



INFORME MENSUAL: 31 de agosto 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

Agosto, 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
 - 4.3. Análisis de los caudales históricos
- 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 agosto 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 agosto el Pacífico ecuatorial central, la región Niño 3.4 presentó anomalías positivas de TSM de 0.2°C en promedio (Tabla 1), manteniendo características similares 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 1.3°C en promedio (área de amarillo oscuro en Fig. 1 y Tabla 1), con un ligero descenso de 0.1°C respecto al mes anterior. En general, el Pacífico ecuatorial presenta condiciones neutras a cálidas moderadas, tal como ha sido reportado por el ENFEN en su Comunicado Oficial N° 13 (agosto).

La región del Atlántico tropical Norte (NATL) presentó ligeras anomalías negativas de temperatura superficial del mar del orden de -0.2°C en promedio para el mes de agosto (blanco en Fig. 1, Tabla 1), con un ligero descenso con respecto al mes de julio. Sin embargo, la región Atlántico tropical Sur (SATL) presentó anomalías neutras de TSM en promedio (ver Fig. 1 y Tabla 1), con características similares de anomalía de TSM al mes anterior.

En resumen, la TSM de 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 agosto de 2014 (Fig. 1).

Olv2 Sea Surface Temperature Anomaly (°C)
August 2014

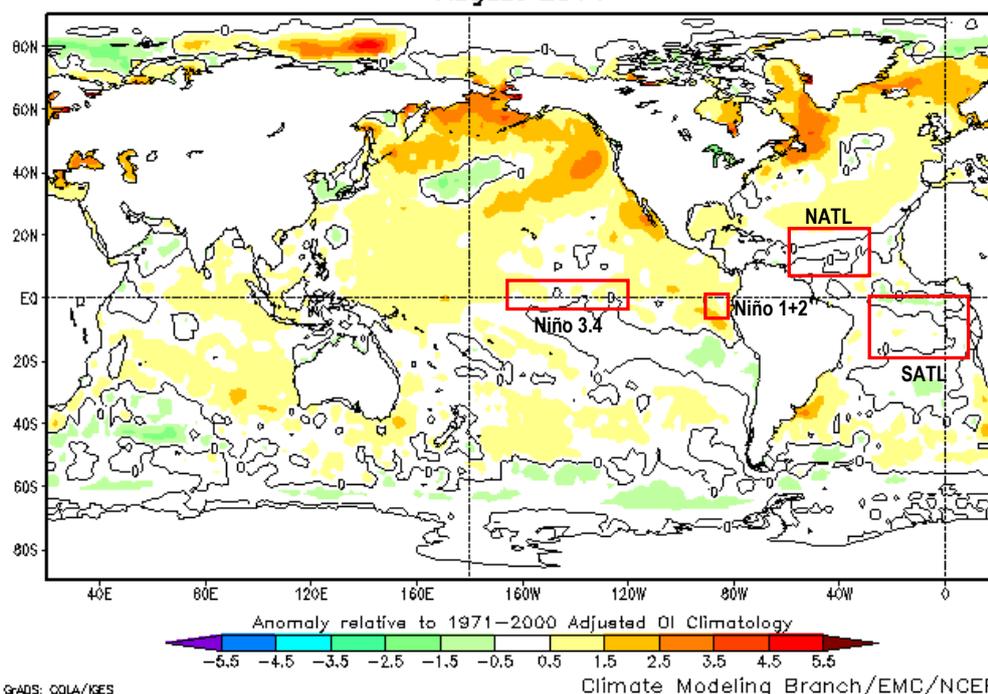


Fig. 1: Anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) en °C del mes de agosto de 2014. Las anomalías son calculadas utilizando como la climatología de periodo base 1971-2000. Fuente NOAA/NCEP.

AGOSTO 2014								
MES	TSM PACÍFICO				TSM ATLÁNTICO			
	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				
AGO 13	-1.0	19.7	-0.3	26.5	0.3	28.1	0.1	23.2
SET 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
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

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 (Fig. 2). Dentro del continente (cuena de Amazonas) no se observaron anomalías de vientos predominantes.

