



INFORME MENSUAL: 31 de octubre de 2014

EVENTOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS EN LA AMAZONÍA PERUANA: Sistema de Alerta para la Previsión



04 02 2014

Foto: Aforo en el río Madre de Dios, abril 2014

Elaboración: Ing. Lucio Vergara S. (ANA) lvergara@ana.gob.pe

Revisión: Dr. Jhan Carlo Espinoza (IGP) jhan-carlo.espinoza@igp.gob.pe

Octubre, 2014

Lima-Perú

CONTENIDO

- I. Introducción
- II. Objetivo
- III. Datos hidroclimáticos
- IV. Análisis de las condiciones iniciales
 - 4.1. Análisis de las condiciones globales del clima
 - a. Temperatura superficial del mar
 - b. Circulación atmosférica global
 - c. Flujos de humedad y su divergencia
 - 4.2. Análisis de la precipitación
 - a. Anomalías de precipitación mensual, IRI
 - b. Anomalías de precipitación últimos 30 días, TRMM
- V. Análisis de las previsiones
 - 5.1. Análisis de la temperatura superficial del mar
 - a. Pronóstico de la TSM a nivel global
 - b. Pronóstico de la región Niño 3.4
 - c. Pronóstico de la región NATL
 - 5.2. Análisis del pronóstico de las precipitaciones
- VI. Conclusiones
- VII. Referencias

EVENTOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS EN LA AMAZONÍA PERUANA:

Sistema de Alerta para la Previsión

I. Introducción

El presente informe mensual del estudio “Eventos Hidrológicos Extremos en la Amazonía Peruana: Sistema de Alerta Cualitativo para la Previsión”, está elaborado en el marco del convenio interinstitucional entre la Autoridad Nacional del Agua y el Instituto Geofísico del Perú, cuyo objetivo es la elaboración e implementación del estudio en mención, con la finalidad de contar con un sistema estacional que permita prever los impactos de los eventos hidrológicos extremos en la sociedad de la Amazonía peruana.

Durante los últimos años, estudios científicos han evidenciado la influencia de la temperatura superficial del mar anómalos de algunas regiones oceánicas circundantes en la ocurrencia de eventos hidrológicos extremos en la Amazonía peruana, como es descrito en Espinoza et al. (2009, 2011, 2012 y 2013) y Yoon & Zeng (2010), así como en Lavado et al. (2012), entre otros.

En este informe mensual correspondiente al mes de octubre 2014, se presentan los resultados del análisis de las condiciones actuales hasta el último día del mes y la previsión de las variables hidroclimáticas para los próximos 03 meses.

II. Objetivo

Establecer el sistema de alerta cualitativo estacional que permita conocer, bajo un criterio técnico, las condiciones hidrológicas más probables de los principales ríos Amazónicos peruanos durante las estaciones críticas del año. Esto permitirá prever la posible ocurrencia de eventos hidrológicos extremos.

III. Conjunto de Datos

La base de datos de las variables hidroclimáticas, se viene actualizando diariamente y mensualmente con información proveniente de diferentes agencias internacionales de investigación del clima y disciplinas afines, así como de servicios nacionales y locales. Para más detalle revisar el primer informe mensual y complementario correspondiente al mes de setiembre de 2013.

IV. Análisis de Condiciones Iniciales

4.1. Condiciones Globales y Regionales del Clima

En esta sección presentamos el análisis de las anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) del Pacífico ecuatorial y Atlántico tropical, de la circulación atmosférica regional con dominio de América del Sur (50°N a 60°S, 0° a 150°W), asimismo, el análisis de los flujos de humedad y su divergencia en la región (20°N a 30°S, 20°W a 100°W). Las informaciones provienen de la Administración Nacional Oceánica Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA por sus siglas en inglés). Las anomalías de TSM son reportados en grados Celsius (°C) y las anomalías de vectores de viento son reportados en magnitudes de m/s, ambos en formato gráfico.

a) Anomalías de Temperatura Superficial del Mar (TSM)

Durante el mes de octubre el Pacífico ecuatorial central, la región Niño 3.4 mostró anomalías positivas de TSM de 0.5°C en promedio (Tabla 1), con un mínimo ascenso respecto al mes anterior (áreas de amarillo pálido en Fig. 1). Asimismo, la región del Pacífico ecuatorial Este (Niño 1+2) mostró anomalías positivas de TSM de 0.8°C en promedio (área de amarillo pálido en Fig. 1 y Tabla 1), con un ligero descenso de 0.2°C respecto al mes anterior. En general, el Pacífico ecuatorial presenta condiciones neutras a cálida débil, tal como ha sido reportado por el ENFEN en su Comunicado Oficial N° 15 (octubre).

La región del Atlántico tropical Norte (NATL) mostró ligeras anomalías positivas de TSM del orden de 0.3°C en promedio para el mes de octubre (dominio de color amarillo pálido en Fig. 1, Tabla 1), con un ligero ascenso respecto al mes de setiembre. Por otro lado, la región Atlántico tropical Sur (SATL) sigue mostrando anomalías neutras de TSM desde julio (dominio de color blanco, ver Fig. 1 y Tabla 1), con características similares al mes anterior. Sin embargo, anomalías cálidas de TSM en la región del atlántico sub-tropical sur (costa de Argentina, Brasil y Uruguay) son observadas desde agosto de 2014 (Fig. 1).

En resumen, la TSM de la región del Pacífico ecuatorial muestran condiciones neutras a cálida débil y la región del Atlántico tropical no muestra anomalías relevantes durante el mes de octubre de 2014 (Fig. 1).

