



INFORME MENSUAL: 28 de febrero de 2014

ESTUDIO DE LOS EVENTOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS EN LA AMAZONÍA PERUANA: Sistema de Alerta Cualitativo para la Previsión



Elaboración: Ing. Lucio Vergara S. (ANA) versat.irh@gmail.com

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

Febrero, 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 SST a nivel global
 - 5.2. Análisis del pronóstico de las precipitaciones
- VI. Conclusiones
- VII. Referencias

EVENTOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS EN LA AMAZONÍA PERUANA:

Sistema de Alerta Cualitativo para la Previsión

I. Introducción

El presente sexto informe de “Eventos Hidrológicos Extremos en la Amazonía Peruana: Sistema de Alerta Cualitativo para la Previsión”, es 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 (SST) anómalos de algunas regiones oceánicas circundantes en la ocurrencia de eventos hidrológicos extremos en la amazónica 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 sexto informe mensual correspondiente al mes de febrero 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 los periodos críticos a lo largo del año. Esto permitirá prever la posible ocurrencia de eventos hidrológicos extremos.

III. Conjunto de Datos

La base de datos de las variables climáticas e hidrológicas, 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.

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 (SST) a nivel global, el análisis 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 SST son reportados en grados Celsius (°C) y las anomalías de viento son reportados en vectores con magnitudes en m/s.

a) Anomalías de Temperatura Superficial del Mar (SST)

Durante el mes de febrero, el Pacífico ecuatorial central, en la región El Niño 3.4 presentó anomalías negativas de SST de -0.6 en promedio (Tabla 1), con una ligera disminución respecto al mes anterior (color verde en Fig. 3). Asimismo, la región del Pacífico ecuatorial Este (Niño 1+2) mostró anomalías negativas de SST de -0.8 en promedio (color verde en Fig. 3 y Tabla 1), con una disminución respecto al mes anterior. En general, el Pacífico ecuatorial presenta condiciones frías (anomalías de SST menores a -0.5).

La región del Atlántico tropical Norte (NATL) presenta ligeras anomalías negativas de temperatura superficial del mar del orden de -0.21°C en promedio para el mes de febrero (color blanco en Fig. 3, Tabla 1), con una disminución de 0.16°C con respecto al mes de enero. Asimismo, la región Atlántico tropical Sur (SATL) no presenta anomalías significativas (anomalía positiva de 0.14 en promedio, ver Tabla 1), con un aumento de 0.23 de anomalía de SST respecto al mes anterior.

En general, las temperaturas superficiales del mar (SST) de la región del Pacífico ecuatorial muestran ligeras condiciones frías y Atlántico tropical no muestra anomalías significativas durante el mes de febrero de 2014. Sin embargo, anomalías cálidas de la SST en la región del Atlántico sub-tropical sur son observadas desde diciembre de 2013 (Fig. 3).

