



INFORME MENSUAL: 31 de julio de 2014

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



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

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

Julio, 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 El 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 de “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 julio 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, semanalmente 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 (TSM) del Pacífico ecuatorial y Atlántico tropical, 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 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 julio el Pacífico ecuatorial central, en la región Niño 3.4 presentó anomalías positivas de TSM de 0.2°C en promedio (Tabla 1), con una ligera disminución respecto al mes anterior (amarillo pálido en Fig. 1). Asimismo, la región del Pacífico ecuatorial Este (Niño 1+2) mostró anomalías positivas de TSM de 1.4°C en promedio (manchas de amarillo oscuro en Fig. 1 y Tabla 1), con un descenso de 0.3°C respecto al mes anterior. En general, el Pacífico ecuatorial presenta condiciones entre neutras y cálidas moderadas, lo cual también ha sido reportado por el ENFEN en su Comunicado Oficial N° 12 (agosto).

La región del Atlántico tropical Norte (NATL) presenta ligeras anomalías negativas de temperatura superficial del mar del orden de -0.3°C en promedio para el mes de julio (blanco-verde en Fig. 1, Tabla 1), manteniendo características similares al mes de junio. Sin embargo, la región Atlántico tropical Sur (SATL) presenta anomalías neutras de TSM de 0.0°C en promedio (ver Tabla 1), con un ligero descenso de la anomalía de TSM respecto al mes anterior.

En resumen, la TSM en la región del Pacífico ecuatorial muestran condiciones neutras a cálidas moderadas y la región del Atlántico tropical no muestra anomalías significativas durante el mes de julio de 2014 (Fig. 1).

Olv2 Sea Surface Temperature Anomaly (°C)
July 2014

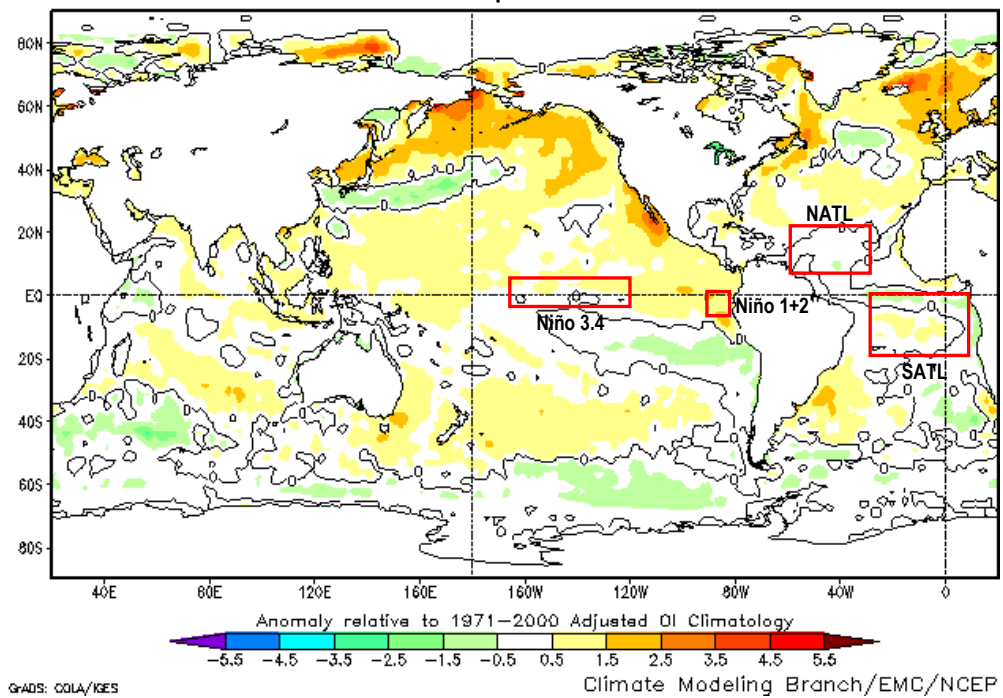


Fig. 1: Anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) en °C del mes de julio de 2014. Las anomalías son calculadas utilizando como la climatología de periodo base 1971-2000. Fuente NOAA/NCEP.

