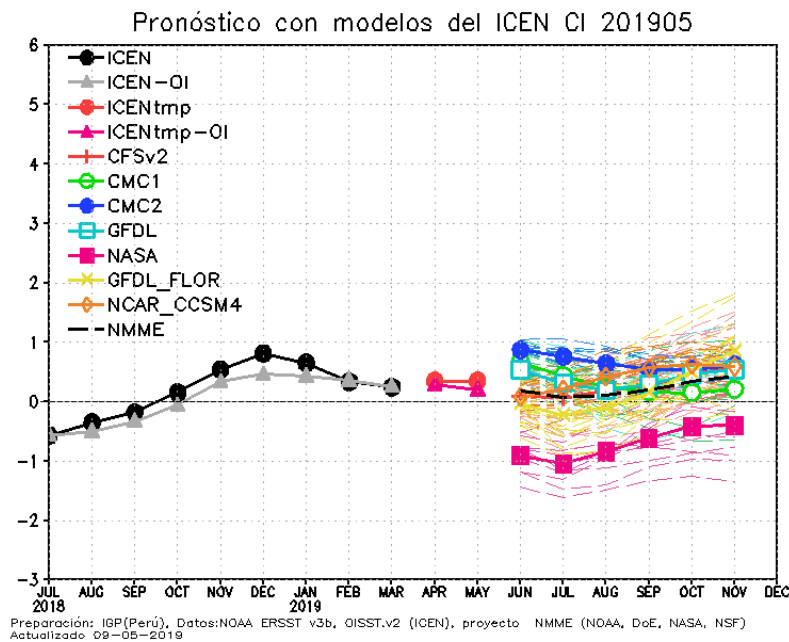


Figura 3. Índice Costero El Niño (ICEN negro con círculos llenos, fuente ERSSTv3; ICEN gris con triángulos, fuente OISSTv2) y sus valores temporales (ICENtmp, rojo con círculo lleno y ICENtmp-OI, rojo con triángulos llenos). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA_GEOS5v2, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 tienen como condición inicial el mes de mayo de 2019. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME).

el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño”, Instituto Geofísico del Perú, Mayo, 1, 5.

Cravatte, S., W. S. Kessler, N. Smith, S. E. Wijffels, Ando, K., Cronin, M., Farrar, T., Guilyardi, E., Kumar, A., Lee, T., Roemmich, D., Serra, Y., Sprintall, J., Strutton, P., Sutton, A., Takahashi, K. y Wittenberg, A. 2016. First Report of TPOS 2020. GOOS-215, 200 pp. [<http://tpos2020.org/first-report>]

DiNezio, P. 2016. Desafíos en la predicción de La Niña, Boletín Técnico “Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño”, Instituto Geofísico del Perú, 3 (9), 4-8.

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

ENFEN 2015: Pronóstico probabilístico de la magnitud de El Niño costero en el verano 2015-2016. Nota Técnica ENFEN 02-2015.

Huang, B., Thorne, P.W, Banzon, V. F., Boyer, T., Chepurin, G., Lawrimore, J. H., Menne, M. J., Smith, T. M., Vose, R. S., Zhang, H.-M. 2017. Extended Reconstructed Sea Surface Temperature version 5 (ERSSTv5): Upgrades, validations, and intercomparisons, J. Climate, doi: 10.1175/JCLI-D-16-0836.1

Kug, J.-S., Jin, F.-F., An, S.-I. 2009. Two types of El Niño events: Cold tongue El Niño and warm pool El Niño. J. Climate 22, 6, 1499–1515, doi:10.1175/2008JCLI2624.1.

Lavado-Casimiro, W., Espinoza, J. C. 2014. Impactos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú (1965-2007), Revista Brasileira de Meteorologia, 29 (2), 171-182.

Meehl, G., Hu, A., Teng, H. 2016. Initialized decadal prediction for transition to positive phase of the Interdecadal Pacific Oscillation. Nature Communications, doi: 10.1038/ncomms11718

Morera, S. B., Condom, T., Crave, A., Steer, P., and Guyot, J. L. 2017. The impact of extreme El Niño events on modern sediment transport along the western Peruvian Andes (1968-2012). Scientific Reports, v. 7, No. 1, p. 11947 DOI:10.1038/s41598-017-12220-x.

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

Mosquera, K., B. Dewitte y Lagos, P. 2010. 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, Lima, Año 5, No9, julio-diciembre de 2010, p. 55.

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”, Instituto Geofísico del Perú, Enero, 1, 1, 4-7

Reupo, J. y Takahashi, K. 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”, Instituto Geofísico del Perú, Enero, 1, 1, 8-9.