Olv2 Sea Surface Temperature Anomaly (°C)
February 2014

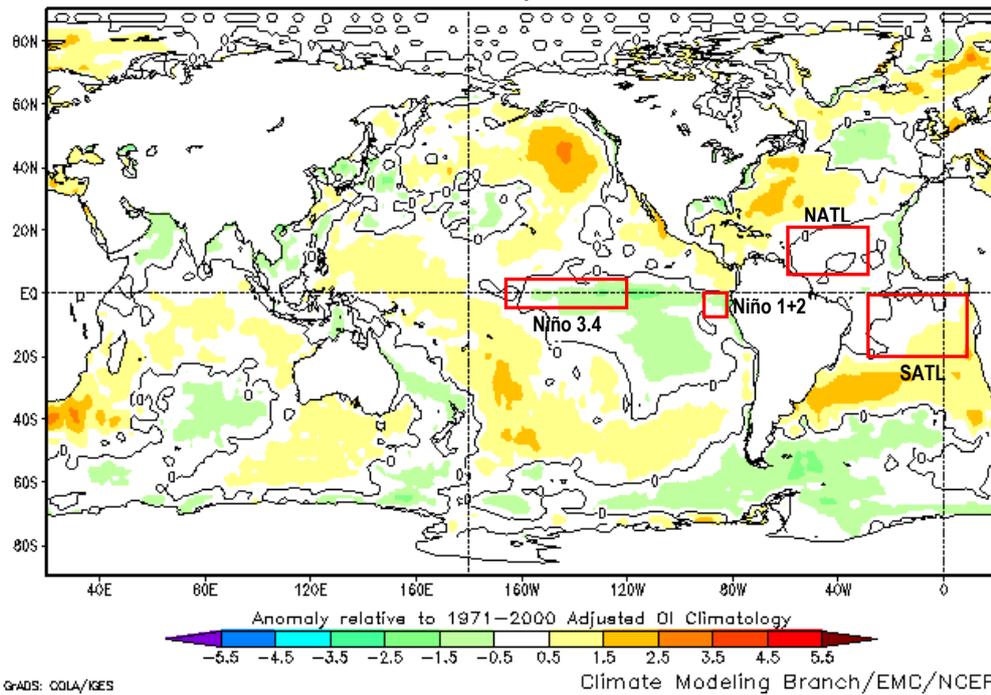


Fig. 3: Anomalías de la temperatura de la superficie del mar (SST) en °C del 01 al 26 de febrero de 2014. Las anomalías son calculadas utilizando como la climatología de periodo base 1971-2000. Fuente NOAA/NCEP.

FEBRUARY 2014								
MONTH	PACIFIC SST				ATLANTIC SST			
	NINO 1+2 0-10S 90W-80W		NINO 3.4 5N-5S 170W-120W		N. ATL 5N-20N 60W-30W		S. ATL 0-20S 30W-10E	
	FEB 13	-0.4	25.7	-0.4	26.3	0.3	25.8	-0.1
MAR 13	0.1	26.7	-0.2	27.0	0.5	26.1	-0.1	27.0
APR 13	-0.9	24.7	-0.1	27.7	0.4	26.3	0.1	27.1
MAY 13	-1.4	22.9	-0.3	27.6	0.5	26.8	0.2	26.4
JUN 13	-1.4	21.5	-0.2	27.4	0.3	27.0	0.0	25.0
JUL 13	-1.3	20.3	-0.3	26.9	0.2	27.4	0.0	23.7
AUG 13	-1.0	19.7	-0.3	26.5	0.3	28.1	0.1	23.2
SEP 13	-0.6	19.8	-0.1	26.7	0.5	28.6	-0.2	22.8
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
DEC 13	-0.2	22.6	0.0	26.5	0.0	26.9	-0.1	24.6
JAN 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

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 Amazonia.

b) Anomalías de la Circulación Atmosférica

En el Pacífico ecuatorial Este dominaron sobre los niveles bajos anomalías de vientos del Oeste, resultado de un debilitamiento de los vientos Alisios en esta región del Pacífico (Fig. 4). Asimismo, en la región del Atlántico tropical se observa un debilitamiento de los vientos Alisios, marcada con mayor intensidad en la zona ecuatorial Este. Sin embargo, se observan vientos sobre su promedio climatológico provenientes del Atlántico tropical norte hacia la cuenca Amazónica (Fig. 4).