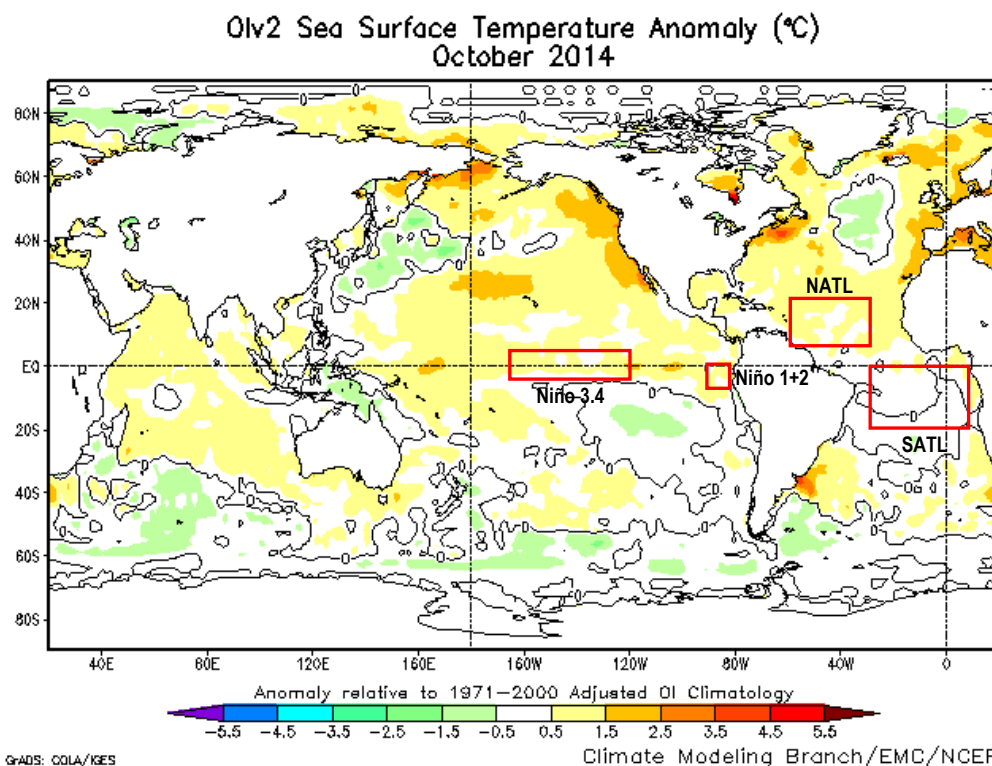


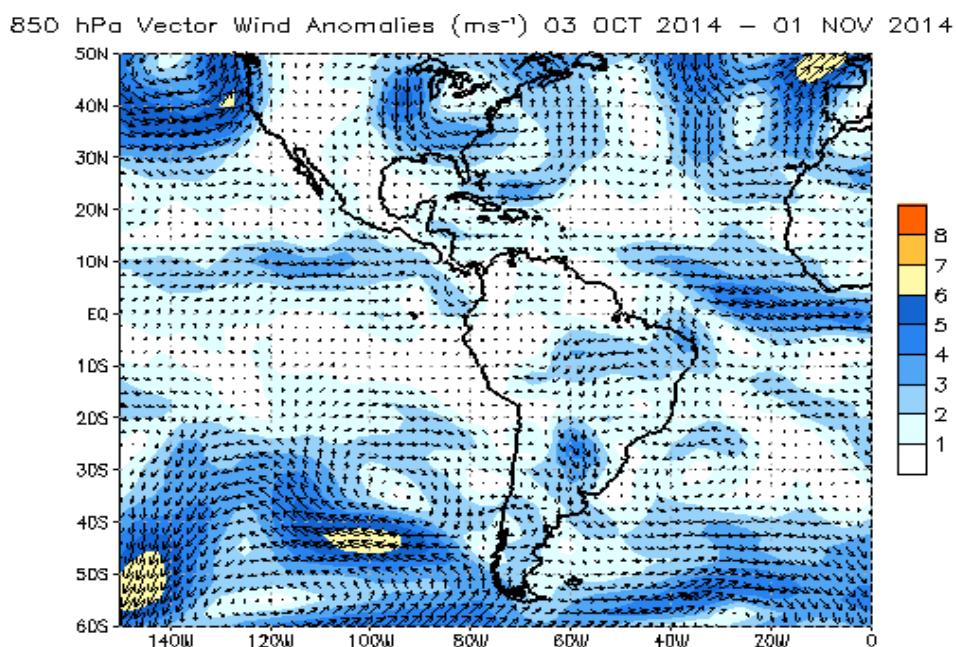
Fig. 1: Anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) en °C del mes de octubre de 2014. Las anomalías son calculadas utilizando la climatología del periodo base 1971-2000. Fuente NOAA/NCEP.

OCTUBRE 2014								
MES	TSM PACÍFICO				TSM ATLÁNTICO			
	NINO 1+2		NINO 3.4		N. ATL		S. ATL	
	0-10S	90W-80W	5N-5S	170W-120W	5N-20N	60W-30W	0-20S	30W-10E
OCT 13	-0.6	20.2	-0.3	26.4	0.4	28.5	-0.2	23.2
NOV 13	-0.5	21.1	0.0	26.7	0.1	27.7	-0.3	23.6
DIC 13	-0.2	22.6	0.0	26.5	0.0	26.9	-0.1	24.6
ENE 14	0.3	24.8	-0.5	26.1	-0.1	25.9	-0.1	25.5
FEB 14	-0.8	25.4	-0.6	26.2	-0.2	25.4	0.1	26.7
MAR 14	-0.8	25.9	-0.2	27.0	-0.3	25.3	0.1	27.2
ABR 14	-0.4	25.2	0.2	28.0	-0.3	25.6	0.1	27.2
MAY 14	1.3	25.6	0.5	28.3	-0.3	26.0	0.4	26.6
JUN 14	1.6	24.5	0.5	28.1	-0.3	26.5	0.3	25.3
JUL 14	1.4	23.0	0.2	27.4	-0.3	26.9	0.0	23.8
AGO 14	1.3	21.9	0.2	27.0	-0.2	27.5	0.0	23.1
SET 14	1.0	21.3	0.5	27.2	0.1	28.2	0.0	23.0
OCT 14	0.8	21.5	0.5	27.2	0.3	28.4	0.0	23.3