JUL 2014								
MONTH	PACIFIC SST				ATLANTIC SST			
	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
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
MAR 14	-0.8	25.9	-0.2	27.0	-0.3	25.3	0.1	27.2
APR 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

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.

b) Anomalías de la Circulación Atmosférica

En la región del Pacífico ecuatorial Este, sobre los niveles bajos de la tropósfera, dominaron anomalías de vientos del Oeste, resultado del debilitamiento de los vientos Alisios en esta región (Fig. 2). Asimismo, en la región del Atlántico tropical se observa debilitamiento de los vientos Alisios, con una mayor intensidad en la zona ecuatorial central (hasta 6 m/s en Fig. 2). Sobre la cuenca amazónica peruana se presentan anomalías de vientos del Este, que son direccionados hacia el sur al aproximarse a la cordillera de los Andes, generándose convergencia de flujo de humedad al sur de la amazonía peruana y boliviana (ver Fig. 3).

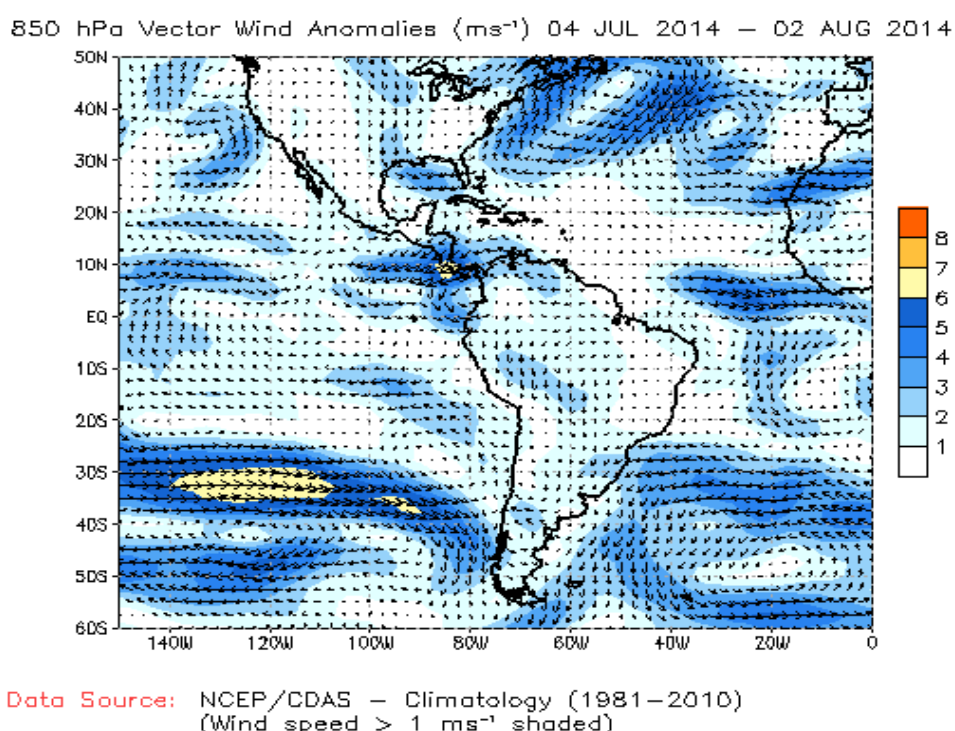


Fig. 2: Anomalia de vientos en niveles bajos (850 hPa) de la atmósfera, (del 04 de julio al 02 de agosto de 2014). Las anomalías son calculadas utilizando como periodo base los promedios entre 1981 y 2010. Fuente: NOAA/NCEP.

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 diario. El periodo de análisis es del año 1970 al presente (45 años), sobre la región con latitud 20°N - 30°S y longitud 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.

En el periodo de análisis, se observan convergencias de flujo de humedad al noroeste de la cuenca Amazónica (Amazonía colombiana) y al sur de la Amazonía peruana conectada con el sur de la Amazonía boliviana pero con menor intensidad (Fig. 3). Asimismo, se observan convergencia de flujo de humedad al norte de la cuenca de La Plata expandiéndose al sur de la misma (Fig. 3).