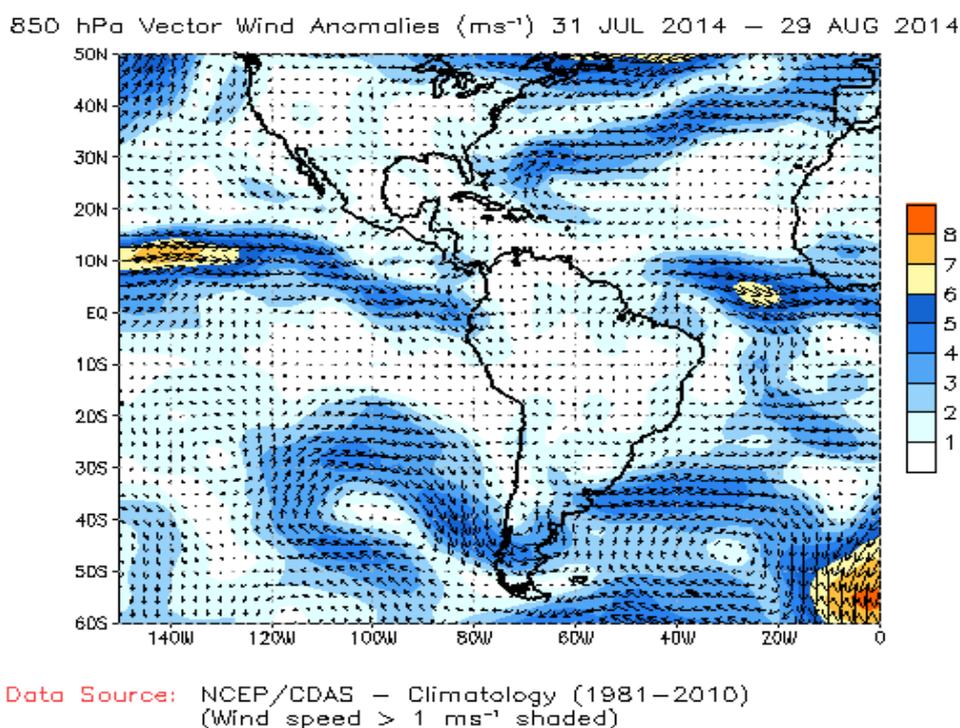


Fig. 2: Anomalia de vientos en niveles bajos (850 hPa) de la atmósfera, (del 31 de julio al 29 de agosto de 2014). Las anomalías son calculadas utilizando como periodo base los promedios entre 1981 y 2010. Fuente: NOAA/NCEP.

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 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.

En el periodo de análisis, se observaron convergencias de flujo de humedad al noroeste (Colombia) y central de la cuenca Amazónica, al mismo tiempo, a lo largo de la Amazonía peruana, con excepción del noroeste de la misma (Fig. 3). La convergencia del flujo de humedad aparece con mayor intensidad hacia las cabeceras de las cuencas Ucayali y Madre de Dios.

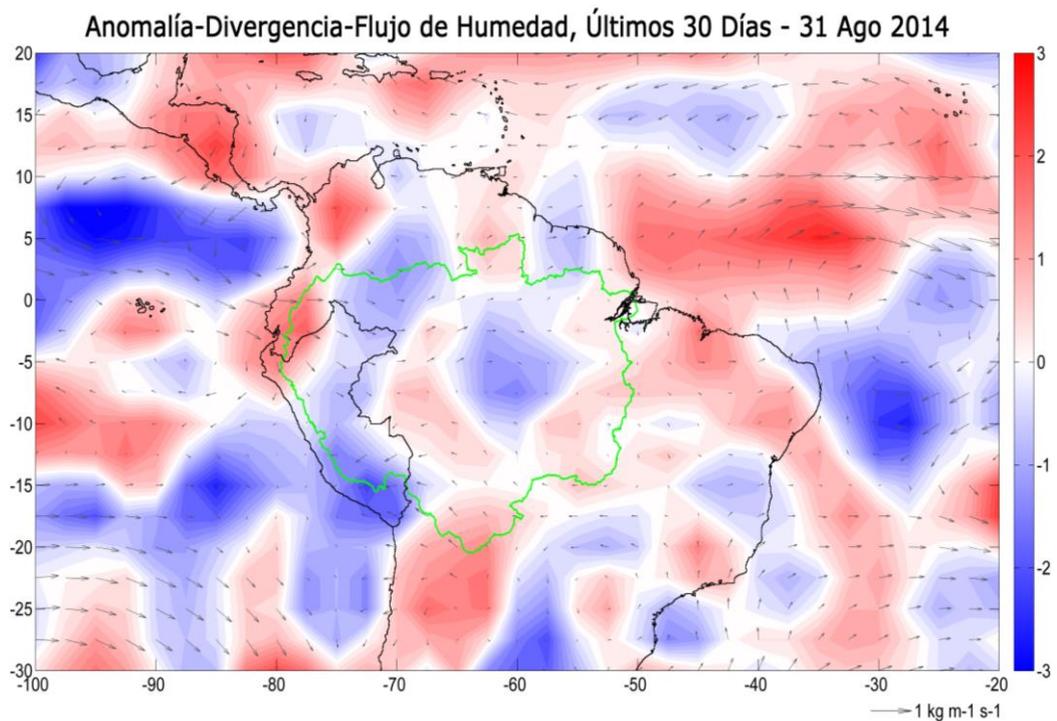


Fig. 3: Anomalías de flujo de humedad integrado en los niveles de 1000 hPa a 300 hPa de la atmósfera y su divergencia. El periodo corresponde de 01 al 31 de agosto 2014. Las anomalías son calculadas utilizando como periodo base los promedios de 1970 a 2013. Se muestra límites de la cuenca Amazónica (línea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