Tabla 1. Temperatura superficial del mar (Anomalías 1ra. columna y °C 2da. columna) para los 12 meses más recientes. Las anomalías son variaciones respecto a la climatología de 1981-2010 (Smith & Reynolds, 1998), de regiones oceánicas relevantes para la previsión de eventos extremos en la Amazonía peruana.

b) Anomalías de la Circulación Atmosférica

En la región del Pacífico tropical, cerca de la costa norte peruana, dominaron anomalías de vientos del noroeste considerando los niveles bajos de la tropósfera (Fig. 2). Asimismo, en la región del Atlántico tropical se observa debilitamiento de los vientos Alisios, con una mayor intensidad en la zona ecuatorial (Fig. 2). Dentro del continente, se observó incursión de anomalías de vientos provenientes del Atlántico tropical sur hacia el sur de la cuenca Amazónica, incluyendo el sur de la Amazonía peruana. Asimismo, estos vientos se dirigen hacia el sur llevando humedad hacia la cuenca de La Plata, lo cual ha producido severas inundaciones en Argentina durante las últimas semanas.



Data Source: NCEP/CDAS – Climatology (1981–2010)
(Wind speed $> 1 \text{ ms}^{-1}$ shaded)

Fig. 2: Anomalía de vientos en niveles bajos (850 hPa) de la atmósfera, (del 03 de octubre al 01 de noviembre de 2014). Las anomalías fueron calculadas utilizando el periodo base los promedios entre 1981 y 2010. Fuente: NOAA/NCEP.

c) Anomalías de Transporte de Humedad y su Divergencia

Los flujos de humedad y su divergencia fueron elaborados con datos de reanálisis NCEP/NCAR de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), con una resolución espacial de $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ y resolución temporal diaria. El periodo de

análisis es del año 1970 al presente (45 años), sobre la región entre 20°N-30°S y 100°W-20°W.

El flujo de humedad integrado verticalmente, F_w , en un punto de cuadrícula está dado por la siguiente ecuación:

$$F_w = \frac{1}{g} \int_{1000}^{300} q \cdot V \cdot dp$$

donde g es la aceleración de la gravedad, q es la humedad específica, V es el vector de viento horizontal, y p es la presión. Los flujos son integrados de la superficie a 300 hPa, para más detalle revisar Satyamurty *et al.* (1998).

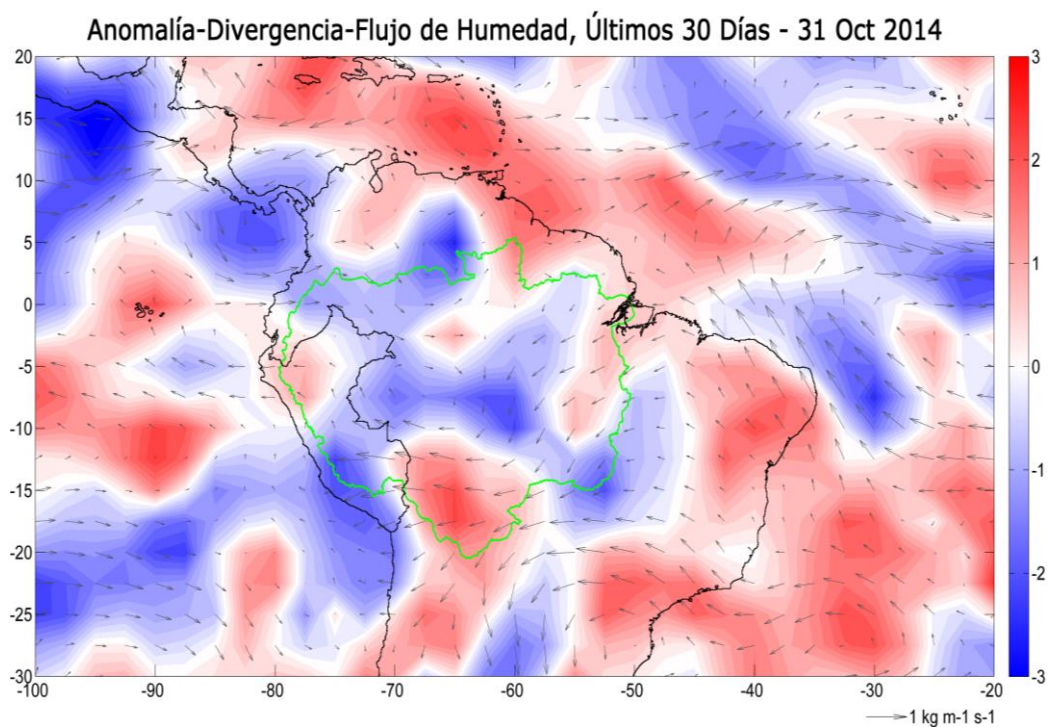


Fig. 3: Anomalías de flujo de humedad integrado en los niveles de 1000 hPa a 300 hPa de la atmósfera y su divergencia. El periodo corresponde de 01 al 31 de octubre 2014. Las anomalías son calculadas utilizando el periodo base de 1970 a 2013. Se muestra límites de la cuenca Amazónica en línea verde.

En el periodo de análisis, se observaron convergencias de flujo de humedad al noroeste (Venezuela, Colombia y Ecuador), central y suroeste (sur de la Amazonía peruana) de la cuenca Amazónica, con excepción de las nacientes del río Marañón (Fig. 3). Por otro lado, se observaron divergencia del flujo de humedad en gran parte de la Amazonía boliviana. También es importante notar que permanecen divergencias de flujo de humedad en el Noreste y Sureste de Brasil, lo cual se viene observando desde el mes julio como se reportó en los informes

anteriores (julio, agosto y setiembre). Estas regiones de Brasil vienen sufriendo una sequía histórica. Las anomalías de convergencia de flujo de humedad son coherentes con la incursión de vientos del Atlántico tropical sur y direccionados hacia el sur de la Amazonía peruana, como es descrito en la Figura 2.