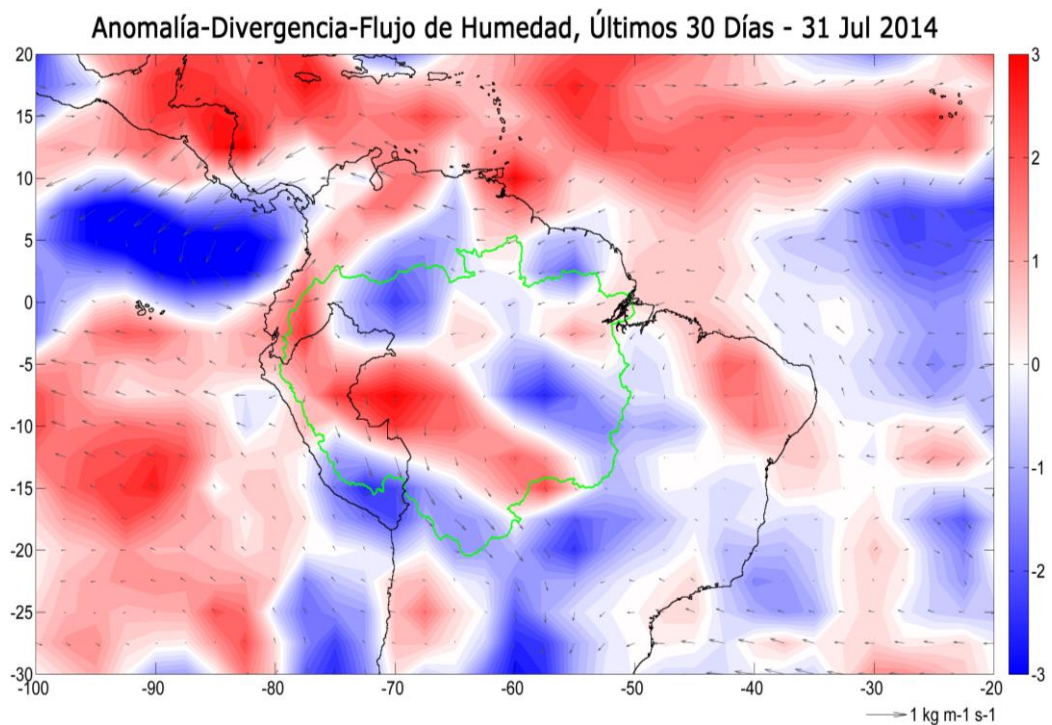


Fig. 3: Anomalías de flujo de humedad integrado en los niveles de 1000 hPa a 300 hPa de la atmósfera y su divergencia. El periodo corresponde de 01 al 31 de julio 2014. Las anomalías son calculadas utilizando como periodo base los promedios de 1970 a 2013. Se muestra límites de la cuenca Amazónica (línea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

Por otro lado, se observa un debilitamiento del transporte de humedad desde el Océano Atlántico ecuatorial hacia el Este de la cuenca Amazónica. Estas

condiciones vienen produciendo divergencia del transporte de humedad sobre la zona central y Este de la cuenca amazónica (color rojo en la Fig. 3).

4.2. Análisis de Precipitaciones

En esta sección presentamos 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 que el TRMM-RT reportan datos diarios a nivel global, aquí son procesados para la región de interés (7°N a 22°S; 82°W a 48°W) haciendo uso del programa Matlab®.

a) Anomalías de Precipitación IRI

El mapa muestra las 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 al promedio del mes (1979-2000), 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 julio, según el reporte del IRI se observan precipitaciones inferiores a lo normal en toda la región norte y alrededor del estuario de la cuenca Amazónica (anomalías negativas inferiores a 100 mm/mes, ver Fig. 4), que incluye parte de la zona norte de la Amazonía peruana. Por otro lado, ocurrieron lluvias por arriba de lo normal (inferiores a 25 mm/mes) en gran parte de la Amazonía boliviana involucrando parte de la zona sur de la Amazonía peruana. Sin embargo en la zona central de la Amazonía peruana se observan anomalías de precipitación neutras. Además, se observaron precipitaciones excedentarias en gran parte de la cuenca de La Plata (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 suroeste de la cuenca amazónica (Amazonía boliviana y parte de Perú) que se ha traducido en anomalías positivas de precipitación según lo reportado por el IRI (Fig. 3 y 4). Asimismo, en gran parte de la cuenca de La Plata, existe mayor coherencia del flujo de humedad y precipitación excedentaria según el IRI.