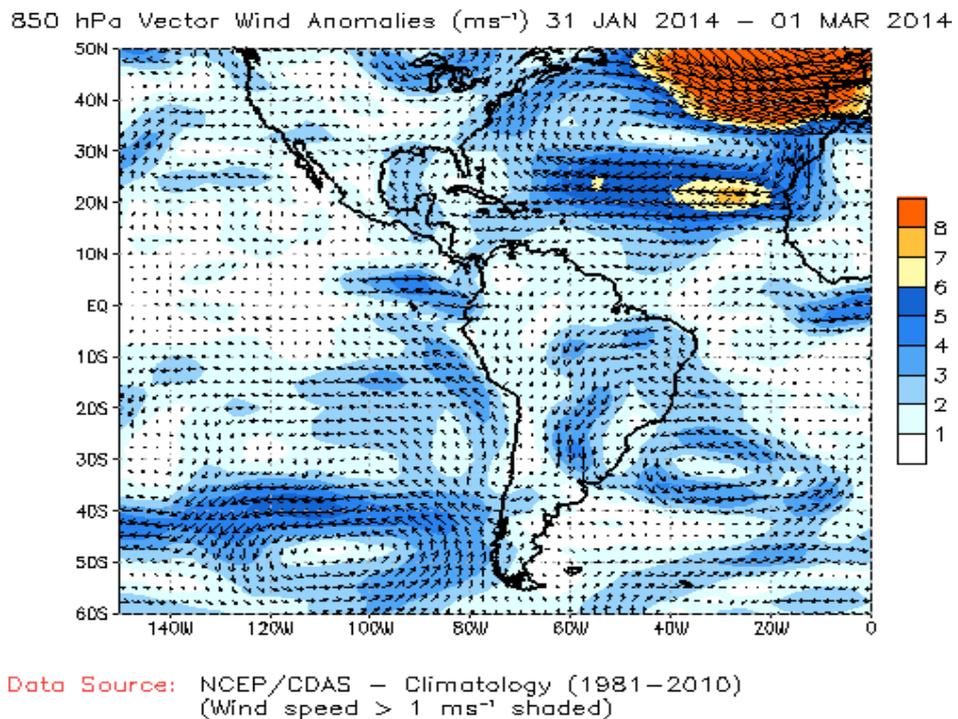


Fig. 4: Vientos en niveles bajos (850 hPa) de la atmósfera, (del 31 de enero al 01 de marzo de 2014). Las anomalías son calculadas utilizando como periodo base los promedios entre 1981 y 2010. Fuente: NOAA/NCEP.

En la región continental de América del Sur (10° S), se observan ingreso de anomalías de vientos del sureste provenientes del Atlántico tropical sur hacia la parte sur de la cuenca Amazónica, pero con menor intensidad que el mes anterior (Fig. 4). Vientos cargados de humedad, intensificándose principalmente al sur de la cuenca Amazónica, con anomalías de vientos sobre su promedio climatológico, durante el mes de febrero (Fig. 4). Estos vientos son interrumpidos por la cadena de montañas de la Cordillera de los Andes del sur de Perú y Bolivia, generándose fuertes convergencias de flujo de humedad en esta región (ver Fig. 5).

c) Anomalías de Transporte de Humedad y su Divergencia

Los flujos de humedad y su divergencia son elaborados con datos de reanálisis NCEP/NCAR de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), con una resolución espacial de 2.5°x2.5° y resolución temporal diario, para el periodo de 45 años (1970 al presente), sobre la región entre 20°N-30°S y 100°W-20°W.

El flujo de humedad integrado verticalmente, F_w , en un punto 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.

A lo largo de la Cordillera de los Andes y suroeste de la cuenca Amazónica se observan considerables convergencias de flujo de humedad, focalizadas con mayor intensidad sobre el sur de Perú y norte de Chile (Fig. 5). En la zona sur del país región Amazónica (nacientes del río Ucayali) se observan convergencia de flujos de humedad, conjuntamente con anomalías de viento del norte que se concentran sobre esta región. Esto implica precipitaciones marcadas sobre la región descrita (Fig. 5).

Alrededor de la amazonia ecuatoriana, colombiana y norte de la amazonia peruana se observan convergencia de flujo de humedad que se expande hasta la zona central de la cuenca amazónica incluyendo la zona de desembocadura. Sin embargo, se continúan observando anomalías de viento cargados de humedad del sureste provenientes del Atlántico tropical sur (10°S) hacia la cuenca Amazónica zona sur. Además, se observan ingresos ligeramente por arriba de lo normal de vientos del océano Atlántico tropical norte alrededor de la desembocadura hacia cuenca Amazónica (Fig. 5).