Por otro lado, se observa un debilitamiento del transporte de humedad desde el Océano Atlántico ecuatorial hacia el Este de la cuenca Amazónica, lo cual se viene observando desde el mes junio como se reportó en los informes de los

meses de junio y julio. Estas condiciones vienen produciendo divergencia del transporte de humedad en el Atlántico tropical norte (color rojo en la Fig. 3).

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 porcentaje (%).

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 agosto, según el reporte del IRI se observaron precipitaciones inferiores a lo normal en toda la cuenca Amazónica, acentuada en la región norte y alrededor del estuario de la misma (anomalías negativas inferiores a 150 mm/mes, ver Fig. 4), asimismo, incluye la zona norte de la Amazonía peruana (anomalías negativas inferiores a 50 mm/mes), alrededor de la ciudad de Iquitos. Por otro lado, se observaron anomalías de precipitación cercanas a lo normal en gran parte de la Amazonía peruana (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 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 Amazonia boliviana, existe mayor coherencia entre el flujo de humedad y precipitación deficitarias según el IRI.

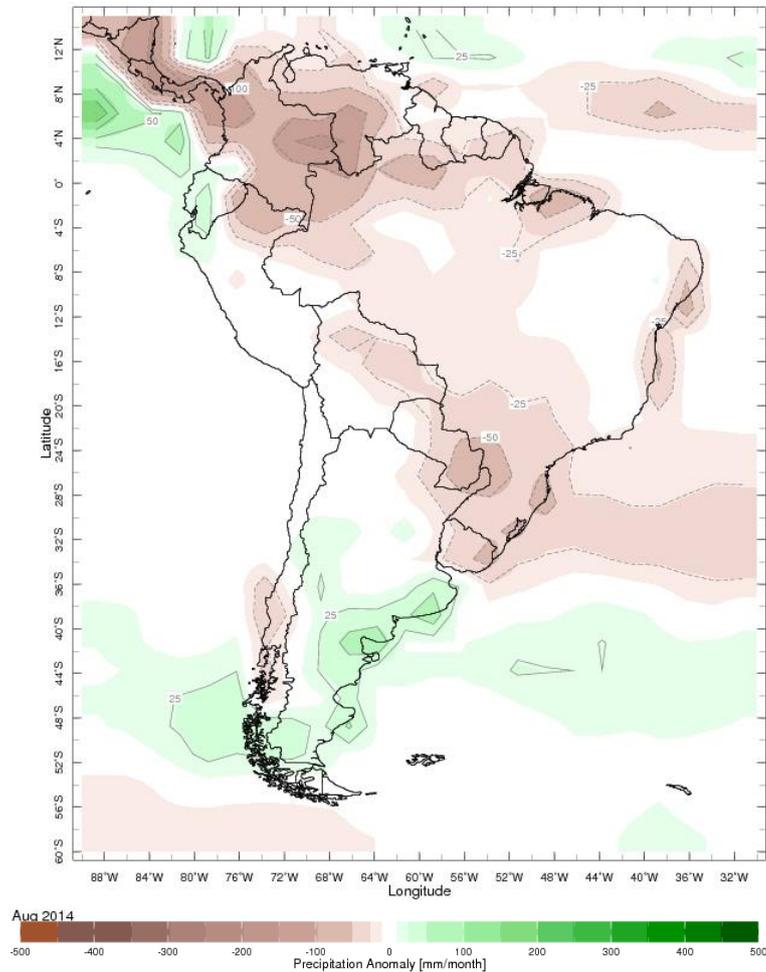


Fig. 4: Anomalías de precipitación (mm/mes) para el mes de agosto de 2014. Las anomalías fueron calculadas con respecto al periodo base de los promedios mensual de 1979 a 2000. Fuente: International Research Institute for Climate and Society (IRI).

b) Anomalías de Precipitación Radar TRMM-RT

Durante el periodo de 01 hasta 31 de agosto, según datos de TRMM-RT, la magnitud de las precipitaciones estuvo por arriba de lo normal (anomalía positivas de 5 mm/día en promedio) en la zona noroeste de la cuenca Amazónica y gran parte de la zona norte de la Amazonía peruana. Asimismo, se observan anomalías

cercanas a lo normal en gran parte de la región central y sureste de la cuenca Amazónica. (Fig. 5).