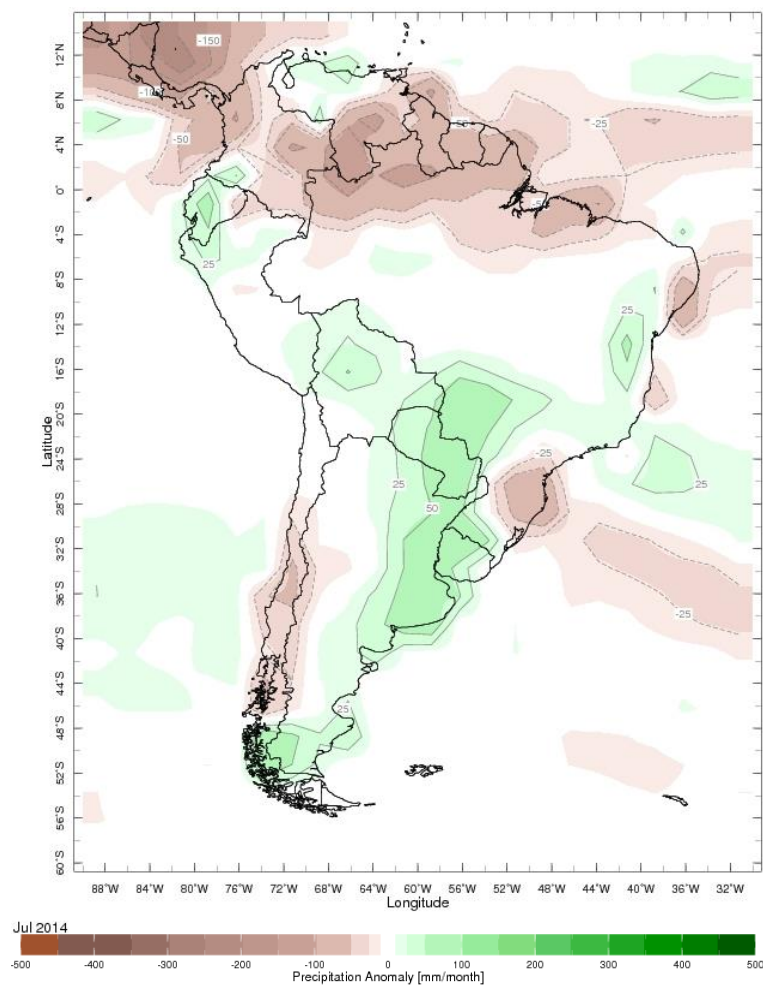


Fig. 4: Anomalías de precipitación (mm/mes) para julio de 2014. Las anomalías fueron calculadas con respecto al periodo base de los promedios mensual de 1979 a 2000. Fuente: International Research Institute for Climate and Society (IRI).

b) Anomalías de Precipitación Radar TRMM-RT

Durante el periodo de 01 hasta 31 de julio, según datos de TRMM-RT, la magnitud de las precipitaciones estuvo por debajo de lo normal (anomalía negativas de 5

mm/día en promedio) en gran parte de la región norte de la cuenca Amazónica que incluye la zona norte de la Amazonía peruana. Asimismo, se observan anomalías cercanas a lo normal en el resto de las regiones de la cuenca Amazónica (Fig. 5).