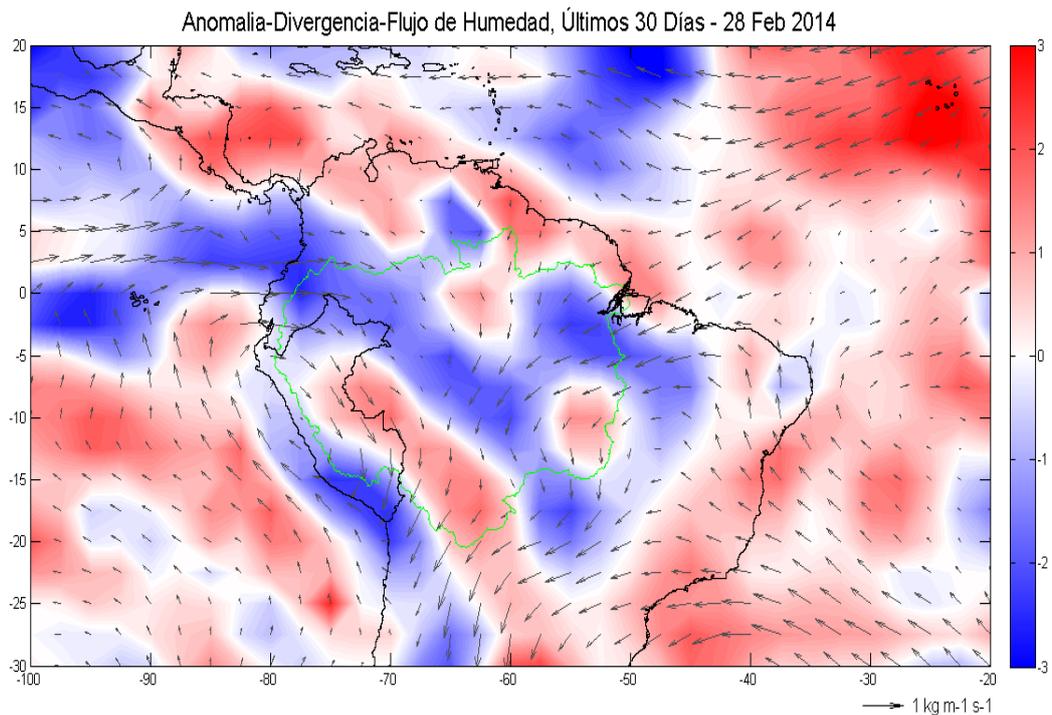


Fig. 5: Anomalías de flujo de humedad integrado en los niveles de 1000 hPa a 300 hPa de la atmósfera y su divergencia. El periodo corresponde a 30 de enero al 28 de febrero 2014. Las anomalías son calculadas utilizando como periodo base los promedios de 1970 a 2014. Límites de la cuenca Amazónica (línea verde).

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 para el Mundo, Sudamérica y otros, mientras TRMM-RT reportan datos 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®, presentando anomalías de precipitación en porcentaje (%).

a) Anomalías de Precipitación IRI

El mapa muestra las anomalías de precipitación mensual 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 y a una resolución de 2,5° de

latitud/longitud. Zonas verdes en el mapa indican que la precipitación fue superior a la de largo plazo normal para el mes, y las zonas marrones en el mapa indican 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).

En el mes de febrero, según el reporte del IRI ocurrieron precipitaciones inferiores a lo normal (Anomalías inferiores a -100 mm/mes) en gran parte de la región extendida de sureste a noroeste de la cuenca Amazónica, incluyendo el norte de la Amazonía peruana (Fig. 6).