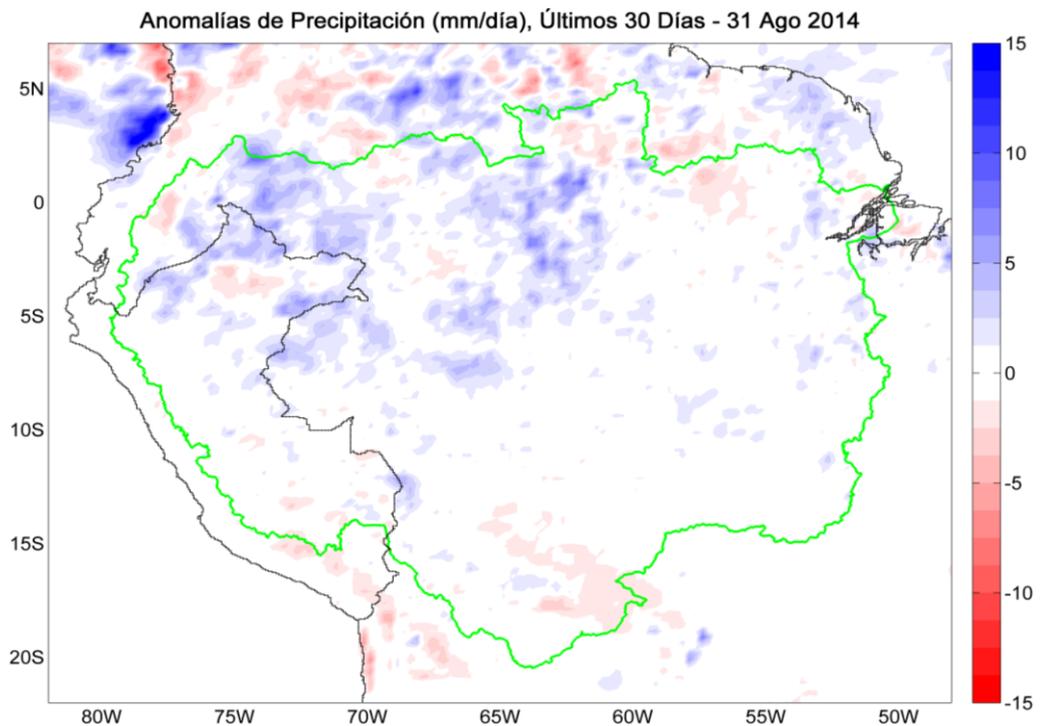


Fig. 5: Anomalías de precipitación en mm/día para agosto de 2014. Las anomalías fueron calculadas con respecto al periodo base promedio 2002-2013. Se muestra límites de la cuenca Amazónica (línea verde).

De acuerdo a la Figura 5 producidos con datos de TRMM-RT, ligeras anomalías negativas de precipitación (~ 2 mm/día) fueron observados en algunas regiones del sureste de la Amazonía boliviana, lo cual es coherente con lo reportado por el IRI de anomalías negativas de precipitación (Fig. 4).

En general, ambas fuentes de datos de precipitación (IRI y TRMM-RT) muestran dominio de anomalías negativas al sur de la cuenca Amazónica (Amazonia boliviana). Asimismo, en el sur de la Amazonía peruana, continua reportándose anomalías negativas de precipitación, pero en menor grado. Por otro lado, existe incoherencia entre datos de TRMM-RT y el IRI en la zona noroeste de la cuenca Amazónica. Sin embargo, el TRMM-RT es más coherente con la convergencia de flujo de humedad.