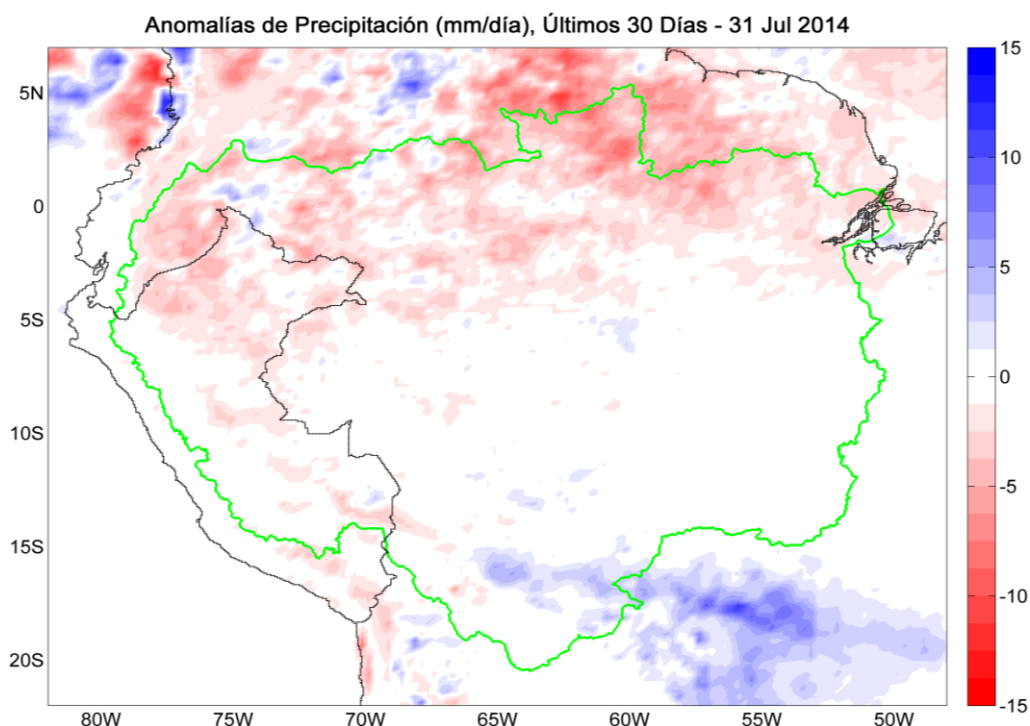


Fig. 5: Anomalías de precipitación en mm/día para julio 2014. Las anomalías fueron calculadas con respecto al periodo base promedio 2002-2013. Se muestra límites de la cuenca Amazónica en línea verde.

De acuerdo con la Figura 5, las anomalías positivas de precipitación (~5 mm/día) son observadas en la parte central de la Amazonía boliviana extendiéndose hacia la cuenca de La Plata, lo cual es coherente con lo reportado por el IRI (Fig. 4). Además, a la escala del radar TRMM-RT se observaron anomalías negativas en pequeñas regiones de la zona central y sur de la cuenca Amazonía peruana (Fig. 5).

En general, ambas fuentes de datos de precipitación (IRI y TRMM-RT) muestran dominio de anomalías negativas en toda la zona norte y estuario de la cuenca Amazónica. Asimismo, la parte central de la amazonia boliviana y la zona norte de la cuenca de La Plata, continúa reportándose anomalías negativas de precipitación, como se reportó en el mes anteriormente.

V. Análisis de las Previsiones

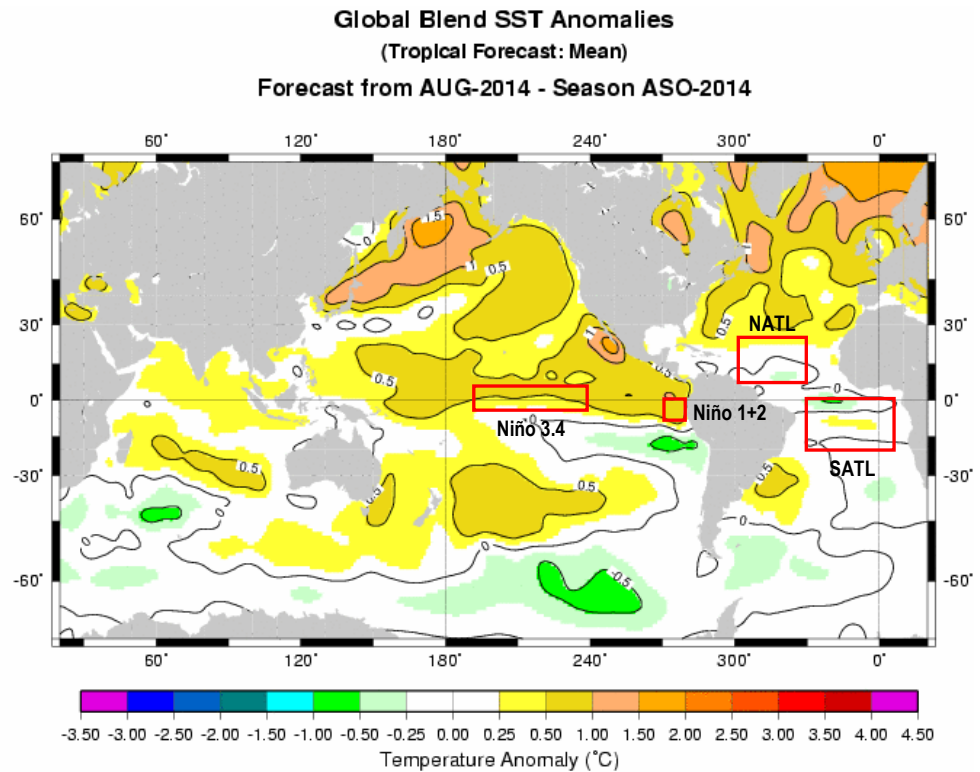
En esta sección se analizan los pronósticos de las anomalías de temperatura superficial del mar en las regiones más relevantes (Niño 3.4, Niño 1+2, NATL y SATL). Además, se analizan las anomalías de precipitación para los próximos 03 meses, que corresponden a la temporada de disminución de las lluvias 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 agosto-setiembre-octubre (ASO) de 2014, proyectan condiciones neutras a cálidas débiles para la región Niño 3.4 (parcialmente de amarillo oscuro en Fig. 7) y cálidas débiles para la región Niño 1+2 (amarillo oscuro en Fig. 7). Asimismo, el Informe Técnico ENFEN N° 07 - 2014 de julio manifiesta que la región Niño 1+2 constituiría una condición cálida débil para el trimestre ASO y para fines de año entre neutras a cálidas moderadas. Mientras que para la región Niño 3.4 pronostican condiciones cálidas de débiles a moderadas para fines de año.