4.2. Análisis de Precipitaciones

Esta sección presenta el análisis de las anomalías de precipitación de dos fuentes de datos: 1) International Research Institute for Climate and Society (IRI) y 2) Radar Tropical Rainfall Measuring Mission a tiempo real (TRMM-3B42RT), para más detalle revisar Huffman et al. (2010). Los datos (mapas) reportados por el IRI son anomalías de precipitación en mm/mes a nivel global, Sudamérica y otros, mientras TRMM-RT reportan datos diarios a nivel global, pero procesados para la región de interés (7°N a 22°S; 82°W a 48°W) haciendo uso del programa Matlab®, mostrando anomalías de precipitación en mm/día.

a) Anomalías de Precipitación IRI

El reporte del IRI muestra anomalías de precipitación en unidades de mm/mes basándose en estimaciones de la precipitación del conjunto de datos CAMS_OPI v0208 del Centro de Predicción del Clima de NOAA NCEP. El período utilizado para el cálculo de la climatología es 1979-2000 a una resolución de 2.5° de latitud/longitud. Zonas verdes en el mapa indican que la precipitación fue superior a lo normal del mes a largo plazo, y las zonas marrones en el mapa indican zonas donde las precipitaciones fueron inferiores a lo normal. Los contornos se dibujan en incrementos de +/- 10, 25, 50, 100,... 500 mm/mes, para mayor detalle revisar Janowiak and Xie (1999).

Durante el mes de octubre, según el reporte del IRI se observaron precipitaciones inferiores a lo normal en gran parte de la cuenca Amazónica, (anomalías negativas inferiores a 100 mm/mes, ver Fig. 4), asimismo, incluye la zona norte y central de la Amazonía peruana (anomalías negativas inferiores a 50 mm/mes). Por otro lado, se observaron anomalías de precipitación sobre lo normal en la región noreste de la cuenca Amazónica y al sur de la Amazonía peruana, principalmente en la parte alta de la cuenca del Ucayali y en la cuenca del Madre de Dios, asimismo, en las nacientes del río Marañón (Fig. 4).

En general, precipitaciones por debajo de los valores climatológicos son coherentes con las pocas incursiones de flujos de humedad del Atlántico tropical norte hacia la cuenca Amazónica. Sin embargo, convergencias de flujo de humedad han sido observadas al noroeste y centro de la cuenca Amazónica que no se ha traducido en precipitaciones según lo reportado por el IRI (Fig. 3 y 4). Por otro lado, en la Amazonía boliviana, existe mayor coherencia entre las divergencias de flujo de humedad y precipitaciones deficitarias según el IRI.

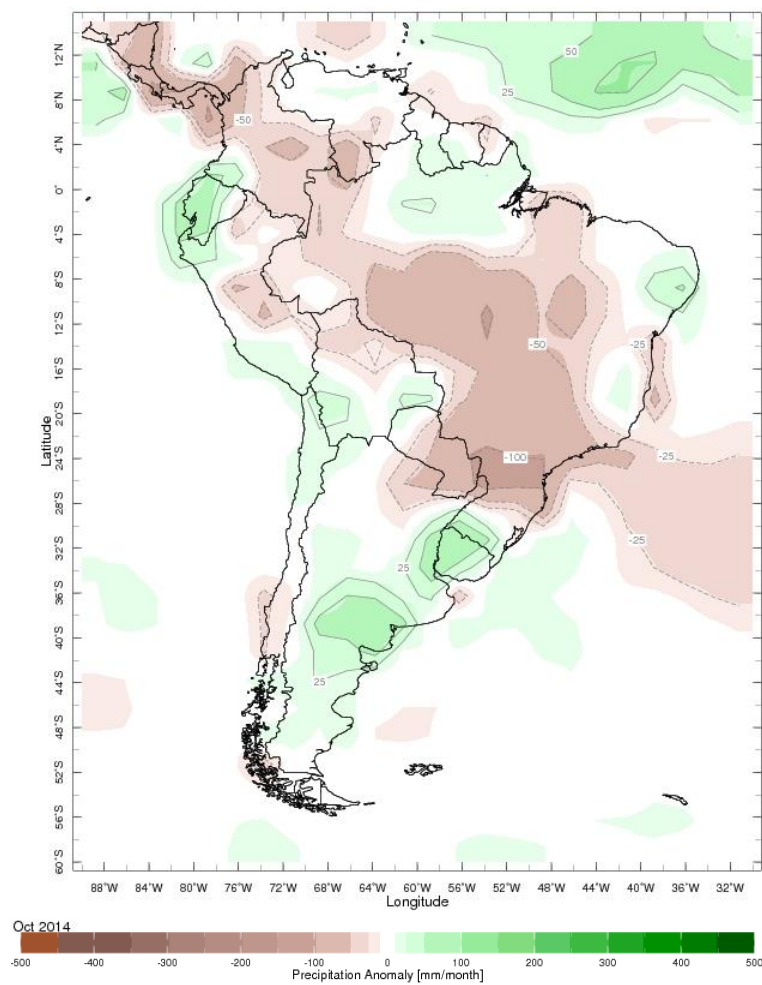


Fig. 4: Anomalías de precipitación (mm/mes) para el mes de octubre de 2014. Las anomalías fueron calculadas con respecto al periodo base de los promedios mensual de 1979 a 2000. Fuente: International Research Institute for Climate and Society (IRI).

b) Anomalías de Precipitación Radar TRMM-RT

Durante el periodo de 01 hasta 31 de octubre, según datos de TRMM-RT, la magnitud de las precipitaciones estuvo por arriba de lo normal (anomalía positivas de 6 mm/día en promedio) en la región norte (alrededor de la ciudad de Iquitos) de la Amazonía peruana y nacientes del río Huallaga. Asimismo, en la zona central y norte de la cuenca Amazónica predominan las anomalías positivas, el cual es coherente con las divergencias de flujo de humedad en esta región (Fig. 3). Por otro lado, se observan anomalías por debajo de lo normal en gran parte de la región sur y suroeste de la cuenca Amazónica, incluyendo la región sur de la Amazonia peruana, Amazonia boliviana y nacientes de los ríos Tapajós y Xingu. (Fig. 5).