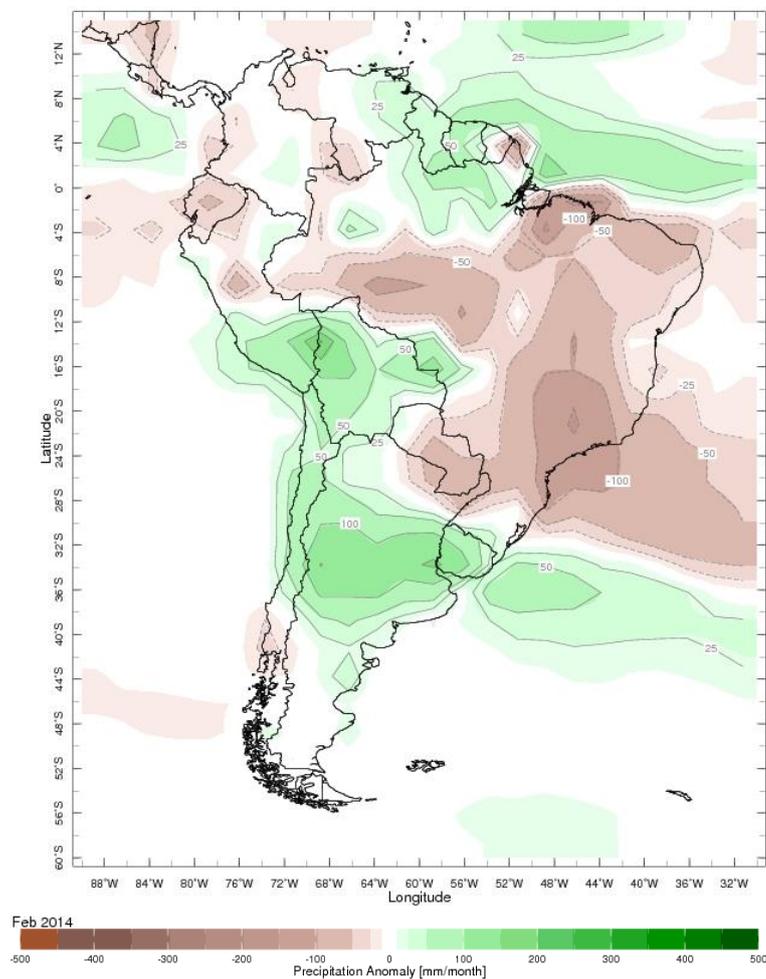


Fig. 6: Anomalías de precipitación (mm/mes) para el mes de febrero de 2014. Las anomalías fueron calculadas con respecto al periodo base de los promedios mensual de 1979 a 2000. Fuente: International Research Institute for Climate and Society (IRI).

Asimismo, ocurrieron lluvias por arriba de lo normal (alrededor de 100 mm/mes) al sur de la Amazonía peruana y en la Amazonía boliviana, principalmente en las cuencas de los ríos Beni y Madre de Dios. También, en la región noreste de la cuenca Amazónica las precipitaciones fueron excedentarias, generando con anomalías inferiores a 50 mm/mes (Fig. 6).

En general, las precipitaciones por encima de valores climatológicos son coherentes con las incursiones intensificadas de flujos de humedad del Atlántico tropical sur hacia el sur de la cuenca Amazónica, observadas fuertes precipitaciones al sur de la misma durante el mes de febrero (Fig. 6).

b) Anomalías de Precipitación Radar TRMM-RT

En febrero la magnitud de las precipitaciones según los datos de TRMM-RT, estuvo por debajo de lo normal (anomalía negativas de -50% en promedio) en algunas regiones al norte de la cuenca Amazónica. Asimismo, se observan déficit de lluvias en la zona central de la Amazonía peruana y ecuatoriana (Fig. 7).

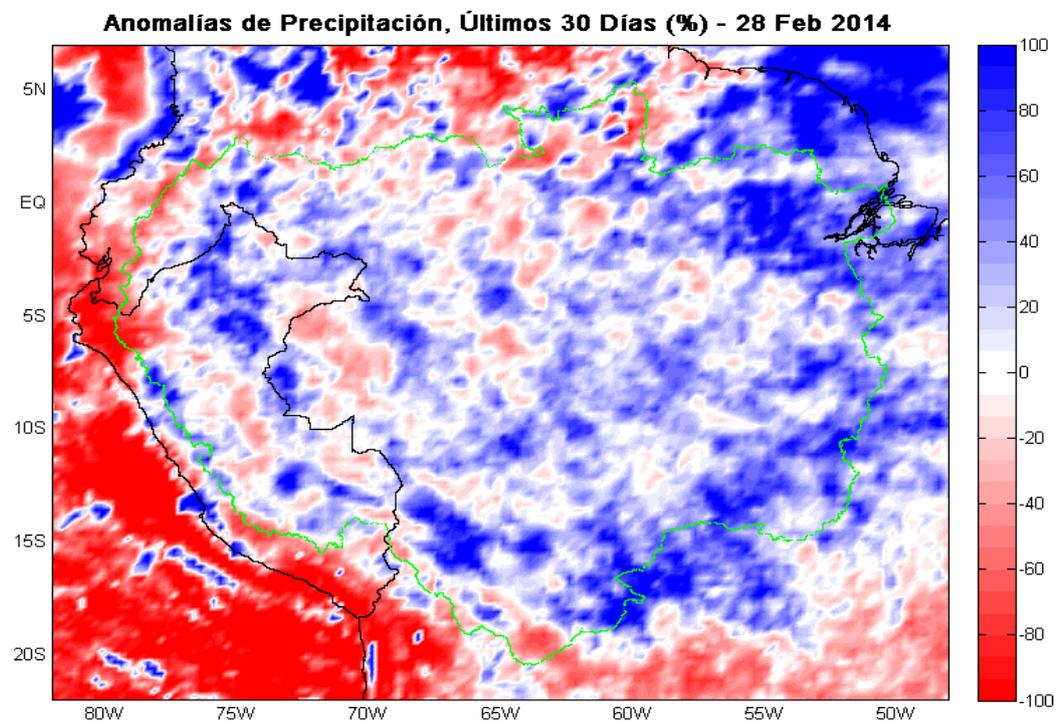


Fig. 7: Anomalías de precipitación en porcentaje (%) para el mes de febrero 2014. Las anomalías fueron calculadas con respecto al periodo base promedio 2002-2013. Límites de la cuenca Amazónica (línea verde).