IRI 2014 Aug 4 10:57:51

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

Para la región del Atlántico tropical Norte (NATL) se prevén anomalías de TSM neutrales en promedio (dominio de color blanco, ver Fig. 7) para el trimestre ASO. Asimismo, para la región del Atlántico tropical Sur (SATL) pronostican anomalías de TSM cercano a su promedio climatológico pero ligeramente superior a lo normal (color amarillo en la parte central de la misma, ver Fig. 7). Resaltando que en la región subtropical del Atlántico Sur para el trimestre ASO las anomalías positivas de TSM persistiría (anomalías superiores a 0.5°C, ver Fig. 7).

b) Pronóstico de la Región El Niño 3.4

Según los reportes de NMME, las proyecciones de las anomalías de la temperatura superficial del mar en el Pacífico ecuatorial central (Niño 3.4) para los próximos 03 meses, presentarían según los modelos, condiciones neutrales a cálidas débiles (TSM sobre el promedio climatológico con 0.5°C en promedio, ver Fig. 8), manteniendo condiciones ligeramente positivas hasta fin del año (Fig. 8).

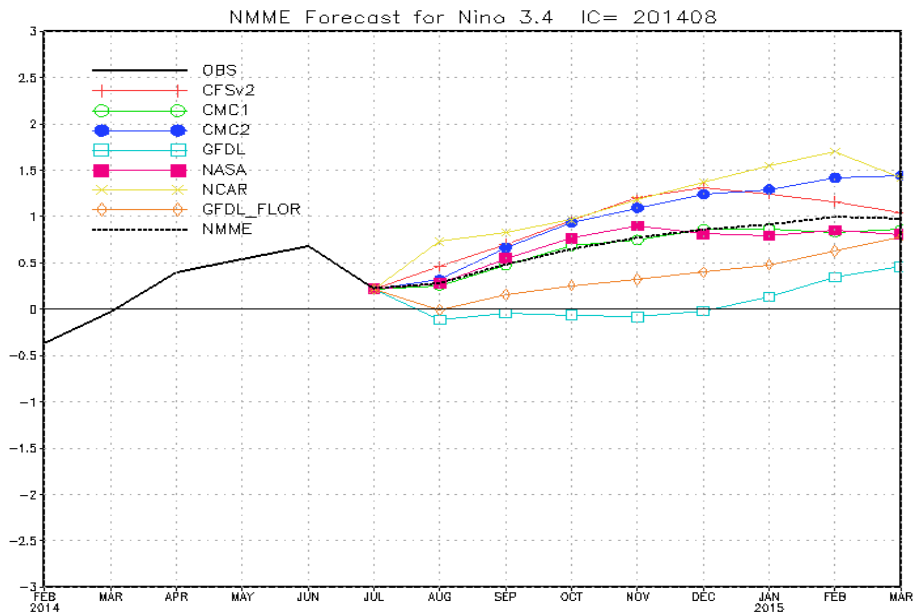


Fig. 8: Pronóstico de las anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) por modelos acoplados para la región Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°W-170°W) del Pacífico ecuatorial central, a partir de condiciones de fines de julio 2014. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.