Además, en la Figura 5 (datos de TRMM-RT), fueron observados anomalías negativas de precipitación (~7 mm/día) en la cuenca alta y media del río Madre de Dios y nacientes de los ríos Beni y Mamoré (Fig. 4).

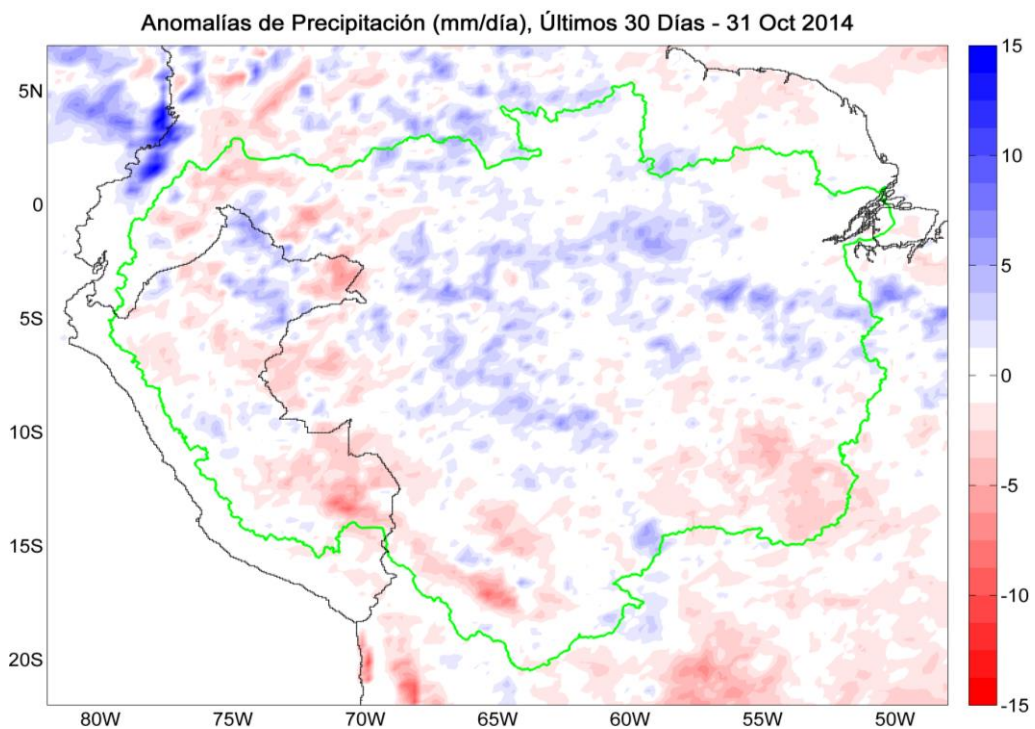


Fig. 5: Anomalías de precipitación en mm/día para octubre de 2014. Las anomalías fueron calculadas con respecto al periodo base promedio 2002-2013. Se muestra límites de la cuenca Amazónica en línea verde.

En general, ambas fuentes de datos de precipitación (IRI y TRMM-RT) muestran dominio de anomalías negativas de precipitación al sureste de la cuenca Amazónica (Tapajós y Xingu) y parcialmente en las nacientes de los ríos Madre de Dios (Perú), Beni y Mamoré (Bolivia). Asimismo, en el noreste de la cuenca Amazónica, se mostraron anomalías positivas de precipitación. Por otro lado,

existe incoherencia entre datos de TRMM-RT y el IRI en la región central de la cuenca Amazónica y la zona norte de la Amazonía peruana.

V. Análisis de las Previsiones

En esta sección se analizan los pronósticos de las anomalías de temperatura superficial del mar en las regiones más relevantes (Niño 3.4, Niño 1+2, NATL y SATL). Además, se analizan las anomalías de precipitación para los próximos 03 meses, que corresponden a la temporada de incremento de las lluvias en la región de la Amazonía peruana. Los reportes provienen de las agencias internacionales y nacionales de pronóstico del clima (IRI, NOAA, CPTEC e IGP).

5.1. Análisis de la Temperatura Superficial del Mar

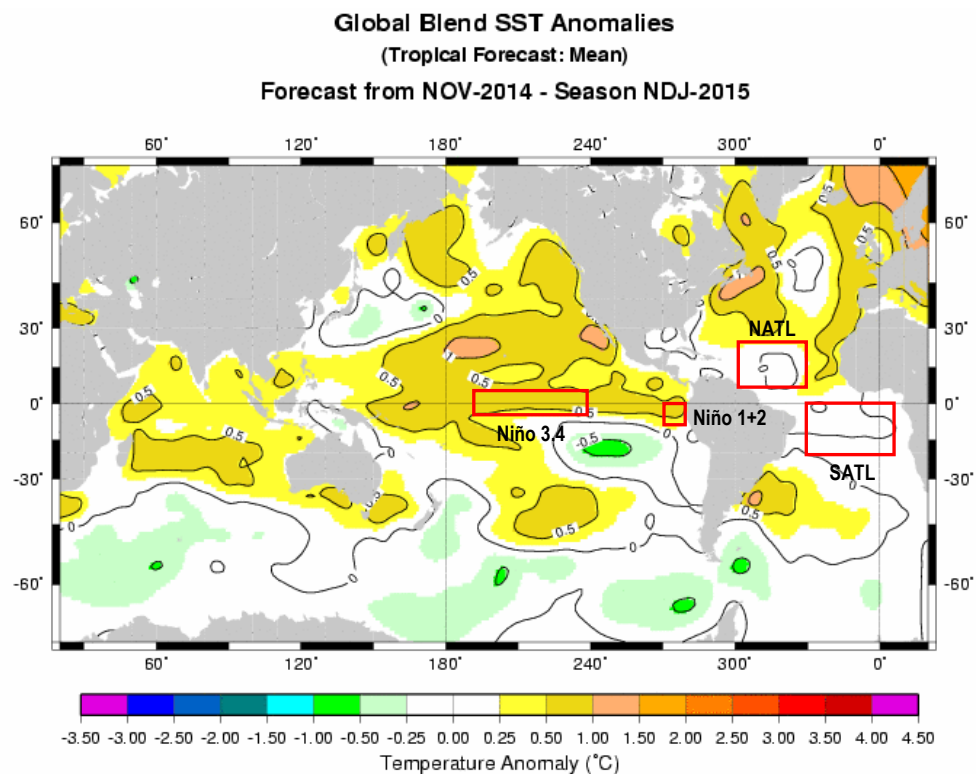
Esta sección contiene los pronósticos de anomalía de temperatura superficial del mar a nivel global desarrollados por el International Research Institute for Climate and Society (IRI) y el US National Multi-Model Ensemble (NMME). Asimismo, los gráficos de pronósticos del Pacífico ecuatorial y el Atlántico tropical fueron elaborados por el Instituto Geofísico del Perú (IGP) en el marco del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN).