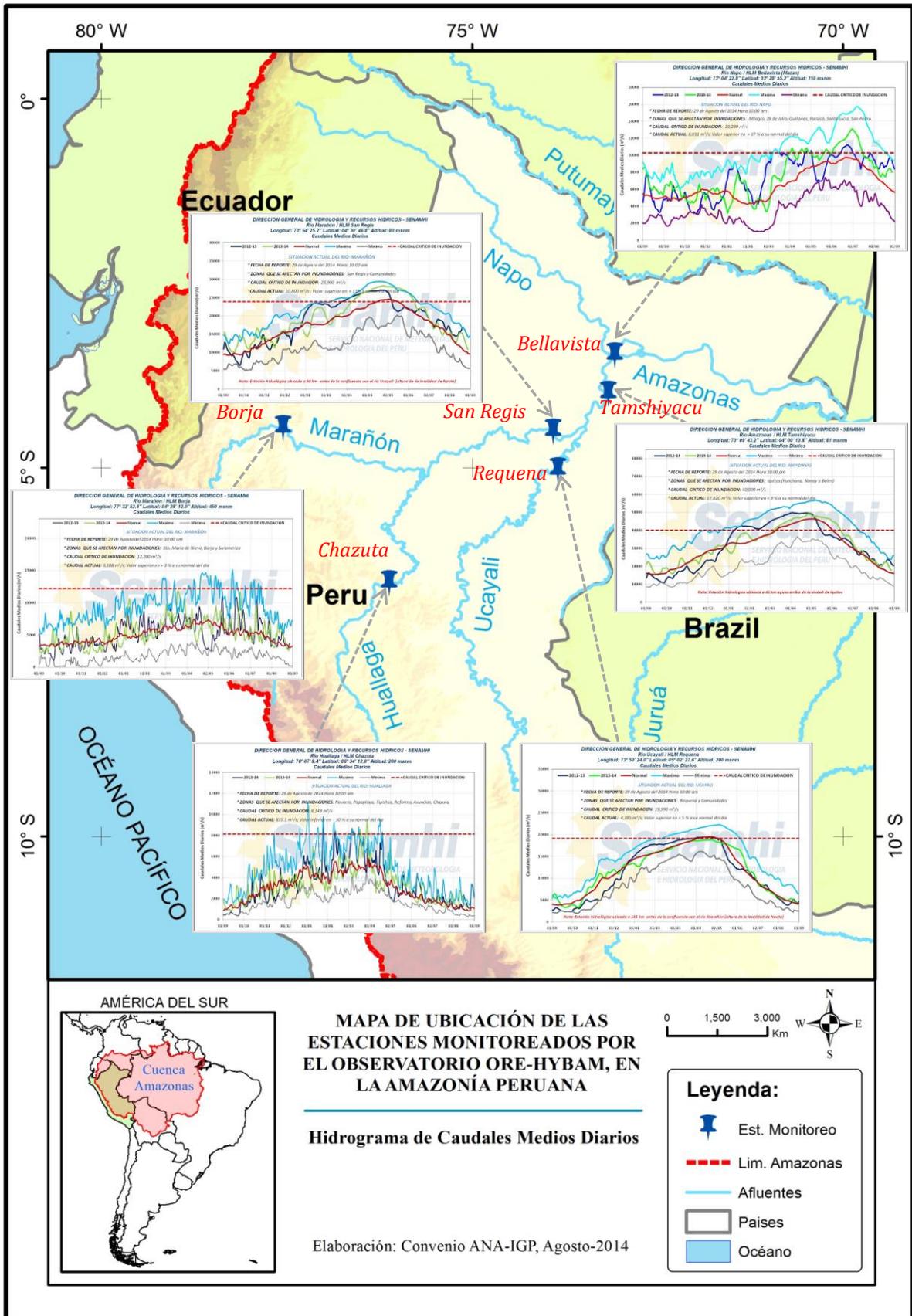


Fig. 6: Hidrogramas de caudales medios diarios de los principales río de la Amazonía peruana. Fuente: SENAMHI (<http://www.senamhi.gob.pe/>).

4.3. Análisis de Caudales Históricos

El reporte de la Dirección General de Hidrología y Recursos Hídricos del SENAMHI, sobre la situación hidrológica en la región hidrográfica del Amazonas, para fines del mes de agosto de 2014, muestra que se registraron magnitudes ligeramente sobre el promedio climático en la mayoría de los principales ríos de la Amazonía peruana (Fig. 6). Así por ejemplo, las estaciones de Borja y San Regis (Marañón) mostraron 3% y 11% respectivamente; Pucallpa y Requena (Ucayali) mostraron 80% y 5% respectivamente; Picota (Huallaga), Tamshiyacu (Amazonas) y Bellavista (Napo) mostraron 22%, 9% y 37% respectivamente. Mientras que, los valores registrados en la estación de Tingo María y Chazuta (Huallaga) mostraron anomalías negativas de -0.22m y -30% respectivamente con tendencia a normalizarse. Es así que SENAMHI ha caracterizado como un año normal a húmedo especialmente en la parte baja 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 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 setiembre-octubre-noviembre (SON) de 2014, proyectan condiciones neutras a cálidas débiles para la región Niño 3.4 (amarillo oscuro/claro en Fig. 7) y cálidas débiles para la región Niño 1+2 (amarillo oscuro en Fig. 7). Asimismo, el comunicado oficial ENFEN N° 13-2014 (agosto) manifiesta condiciones cálidas para el mes de agosto, mostrando hasta ahora cuatro meses consecutivos de condiciones cálidas que confirmaron la presencia de El Niño Costero de magnitud débil.