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 la temperatura superficial del mar en el Atlántico tropical Norte (NATL) indican que durante el trimestre agosto-octubre (ASO) persistirán condiciones cercanas a lo normal (TSM cerca al promedio climatológico, ver Fig. 9). La mayoría del conjunto de modelos de pronósticos acoplados de fines de julio 2014 pronostican condiciones de anomalías negativas de TSM de hasta -0.2°C en promedio para los próximos 3 meses, con condiciones cercanas a cero para finales de año (Fig. 9).

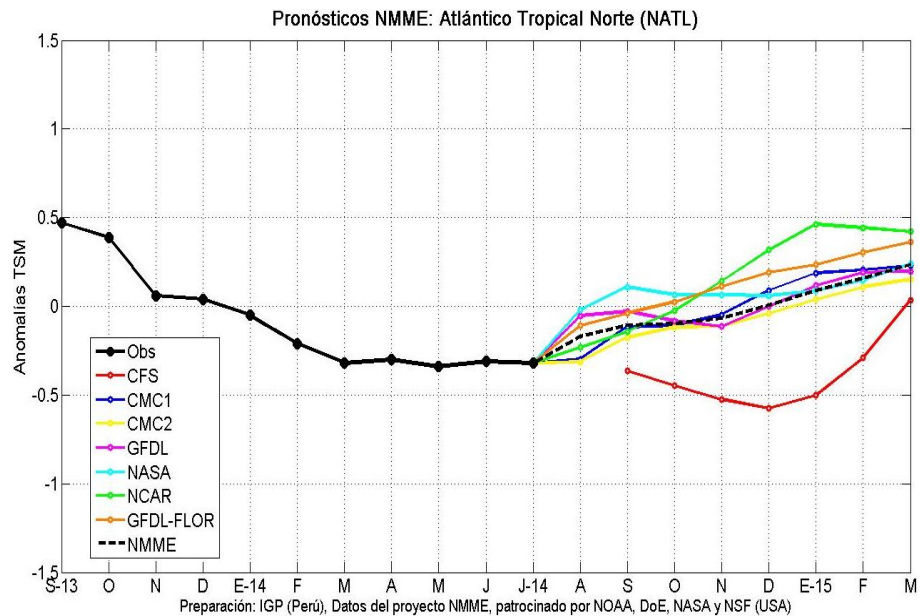


Fig. 9: Pronóstico de las anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) para la región del Atlántico tropical Norte (NATL: 5°N-20°N, 30°W-60°W), a partir de condiciones de fines de julio 2014. Fuente: Instituto Geofísico del Perú (IGP).

5.2. Análisis del Pronóstico de las Precipitaciones

El pronóstico de anomalías de precipitaciones para los próximos 03 meses ASO 2014 con datos observados de fines de julio, muestran probabilidad de lluvia por debajo de lo normal en gran parte de la región noreste (cercano a la desembocadura) de la cuenca Amazónica, extendida desde la desembocadura hasta al centro de la misma (Fig. 10).

Asimismo, las otras regiones de la cuenca Amazónica incluida gran parte de la Amazonia peruana tendrían una distribución de lluvias cercana a lo normal (color blanco en la Figura 10) a excepción del sur de Perú y suroeste de Bolivia que presentan anomalías sobre lo normal (valores inferiores a 4 mm/día). A fines del mes de julio se observan precipitaciones cercano a lo normal (reporte IRI) en gran parte de la Amazonía peruana. Esta condición seguiría trazando el descenso en los niveles y caudales en los principales ríos de la zona sur.