a) Pronóstico de la TSM a nivel Global

Según el reporte del IRI, los pronósticos de anomalías de TSM, para el trimestre noviembre-enero (NDE) de 2014-2015, proyectan condiciones cálidas débiles a moderadas para la región Niño 3.4 (dominio de amarillo oscuro en Fig. 7) y condiciones cálidas débiles para la región Niño 1+2 (dominio de amarillo oscuro en Fig. 7). Asimismo, el comunicado oficial ENFEN N° 15-2014 (octubre) manifiesta que, los resultados de los modelos numéricos, prevé la continuación de condiciones cálidas entre débiles a moderadas en la región Niño 1+2 hasta el verano.

Para la región del Atlántico tropical norte (NATL) se prevén anomalías de TSM neutras en promedio (dominio de color blanco, ver Fig. 7) para el trimestre NDE. Asimismo, para la región del Atlántico tropical sur (SATL) pronostican anomalías de TSM neutras (dominio de color blanco, ver Fig. 7). Cabe resaltar que las

anomalías positivas de TSM persistirían en la región subtropical del Atlántico Sur (anomalías positivas de hasta 1.5°C, ver Fig. 7). Según se reportó en el verano 2014, las altas temperaturas en la región del Atlántico subtropical Sur produjeron un intenso ingreso de flujo de humedad hacia la cuenca de Madre de Dios y Beni (para más detalles ver Espinoza et al., 2014). Estas anomalías también han sido reportadas durante el mes de octubre (Figuras 2 y 3). Estas condiciones deben seguir siendo monitoreadas considerando el inicio del periodo de lluvias en los próximos meses.



IRI 2014 Nov 3 12:19:56

Fig. 7: Pronóstico de las anomalías de temperatura superficial del mar (°C) a nivel global, para el trimestre Noviembre-Enero. Rectángulos rojos indican regiones de análisis. Fuente: International Research Institute for Climate and Society (IRI).

b) Pronóstico de la Región El Niño 3.4

Según los reportes de NMME (North American Multi-Model Ensemble), las proyecciones de las anomalías de TSM en el Pacífico ecuatorial central (Niño 3.4) para los próximos 03 meses (NDE), presentarían según el ensamble de los modelos, condiciones cálidas débiles a cálidas moderadas (TSM sobre el promedio climatológico con 0.95°C en promedio, ver Fig. 8). Las proyecciones mantendrían

una tendencia positiva hasta el mes de febrero del próximo año, alcanzando su máxima magnitud de 1.1°C, para luego descender (Fig. 8).

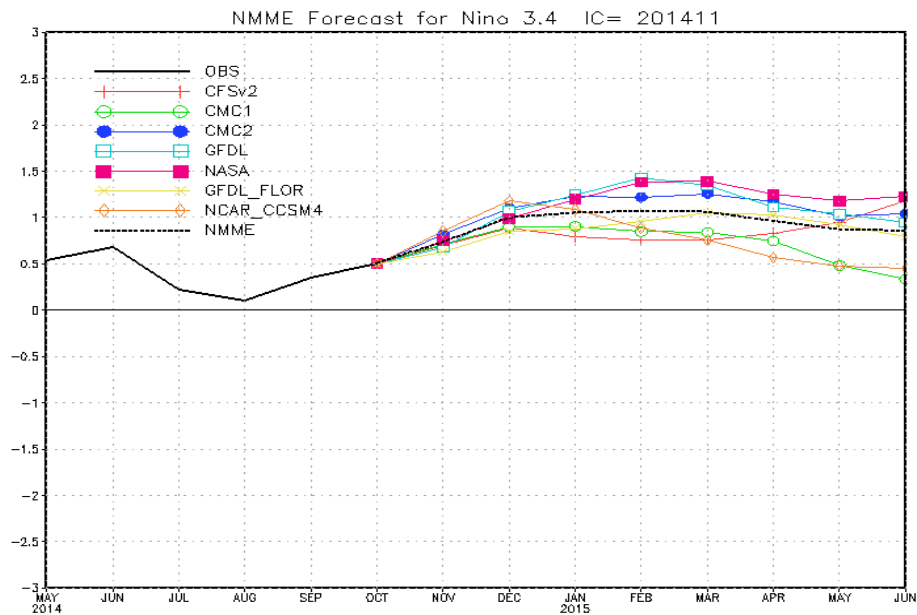


Fig. 8: Pronóstico de las anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) por modelos acoplados para la región Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°W-170°W) del Pacífico ecuatorial central, a partir de condiciones de fines de octubre 2014. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.

c) Pronóstico de la Región Atlántico Tropical Norte

Según el reporte del IGP elaborados con datos del NMME, el promedio de las proyecciones de las anomalías de TSM en el Atlántico tropical norte (NATL) muestran que durante el próximo trimestre noviembre-enero (NDE) persistirían condición cercanas a lo normal (TSM cercano al promedio climatológico, ver Fig. 9). Asimismo, la mayoría del conjunto de modelos de pronósticos acoplados de fines de octubre 2014 pronostican condiciones de anomalías negativas de TSM de hasta -0.35 en promedio para los próximos 3 meses (NDE), con tendencias negativas para los próximos meses restantes del año (condiciones neutrales).