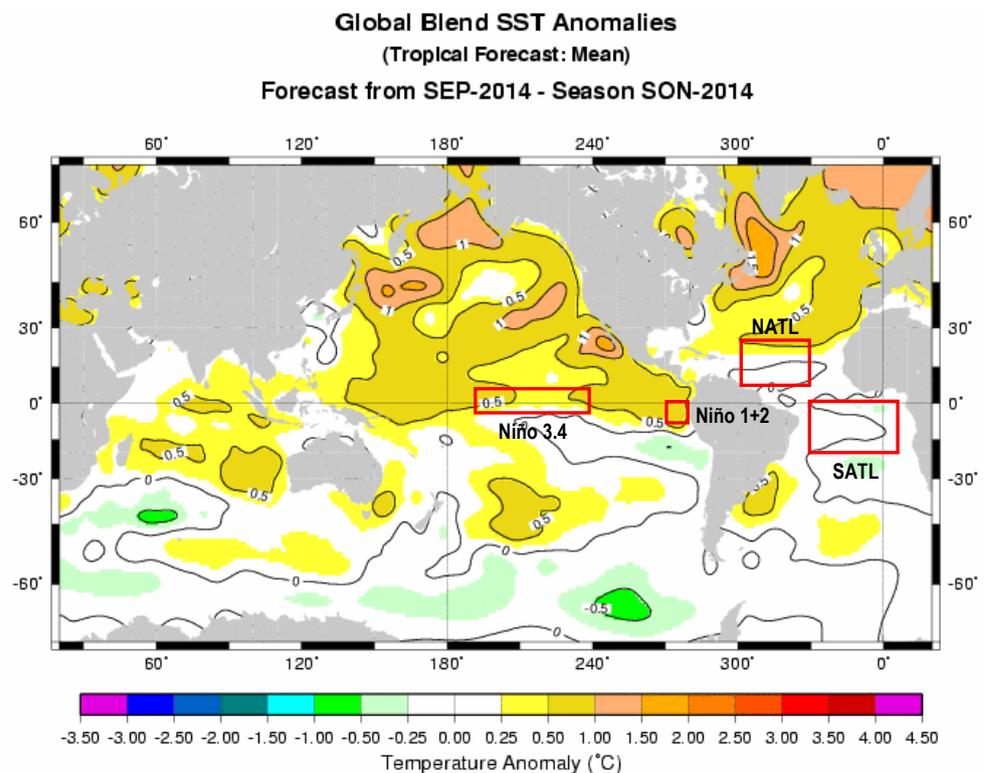


Fig. 7: Pronóstico de las anomalías de temperatura superficial del mar (°C) a nivel global, para el trimestre Setiembre-Octubre-Noviembre. Rectángulos rojos indican regiones de análisis. Fuente: International Research Institute for Climate and Society (IRI).

Para la región del Atlántico tropical norte (NATL) se prevén anomalías de TSM ligeramente superior a lo normal en promedio (color amarillo en la parte norte, ver Fig. 7) para el trimestre SON. Asimismo, para la región del Atlántico tropical sur (SATL) pronostican anomalías de TSM neutras en promedio (dominio de

color blanco, ver Fig. 7). Cabe resaltar que las anomalías positivas de TSM persisten en la región subtropical del Atlántico Sur (anomalías positivas de 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 0.7°C en promedio, ver Fig. 8), manteniendo condiciones ligeramente positivas hasta fin del año (Fig. 8).

