



En el Marco del Proyecto 397-PNICP-PIAP-2014

INFORME MENSUAL: junio de 2017

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



Foto: El río Amazonas, estación Tamshiyacu-Maynas-Loreto

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

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

Junio, 2017

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 últimos 30 días, TRMM
 - b. Evolución temporal de anomalías de precipitación
 - 4.3. Análisis de registro de niveles de ríos
- V. Análisis de las previsiones
 - 5.1. Análisis de la temperatura superficial del mar
 - a. Pronóstico de la región Niño 3.4
 - b. 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 observatorio ORE-HYBAM y es posible gracias al convenio interinstitucional entre la Autoridad Nacional del Agua y el Instituto Geofísico del Perú. Asimismo, este documento constituye un producto del proyecto 397-PNICP-PIAP-2014. Esta cooperación interinstitucional tiene como objetivo 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, 2012a y 2013) y Yoon & Zeng (2010), así como en Lavado et al. (2012), entre otros.

En este informe mensual correspondiente al mes de junio 2017, 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 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°W a 150°W), asimismo, el análisis de los flujos de humedad y su divergencia en la región (20°N a 30°S, 100°W a 20°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 m/s, ambos en formato gráfico.

a) Anomalías de Temperatura Superficial del Mar (TSM)

Durante el mes de junio de 2017 la TSM en la región del Atlántico tropical Norte (NATL) mostró condiciones cálidas con anomalías positivas de 0.5°C en promedio (predominancia de color amarillo pálido, ver Fig. 1 y Tabla 1), manteniendo las mismas condiciones respecto al mes de mayo. Por otro lado, se observó un incremento de las anomalías positivas de TSM respecto al mes de mayo, de 0.5°C en promedio, en la región Atlántico tropical Sur (SATL; ver Fig. 1 y Tabla 1).

El Pacífico ecuatorial Central (Niño 3.4) mostró anomalías positivas de TSM de 0.6°C en promedio (región con predominancia de color amarillo pálido en Fig. 1 y Tabla 1). Mientras que, la región del Pacífico ecuatorial Este (Niño 1+2) mostró anomalías positivas de TSM de 0.1°C en promedio (Tabla 1 y dominio de color amarillo claro en Fig. 1) con un descenso considerable respecto al mes de mayo. El Comunicado Oficial N°11-2017 (julio) del ENFEN reportó que la TSM en la región Niño 3.4 presentó valores positivos, sobrepasando ligeramente el umbral de +0,5°C correspondiente a condiciones cálidas débiles.

En resumen, la TSM en las regiones del Atlántico tropical y la región del Pacífico ecuatorial central, muestran condiciones ligeramente más cálidas de lo normal durante el mes de junio 2017 (Fig. 1).