De acuerdo con la Figura 7, las anomalías positivas de precipitación (inferiores a los 100%) son observadas en toda la región del sur y este de la cuenca Amazónica, particularmente en la Amazonía boliviana.

En gran parte del norte de la Amazonia peruana, se observan anomalía de precipitación por encima de la media climatológica, focalizados en la confluencia del río Marañón y Huallaga expandiéndose hacia el norte hasta la triple frontera Perú-Ecuador-Colombia y hacia el sur hasta las nacientes del río Juruá, incluyendo las nacientes del río Ucayali y Madre de Dios (Fig. 7). Estas anomalías corresponden al periodo de 30 de enero a 28 de febrero 2014.

En conclusión, ambas fuentes de datos de precipitación (IRI y TRMM-RT) muestran anomalías positivas al sur de la Amazonía peruana y toda la región Amazónica boliviana, así como al noreste de la cuenca Amazónica cerca a la desembocadura de la misma.

V. Análisis de las Previsiones

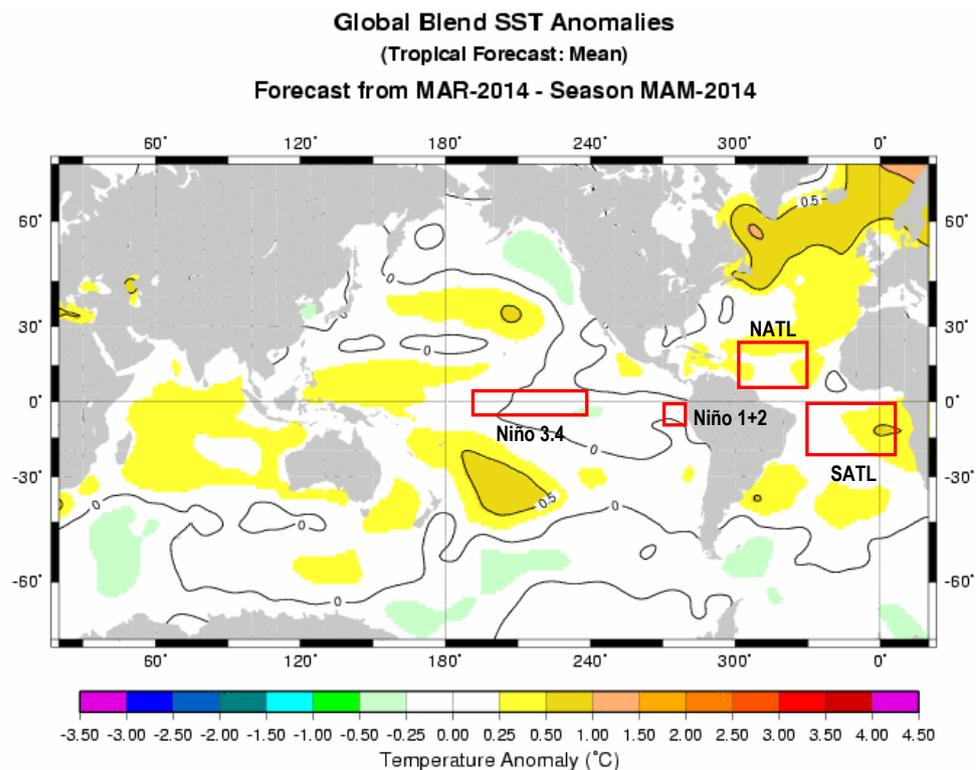
En esta sección se analizan las proyecciones de las anomalías de temperatura superficial del mar a nivel global y las regiones más relevante (Niño 3.4 y NATL), además, se analizan las anomalías de precipitación para los próximos 03 meses, que corresponden al periodo de disminución de las precipitaciones en la región de la Amazonía peruana. Los reportes provienen de las agencias internacionales de pronóstico del clima (IRI, NOAA y CPTEC).