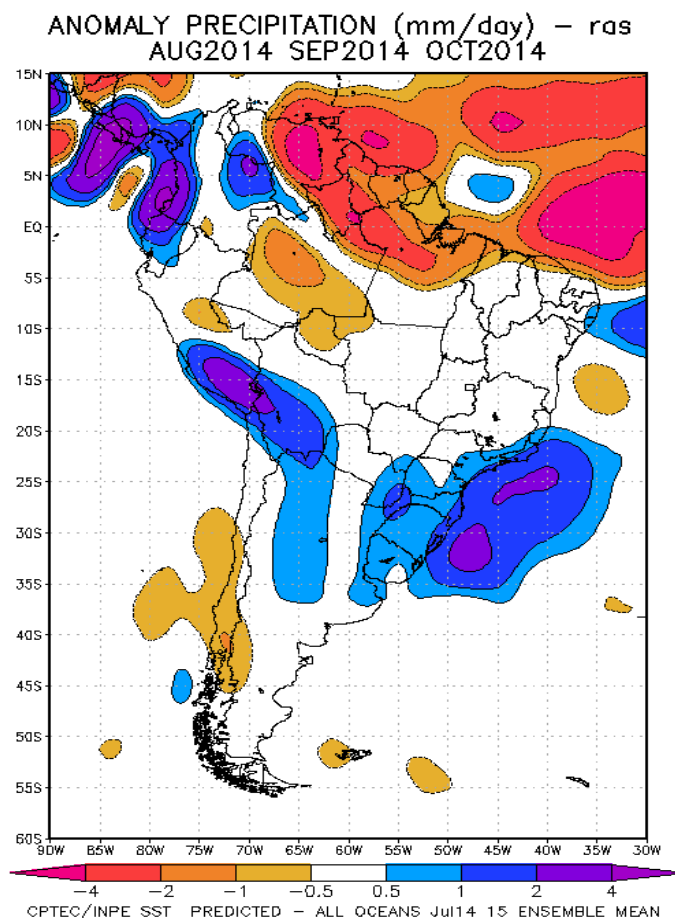


Fig. 10: Pronóstico de las anomalías de la precipitación (mm/día) método **ras** para los meses de ASO del 2014 en América del Sur, con datos observados del mes de julio. Fuente: CPTEC/INPE.

En general, se observarían anomalías de precipitación alrededor de lo normal en gran parte de la región suroeste de la cuenca Amazónica, incluyendo toda la Amazonia peruana, a excepción de la zona sur. Sin embargo, se observarían anomalías negativas en forma extendida al noreste y alrededor de la desembocadura de la cuenca Amazónica (Fig. 10).

VI. Conclusiones

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).

Durante el mes de julio la TSM en el Pacífico ecuatorial región Niño 3.4 presentó ligeras anomalías positivas (anomalías de TSM de 0.2°C). Asimismo, la región Niño 1+2 presentó condiciones cálidas moderadas (anomalías de TSM de 1.4°C). Por otro lado, el Atlántico tropical Norte (NATL) presenta condiciones ligeramente frías (anomalías de TSM de -0.3°C), mientras que la región del Atlántico tropical Sur (SATL) mostró anomalías de TSM cercano a lo normal. Además, los pronósticos indican que durante los próximos tres meses persistirán condiciones neutrales a cálidas débiles para la región Niño 1+2 y Niño 3.4 concordante con el Informe Técnico ENFEN N° 07-2014 del mes de julio.

De acuerdo a los datos de reanálisis para el mes de julio, se observan convergencias de flujo de humedad al noroeste de la cuenca Amazónica (Amazonía colombiana) y al sur de la Amazonía peruana. Asimismo, se observan convergencia de flujo de humedad al sur de la Amazonía boliviana expandiéndose en gran parte de la cuenca de La Plata. Por otro lado, se observaron debilitamiento de los vientos alisios (cercano al promedio climatológico) a lo largo de la línea ecuatorial en ambos océanos.

Anomalías negativas de precipitación (inferiores a los 100 mm/mes - IRI) se observaron en gran parte de la zona norte de la cuenca Amazónica y cerca al estuario. Asimismo, de acuerdo a ambas fuentes de datos (IRI y TRMMM-RT), y considerando los meses de junio (ver informe precedente) y julio, precipitaciones por debajo de lo normal predominan en el norte de la amazonía peruana, amazonía ecuatoriana y colombiana, esto podría traducirse en caudales menores a los usualmente observados en los tributarios del noroeste (Pastaza, Tigre, Napo y Putumayo). Por otro lado, los pronósticos indican que persistirían precipitaciones por debajo de lo normal en gran parte del noreste de la cuenca Amazónica y cercana a lo normal en gran parte de la Amazonía peruana a excepción del sur de la misma, donde se observarían precipitaciones ligeramente sobre el promedio climatológico.

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.