Sulca, J., Takahashi, K., Espinoza, J.C., Vuille, M. and Lavado-Casimiro, W. 2017. Impacts of different ENSO flavors and tropical Pacific convection variability (ITCZ, SPCZ) on austral summer rainfall in South America, with a focus on Peru. Int. J. Climatol. Doi:10.1002/joc.5185

Takahashi, K. 2017. Verificación de los pronósticos probabilísticos de El Niño y La Niña costeros. Boletín Técnico “Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño”, Instituto Geofísico del Perú, 4 (8), 8-9.

Takahashi, K., Martínez, A. G. 2016. The very strong El Niño in 1925 in the far-eastern Pacific. Climate Dynamics, doi: 10.1007/s00382-017-3702-1.

Thoma, M., Greatbatch, R., Kadow, C., Gerdes, R. 2015. Decadal hindcasts initialized using observed surface wind stress: Evaluation and prediction out to 2024. Geophys. Res. Lett. doi:10.1002/2015GL064833

Comunicado oficial ENFEN



COMISIÓN MULTISECTORIAL ENCARGADA DEL
ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO "EL NIÑO" - ENFEN

COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 08-2019
Estado del sistema de alerta: No Activo¹

La Comisión Multisectorial ENFEN mantiene el sistema de Alerta "No Activo", debido a que se observan, en promedio, condiciones neutras en la temperatura superficial del mar frente a la costa peruana y se considera más probable que persistan en lo que resta del otoño e inicios de invierno.

De continuar las condiciones actuales de El Niño débil en el Pacífico central hasta el invierno, el ENFEN no descarta el desarrollo de episodios cálidos en la costa peruana para más adelante, aunque no se espera que estos generen precipitaciones por su estacionalidad.

La Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) se reunió para analizar la información oceanográfica, atmosférica, biológico-pesquera e hidrológica hasta la primera semana de mayo de 2019, así como sus perspectivas.

La anomalía de la temperatura superficial del mar (ATSM) en el Pacífico ecuatorial, en abril, disminuyó respecto al mes anterior de +1°C a +0,8°C en la región central (Niño 3.4) y de +0,3°C a +0,1°C para la región oriental (Niño 1+2) frente a la costa norte del Perú.

Las diferentes fuentes utilizadas para estimar el Índice Costero El Niño (ICEN) indicaron, en promedio, condiciones neutras para el mes de marzo. De la misma manera, según el ICEN temporal (ICEN-temp) para el mes de abril también indicaron que se tendrían condiciones neutras.

La convección en el Pacífico central-occidental muestra que se mantienen las condiciones El Niño en dicha región. Asimismo, se evidenció la presencia de anomalías de vientos zonales del este en la región occidental y oriental del Pacífico, asociadas a vientos alisios intensos, mientras que en la región central, persistieron anomalías de vientos zonales del oeste. Durante la semana previa se observó el desarrollo de un pulso de viento del oeste en el región occidental.

En las últimas semanas aún se observa la señal de la onda Kelvin cálida en el extremo oriental del Pacífico; sin embargo, su efecto en la temperatura del mar se ha reducido. Por otro lado, continúa la presencia de ondas Kelvin frías con dirección a la costa americana, localizándose, a la fecha, aproximadamente en los 120 °W.

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS), en promedio, se mantuvo ligeramente intenso durante abril al norte de su posición normal. El APS, en su desplazamiento hacia el continente, contribuyó a mantener los vientos costeros intensos, principalmente, a partir de la quincena e inicios del mes de mayo. Este patrón de vientos costeros ayudó en el incremento anómalo del afloramiento de aguas costeras en las regiones centro y sur.

Las temperaturas extremas del aire en la costa peruana durante abril se mantuvieron con valores alrededor de lo normal. Sin embargo, las temperaturas máximas durante abril en la ciudad de Lima siguieron mostrando anomalías positivas relevantes en la estación Campo de Marte. Por otro lado, en la primera semana de mayo se evidenciaron anomalías positivas por encima de lo normal de la temperatura mínima del aire en la región central.

El promedio de las anomalías de la temperatura superficial del mar (ATSM), en la costa norte y centro, presentó valores positivos hasta +1,5 °C, mientras que en la zona sur se mantuvo con un valor similar al mes anterior (+1 °C). Por otro lado, el nivel del mar presentó un aumento hasta de +15 cm sobre sus valores normales en la costa norte debido al paso de la onda Kelvin cálida a inicios del mes, para luego disminuir hacia valores normales.

Frente a Paita y Chicama se observaron condiciones cálidas hasta los 300 m de profundidad, con anomalías

¹ El Estado del Sistema de Alerta "No Activo" se da en condiciones neutras o cuando la Comisión ENFEN espera que El Niño o La Niña costeros están próximos a finalizar.

mayores a +2 °C sobre los 50 m. En el Callao y Pisco, la capa cálida se ubicó entre los 100 y 300 m, en cambio sobre los 100 m la condición fue neutra en el Callao y sobre los 50 m fue fría en Pisco, esto último debido, principalmente, a los intensos afloramientos entre Pisco y San Juan. Las concentraciones de sales indican grandes procesos de mezcla al norte del Callao y aguas típicas de afloramiento frente a Pisco. A 10 millas de Paita y Chicama, en la última semana, se detectó el cambio de anomalías térmicas positivas a neutras hasta los 100 m de profundidad. En cambio frente a Callao las condiciones subsuperficiales fueron ligeramente cálidas.