5.1. Análisis de la Temperatura Superficial del Mar

Esta sección contiene los pronósticos de la anomalía de temperatura superficial del mar de manera espacial a nivel del globo, analizándose básicamente las regiones del Pacífico ecuatorial y Atlántico tropical, desarrollados por el International Research Institute for Climate and Society (IRI) y elaborados por el Instituto Geofísico del Perú (IGP) en el marco del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN). El análisis fue realizado específicamente para las regiones de El Niño 3.4, Niño 1+2, NATL y SATL).

a) Pronóstico de la SST a nivel Global

Según el reporte del IRI, los pronósticos de la SST, para el periodo de marzo a mayo de 2014 continúan proyectando condiciones ligeramente neutrales de anomalías de SST en la región Niño 3.4 (color blanco en Fig. 8) para los próximos tres meses (MAM). Asimismo, en la región Niño1+2 y a lo largo de la costa peruana, las anomalías de SST permanecerán cercanas a cero durante los próximos 03 meses (Fig. 8).



IRI 2014-Mar 3 093332

Fig. 8: Pronóstico de las anomalías de temperatura superficial del mar a nivel global, para el periodo de Marzo a Mayo. Rectángulos rojos indican regiones de interés. Fuente: International Research Institute for Climate and Society (IRI).

Para la región del Atlántico tropical Norte (NATL) se pronostican anomalías de temperatura superficial del mar para los próximos 3 meses (MAM) ligeramente sobre el promedio (anomalías positivas inferiores a 0.5°C). Asimismo, para la región del Atlántico tropical Sur (SATL) pronostican anomalías neutrales en promedio (valores inferiores a 1°C centralizados al este de la misma) de SST.

En general, se presentaran anomalías cercanas a las condiciones normales en el Pacífico ecuatorial (color blanco en Fig. 8) y anomalías ligeramente por debajo de lo normal en Atlántico tropical.

5.2. Análisis del Pronóstico de las Precipitaciones

El pronóstico de la distribución de las anomalías de precipitaciones en la región de la cuenca Amazónica para los próximos meses de marzo a mayo 2014 muestra anomalías alrededor de lo normal (color blanco en la Figura 11) en gran parte de la zona sur de la cuenca Amazónica.

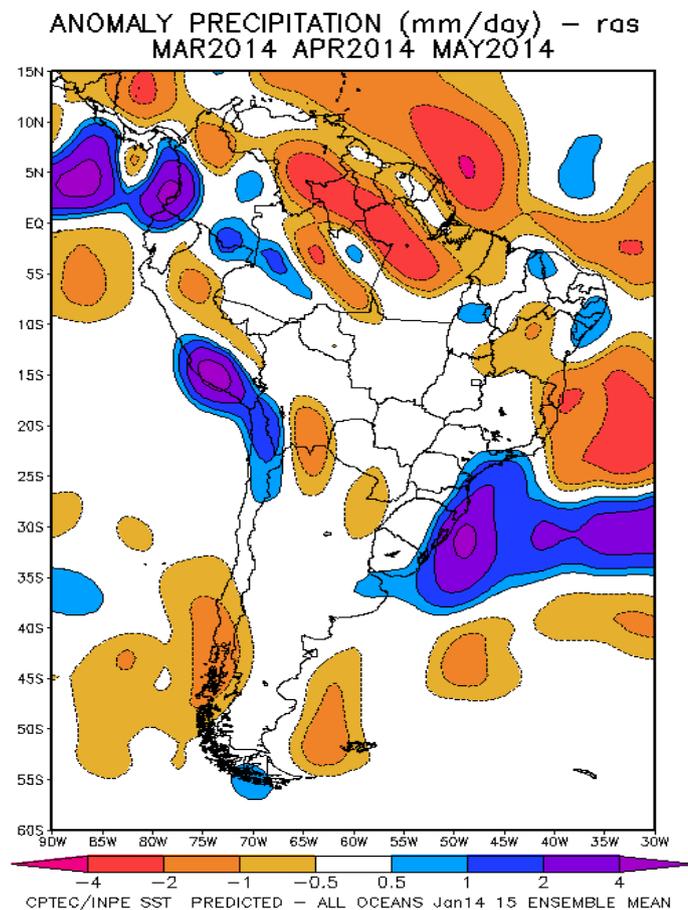


Fig. 11: Pronóstico de las anomalías de la precipitación (mm/día) método **ras** para los meses de MAM del 2014 en América del Sur. Fuente: CPTEC/INPE.