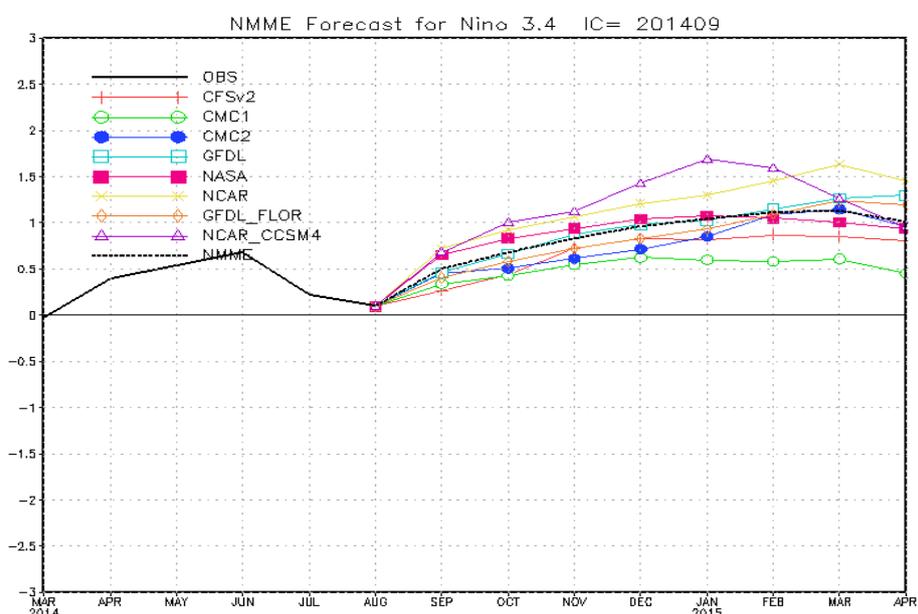


Fig. 8: Pronóstico de las anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) por modelos acoplados para la región Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°W-170°W) del Pacífico ecuatorial central, a partir de condiciones de fines de agosto 2014. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.

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) muestran que durante el trimestre setiembre-noviembre (SON) persistirán condición cercanas a lo normal (TSM cerca al promedio climatológico, ver Fig. 9). La mayoría del conjunto de modelos de pronósticos

acoplados de fines de agosto 2014 pronostican condiciones de anomalías negativas de TSM de hasta -0.2 en promedio para los próximos 3 meses, con condiciones cercanas a cero para finales de año (Fig. 9).

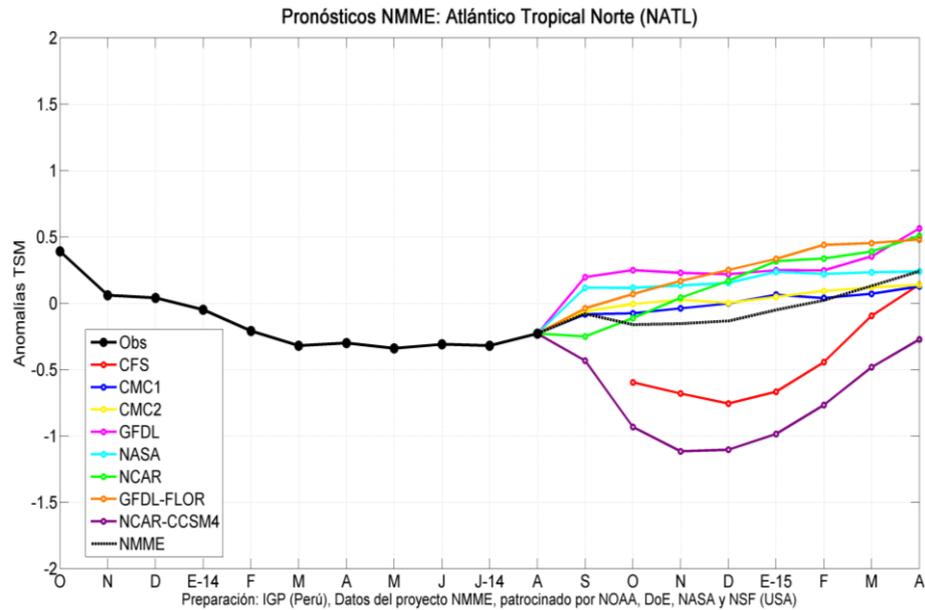


Fig. 9: Pronóstico de las anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) para la región del Atlántico tropical Norte (NATL: 5°N-20°N, 30°W-60°W), a partir de condiciones de fines de agosto 2014. Fuente: Instituto Geofísico del Perú (IGP).

5.2. Análisis del Pronóstico de las Precipitaciones

El pronóstico de anomalías de precipitaciones para los próximos 03 meses setiembre-noviembre 2014 con datos observados de fines de agosto, muestran probabilidad de lluvia por debajo de lo normal en gran parte de la cuenca Amazónica, concentrados en la parte central y noreste (cercana a la desembocadura) de la misma (Fig. 10).

Por otro lado, gran parte de la Amazonia peruana tendrían una distribución de lluvias cercana y por debajo de lo normal (color blanco/amarillo en la Figura 10) a excepción del sur de Perú y suroeste de Bolivia que presentarían anomalías sobre lo normal (valores inferiores a 4 mm/día).

En general, se observarían anomalías de precipitación por debajo de lo normal en gran parte de la región central y noreste de la cuenca Amazónica, incluyendo gran

parte de la Amazonía peruana, a excepción de la zona sur. Además, se observarían anomalías positivas en la Amazonía boliviana (Fig. 10).