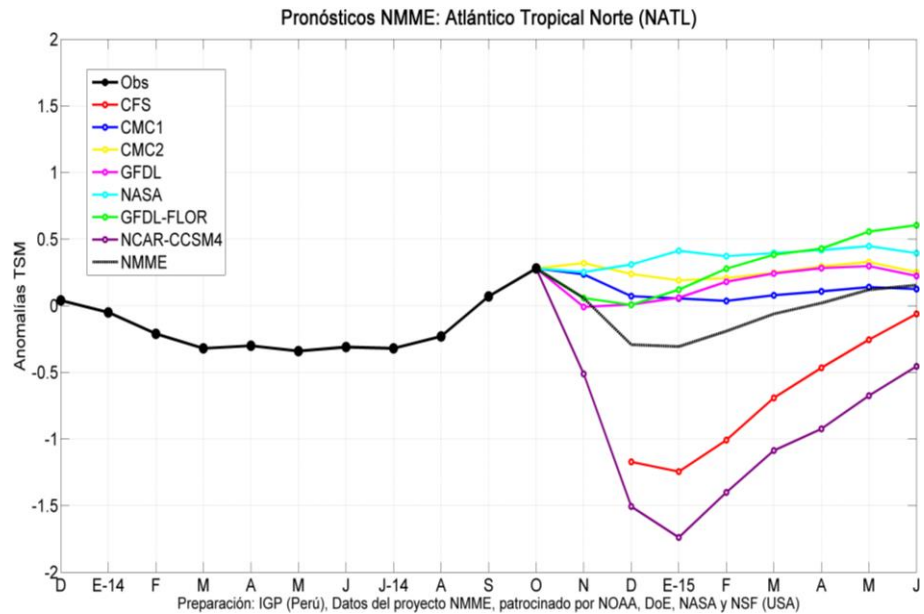


Fig. 9: Pronóstico de las anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) para la región del Atlántico tropical Norte (NATL: 5°N-20°N, 30°W-60°W), a partir de condiciones de fines de octubre 2014. Fuente: Instituto Geofísico del Perú (IGP).

5.2. Análisis del Pronóstico de las Precipitaciones

Según el reporte del CPTEC, los pronóstico de anomalías de precipitaciones para los próximos 03 meses noviembre-enero (NDE) 2014-15 con datos observados de fines de octubre, muestran anomalías negativas de precipitación en gran parte de la cuenca Amazónica, concentrados con mayor intensidad en la región este (cercana a la desembocadura) de la misma (Fig. 10).

Por otro lado, en gran parte de la Amazonia peruana tendrían una distribución de lluvias por arriba de lo normal (color celeste/azul/morado en la Figura 10) a excepción del norte (alrededor de la ciudad de Iquitos) de la misma. Asimismo, en el suroeste de la Amazonia boliviana presentarían anomalías sobre lo normal (valores inferiores a 2 mm/día).

En general, se observarían anomalías de precipitación neutras y por debajo de lo normal en gran parte de la cuenca Amazónica. Sin embargo, en gran parte de la Amazonía peruana, se observarían anomalías positivas de precipitación, a excepción del noreste de la misma. Además, se observarían anomalías positivas de precipitación en gran parte de la Amazonía boliviana (Fig. 10).

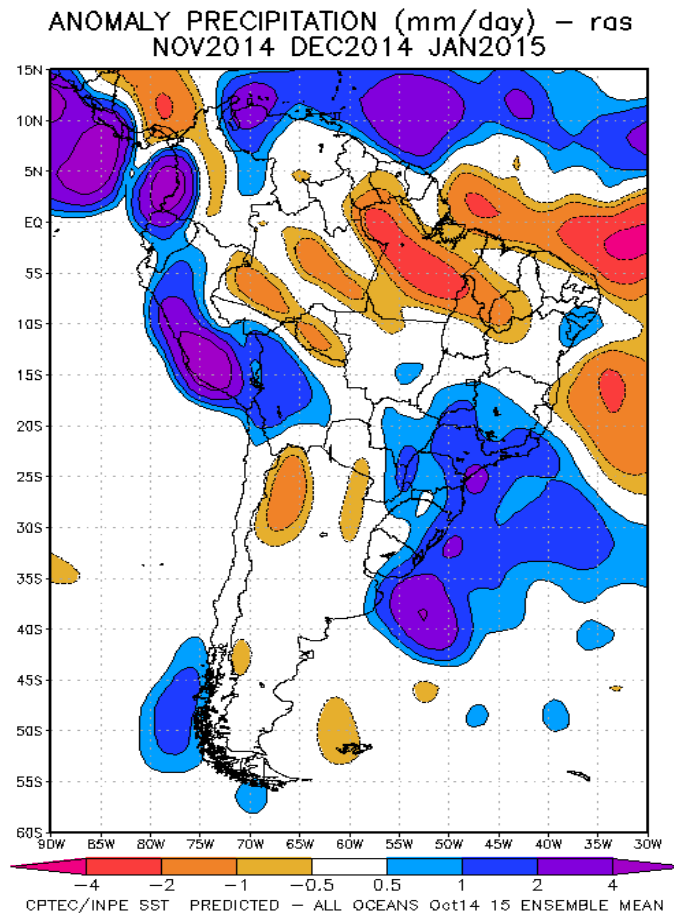


Fig. 10: Pronóstico de las anomalías de la precipitación (mm/día) método **ras** para los meses de NDE del 2014 en América del Sur, con datos observados del mes de octubre. Fuente: CPTEC/INPE.