Anomalías negativas (superiores a -4 mm/día) se observarán en gran parte de la zona noreste de la cuenca Amazónica, focalizada al sur de Guyana que se expande desde cerca de la desembocadura hasta la zona sur de Venezuela (Fig. 11). Igualmente, se observarán anomalías negativas de precipitación en gran parte de

la Amazonia peruana, focalizada en la confluencia de los ríos Marañón y Huallaga, expandiéndose hasta los nacientes del río Madre de Dios.

Asimismo, se observarán anomalías positivas de precipitación inferiores a 5 mm/día focalizadas en toda la zona sur de nuestro país, expandiéndose hasta el norte de Chile. Además, se observarán anomalías positivas inferiores a 2 mm/día alrededor de la triple frontera Perú-Colombia-Brasil.

En general, se observarán anomalías de precipitación alrededor de lo normal en gran parte de la cuenca Amazónica, con mayor influencia en la zona sur de la misma. Sin embargo, se observarán anomalías negativas marcadas al noreste de la cuenca Amazónica, asimismo casi en toda la Amazonia peruana (ver Fig. 11).

VI. Conclusiones

La actualización de la base de datos de las variables climáticas e hidrológicas se viene desarrollando continuamente, con datos y/o informaciones provenientes de diferentes agencias internacionales de investigación del clima e instituciones locales. Las variables se encuentran a casi tiempo real, con escalas de tiempo diarios (precipitaciones del radar TRMM-RT y reanálisis) y mensuales (SST, índices oceánicos, circulación atmosférica).

Las temperaturas superficiales del mar en el Pacífico ecuatorial presentan ligeras condiciones frías (anomalías de SST inferiores a -0.5). Asimismo, el Atlántico tropical presenta condiciones normales a la fecha, mientras que la región del Atlántico subtropical sur muestra temperaturas por encima de lo normal. Por otro lado, los pronósticos indican que durante los próximos tres (03) meses persistirán condiciones cercanas al promedio climatológico, tanto en la región de El Niño 3.4 como en El Niño 1+2. Además, los pronósticos numéricos indican una baja probabilidad de condiciones El Niño o La Niña. Para la región del Atlántico tropical los modelos proyectan condiciones normales con anomalías ligeramente positivas, pero con mayor intensidad en la zona sur.

Durante el mes de febrero 2014 se ha observado convergencia de flujo de humedad considerable en toda la parte sur de la Amazonia peruana y boliviana atribuido al ingreso de vientos del océano Atlántico tropical sur sobre lo normal pero en menor

grado con respecto al mes anterior hacia el sur de la cuenca Amazónica. Asimismo, se observan ingreso flujos de humedad por encima de la climatología provenientes del Atlántico tropical norte, con marcadas convergencia de flujo de humedad en la Amazonia ecuatoriana y colombiana así como al norte de la Amazonia peruana. Estas anomalías probablemente implican las fuertes precipitaciones.

En síntesis, las condiciones actuales de la distribución de anomalías de precipitación para el mes de febrero se observan precipitaciones por arriba de su climatología extendida en la zona norte de la Amazonia peruana, puntualizados en las nacientes de los ríos Ucayali y Madre de Dios, y en forma expandida en toda la Amazonia boliviana, asimismo, alrededor la desembocadura del río Amazonas. Según los pronósticos, no se observan anomalías marcadas de precipitaciones para el periodo de Marzo-Abril-Mayo 2014. Sin embargo, dada las anomalías de precipitación observadas en los últimos meses, se espera caudales más elevados de lo normal en los ríos Huallaga, Amazonas (Tamshiyacu), principalmente estas anomalías pueden ser importantes en el alto Ucayali y en Madre de Dios.

En general, se sugiere seguir monitoreando las condiciones hidroclimáticas actuales y proyectadas, teniendo en cuenta que estamos en los meses críticos de temporada de lluvias y a inicio de creciente de los ríos amazónicos peruanos.

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*.

- 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)
- 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.