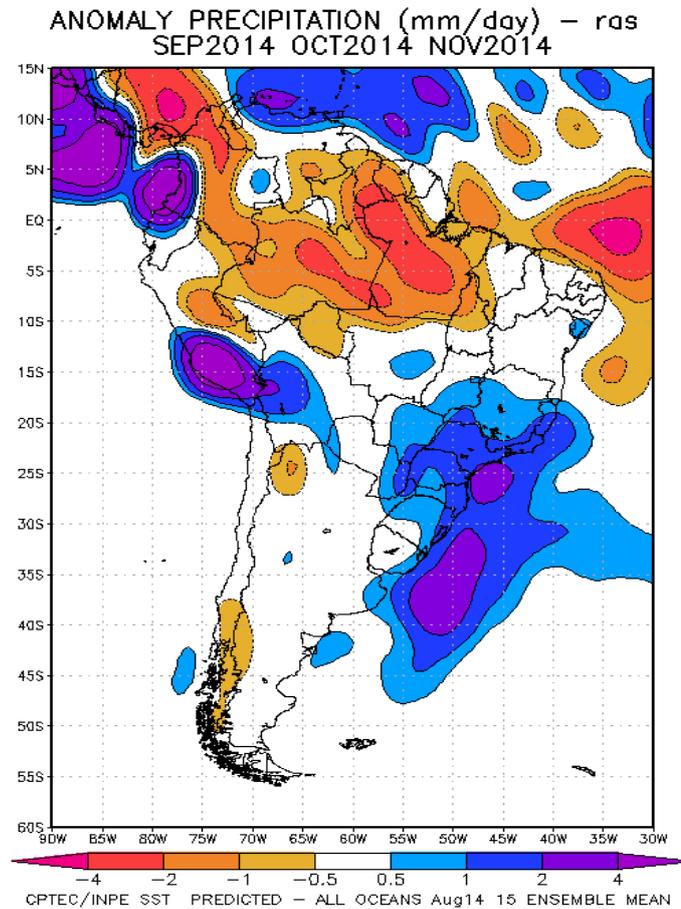


Fig. 10: Pronóstico de las anomalías de la precipitación (mm/día) método **ras** para los meses de SON del 2014 en América del Sur, con datos observados del mes de agosto. Fuente: CPTEC/INPE.

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 agosto 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 1.3°C). Por otro lado, el Atlántico tropical norte (NATL) presentó condiciones ligeramente frías (anomalías de TSM de -0.2°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. Estas anomalías han sido documentadas en el comunicado oficial ENFEN N° 13-2014 (agosto).

En el periodo de análisis, se observaron convergencias de flujo de humedad al noroeste (Colombia) y central de la cuenca Amazónica, al mismo tiempo, a lo largo de la Amazonía peruana, con excepción del noroeste de la misma. Además, se observaron divergencia de flujo de humedad en la Amazonía boliviana extendiéndose hasta el norte de Argentina. Por otro lado, persiste el debilitamiento de los vientos alisios a lo largo de la línea ecuatorial en ambos océanos, intensificada en el Océano Atlántico.

Según el reporte del IRI se observaron precipitaciones inferiores a lo normal en gran parte de la cuenca Amazónica. En cambio los datos de TRMM-RT, mostraron anomalías positivas de precipitaciones en la región noroeste de la cuenca Amazónica y gran parte de la zona norte de la Amazonía peruana. Existe incoherencia entre ambos fuentes de datos de precipitación (IRI y TRMM-RT) principalmente en la región noroeste de la cuenca Amazónica, sin embargo, el TRMM-RT es más coherente con la convergencia de flujo de humedad. Por otro lado, ambas fuentes de datos de precipitación (IRI y TRMM-RT) muestran dominio de anomalías negativas al sur de la cuenca Amazónica (Amazonia boliviana) y en el sur de la Amazonía peruana, pero en menor grado.

Según reporte del SENAMHI para fines del mes de agosto de 2014, mostraron que se registraron magnitudes ligeramente sobre el promedio climático en la mayoría de los principales ríos de la Amazonía peruana. En las estaciones de Borja y San Regis (Marañón) mostraron 3% y 11% respectivamente; Pucallpa y Requena (Ucayali) mostraron 80% y 5% respectivamente; Picota (Huallaga), Tamshiyacu (Amazonas) y Bellavista (Napó) mostraron 22%, 9% y 37% respectivamente. Mientras que, los valores registrados en la estación de Tingo María y Chazuta (Huallaga) mostraron anomalías negativas de -0.22m y -30% respectivamente con tendencia a normalizarse.

Dado que la región de la Amazonia peruana se encuentra en el periodo de estiaje, es importante continuar con el monitoreo de las condiciones hidroclimáticas actuales. Sin

embargo, las condiciones en el Atlántico tropical se mantienen cercanas a lo normal, por lo que no se esperaría un evento severo de estiaje en la Amazonía peruana.

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).
- Ronchail, J., Cochonneau, G., Molinier, M., Guyot, J. L., Goretti 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.