La concentración de la clorofila-a (indicador de la producción del fitoplancton) en la capa superficial presentó anomalías positivas a lo largo de la costa, manteniéndose las mayores concentraciones en la zona entre Callao y Pisco. También, en la columna de agua, debido a los persistentes procesos de afloramiento, la Clorofila-a mostró altas concentraciones (> 2,5 mg.m⁻³ niveles mesotróficos), con sus mayores valores frente al Callao sobre los 50 m de profundidad; esto se debería al proceso de fertilización asociado a un incremento de fosfatos y consumo de silicatos y nitratos.

Los indicadores reproductivos de la anchoveta peruana, del stock norte-centro, mostraron la disminución de la actividad desovante. Asimismo, se mantuvo la amplia distribución y disponibilidad de especies oceánicas como el bonito.

Los caudales de los ríos de la costa presentaron un comportamiento descendente, aunque con algunas variaciones por precipitaciones puntuales, al igual que los ríos de la Región Hidrográfica Titicaca. Esto es un comportamiento propio del periodo de transición a la época de estiaje. En la región hidrográfica del Amazonas se han observado valores del caudal por encima de su normal. Las reservas hídricas de los principales embalses de la costa norte y sur se encuentran, en promedio, al 99 % y 79 % de su capacidad de almacenamiento, respectivamente.

Las temperaturas del aire, con valores similares a su promedio histórico, vienen favoreciendo la maduración de los sembríos de arroz y crecimiento vegetativo del mango en la costa norte, así como la maduración del olivo en la costa sur.

PERSPECTIVAS

Los modelos climáticos de agencias internacionales pronostican para el Pacífico oriental (Niño 1+2, ver Figura 1), que incluye la costa norte del Perú, condiciones neutras entre los meses de junio y octubre, y para el Pacífico central (Niño 3.4) indican condiciones

cálidas débiles para el mismo periodo de meses. Esto implicaría que, si bien debido a la estacionalidad las temperaturas descenderán durante el periodo de otoño, estas se mantendrán ligeramente por encima de su promedio. Siempre hay que tener en cuenta que en esta época del año los pronósticos de los modelos internacionales presentan mayor incertidumbre. Esta última debe ir disminuyendo en los siguientes meses.

La Comisión Multisectorial ENFEN, a través del monitoreo y análisis de la información proporcionada por las instituciones que la conforman y la evaluación mediante el juicio experto de su grupo científico, considera que al menos durante los siguientes dos meses, en promedio, se tendrían condiciones térmicas neutras a ligeramente frías frente a la costa peruana, esto ante el próximo arribo de ondas Kelvin frías a la costa americana entre mayo y junio, así como a la estacionalidad de los vientos alisios. No obstante, de continuar las condiciones actuales de El Niño débil en el Pacífico central, podrían formarse nuevas ondas Kelvin cálidas más adelante que afectarían el Pacífico oriental en el invierno, aunque dichos episodios no tendrían impacto en las lluvias en la región debido a la estacionalidad.

Por lo expuesto, la Comisión Multisectorial ENFEN mantiene el Estado de Alerta de El Niño "No Activo". No obstante, el ENFEN recomienda que las entidades competentes consideren siempre la vulnerabilidad para la preparación ante el riesgo y adopten las medidas que correspondan frente a un evento El Niño o La Niña.

La Comisión Multisectorial ENFEN continuará monitoreando e informando sobre la evolución de las condiciones actuales y actualizando las perspectivas cuando sean requeridas.

La emisión del próximo comunicado ENFEN será el día 13 de junio de 2019.

Callao, 13 de mayo de 2019

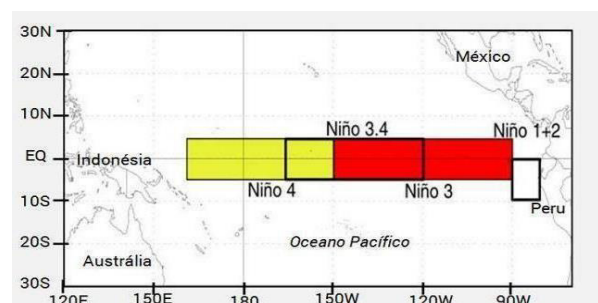


Figura 1. Áreas de monitoreo, Región Niño 3.4 (5 °N-5 °S/170 °W-120 °W) y Región Niño 1+2 (0°-10°S/90 °W-80 °W) Fuente: NOAA.




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

 https://www.youtube.com/c/igp_videos

En el marco del:



EL PERÚ PRIMERO