VI. Conclusiones

Durante el mes de octubre, la TSM en el Pacífico ecuatorial región Niño 3.4 presentó condiciones cálidas débiles (anomalías positivas de TSM de 0.5°C). Asimismo, la región Niño 1+2 presentó condiciones cálidas débiles (anomalías de TSM de 0.8°C). Por otro lado, el Atlántico tropical norte (NATL) presentó condiciones ligeramente cálidas (anomalías de TSM de 0.3°C), mientras que la región del Atlántico tropical Sur (SATL) mostró anomalías de TSM cercano a lo normal. Por otro lado, los modelos numéricos indican que durante los próximos tres meses (NDE) prevén condiciones cálidas débiles a moderadas para la región Niño 1+2 y Niño 3.4. Estas anomalías han sido documentadas en el comunicado oficial ENFEN N° 15-2014 (octubre).

En el periodo de análisis, se observaron convergencias de flujo de humedad al noroeste, central y suroeste de la cuenca Amazónica, con excepción de las nacientes del río

Marañón. Además, se observaron divergencia del flujo de humedad en gran parte de la Amazonía boliviana expandiéndose hasta la zona este de la cuenca Madre de Dios, así como en la región de la desembocadura. Las anomalías de convergencia de flujo de humedad son coherentes con la incursión de vientos del Atlántico tropical sur observada al este de la cuenca Amazónica direccionados hacia el sur de la Amazonia peruana (este de los Andes).

A escala de TRMM-RT, se observaron precipitaciones inferiores a lo normal en gran parte de la región sureste de la cuenca Amazónica (Tapajós y Xingu), parcialmente en las nacientes de los ríos Madre de Dios (Perú), Beni y Mamoré (Bolivia). Por otro lado, se mostraron anomalías positivas de precipitación en la zona central y norte de la cuenca Amazónica incluido el norte de la Amazonia peruana, principalmente alrededor de la ciudad de Iquitos.

Cabe destacar que debido a las condiciones oceánicas y atmosféricas que se vienen presentando, no se descarta un periodo intenso de lluvias en el sur de la cuenca amazónica, principalmente en la parte alta de las cuencas del Ucayali y Madre de Dios. Dado que la región de la Amazonia peruana se encuentra en transición de periodo de estiaje a inicios de temporada de lluvias, es importante continuar con el monitoreo de las condiciones hidroclimáticas actuales.

La base de datos de las variables hidroclimáticas se viene actualizando continuamente, compilando con informaciones provenientes de diferentes agencias internacionales de investigación del clima e instituciones locales (NOAA, IRI, CPTEC, SENAMHI, etc.). Las variables se encuentran a casi tiempo real, con escalas de tiempo diarios (precipitaciones del radar TRMM-RT y reanálisis) semanales y mensuales (TSM, índices oceánicos, circulación atmosférica).

VII. Referencias

- Espinoza J. C., Guyot J-L, Ronchail J, Cochonneau G, Filizola N, Fraizy P, de Oliveira E, Ordoñez J J and Vauchel P (2009). Contrasting regional discharge evolutions in the Amazon basin (1974–2004) *J. Hydrol.* 375 297–311
- Espinoza J. C., Ronchail J., Guyot J. L., Junquas C., Vauchel P., Lavado W., Drapeau G. y Pombosa R. (2011b). "Climate variability and extreme drought in the upper

- Solimões River (western Amazon Basin): Understanding the exceptional 2010 drought". *Geophys. Res. Lett.* 38 L13406.
- Espinoza J. C., Ronchail J., Frappart F., Lavado W., Santini W., y Guyot J. L. (2012). The Major Floods in the Amazonas River and Tributaries (Western Amazon Basin) during the 1970–2012 Period: A Focus on the 2012 Flood*. *Journal of Hydrometeorology*.
- Espinoza J.C. Marengo J.A. Ronchail J. Molina J., Noriega L., Guyot J.L. (2014). The extreme 2014 flood in south-western Amazon basin: The role of tropical-subtropical south Atlantic SST gradient. *In-Press. Environm. Res. Lett.* Manuscript ID ERL-100606
- Janowiak, J. E., and P. Xie. (1999). CAMS-OPI: A global satellite-rain gauge merged product for real-time precipitation monitoring applications. *Journal of Climate* 12:3335-3342.
- Huffman G.J., R.F. Adler, D.T. Bolvin, E.J. Nelkin, (2010) "The TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis (TMPA)". Chapter 1 in *Satellite Applications for Surface Hydrology*, F. Hossain and M. Gebremichael, Eds. Springer Verlag, ISBN: 978-90-481-2914-0, 3-22.
- Lavado C W S, Ronchail J, Labat D, Espinoza J C and Guyot J L (2012). "Basin-scale analysis of rainfall and runoff in Peru (1969–2004): Pacific, Titicaca and Amazonas watersheds" *Hydrol. Sci. J.* at press (doi:10.1080/02626667.2012.672985).
- Ronchail, J., Cochonneau, G., Molinier, M., Guyot, J. L., Gorette de Miranda Chaves, A., Guimarães, W. & de Oliveira, E. (2002). Rainfall variability in the Amazon Basin and SSTs in the tropical Pacific and Atlantic oceans. *Int. J. Climatol.* 22, 1663–1686.
- Satyamurty P., Nobre C. A., Silva Dias P.L. (1998). "Tropics - South America". In: Karoly DJ, Vincent DG (Org.) *Meteorology and hydrology of the Southern Hemisphere*. Boston: Meteorology Monograph. 49:119–139.
- Yoon J. H. y Zeng H. (2010). "An Atlantic influence on Amazon rainfall". *Clim. Dyn.* 34 249–64.