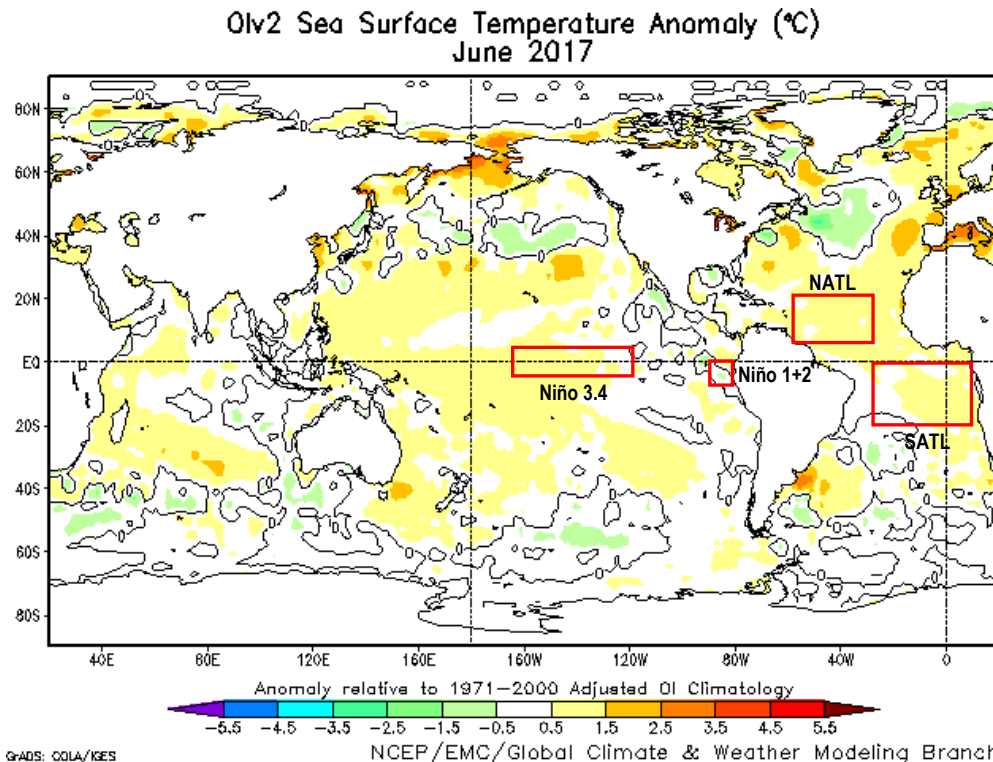


Fig. 1: Anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) en °C del mes de junio de 2017. Las anomalías son calculadas utilizando la climatología del periodo base 1971-2000. Fuente NOAA/NCEP.

JUNIO 2017								
MES	TSM PACÍFICO				TSM ATLÁNTICO			
	NINO 1+2		NINO 3.4		N. ATL		S. ATL	
	0-10S		5N-5S		5N-20N		0-20S	
	90W-80W		170W-120W		60W-30W		30W-10E	
JUN 16	0.3	23.2	-0.1	27.5	0.4	27.1	0.4	25.4
JUL 16	0.2	21.8	-0.5	26.7	0.4	27.6	0.5	24.3
AGO 16	0.4	21.0	-0.5	26.3	0.4	28.2	0.3	23.4
SET 16	0.5	20.9	-0.6	26.1	0.4	28.6	0.1	23.1
OCT 16	0.4	21.2	-0.7	26.0	0.4	28.5	0.2	23.6
NOV 16	0.1	21.7	-0.6	26.1	0.6	28.3	0.2	24.2
DIC 16	0.5	23.4	-0.4	26.2	0.6	27.4	0.5	25.2
ENE 17	1.2	25.8	-0.3	26.3	0.4	26.4	0.4	26.0
FEB 17	1.6	27.8	0.1	26.9	0.3	25.9	0.0	26.6
MAR 17	1.9	28.5	0.1	27.3	0.1	25.7	0.1	27.2
ABR 17	0.9	26.5	0.3	28.1	0.3	26.2	0.2	27.2
MAY 17	0.8	25.1	0.5	28.3	0.5	26.9	0.2	26.4
JUN 17	0.1	23.0	0.6	28.2	0.5	27.3	0.5	25.5

Tabla 1. Temperatura superficial del mar (Anomalías 1ra. columna y °C 2da. columna) para los últimos 12 meses. 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

Se observó un debilitamiento de la incursión de vientos provenientes del Atlántico tropical Norte en el extremo norte del continente. Además, al este de la cuenca del Amazonas se observó un débil ingreso de los vientos Alisios del sureste con magnitud de 2 m/s, en promedio. Sin embargo, estos vientos fueron direccionados hacia el oeste y el suroeste de la cuenca del Amazonas y cuenca del río de La Plata (intensificación del Low-Level Jet; ej. Espinoza *et al.*, 2012b). Por otro lado, el debilitamiento de vientos del este en el Pacífico ecuatorial Este, produjo una concentración de flujo de humedad en gran parte de la región noroeste de la cuenca del Amazonas (Fig. 2).

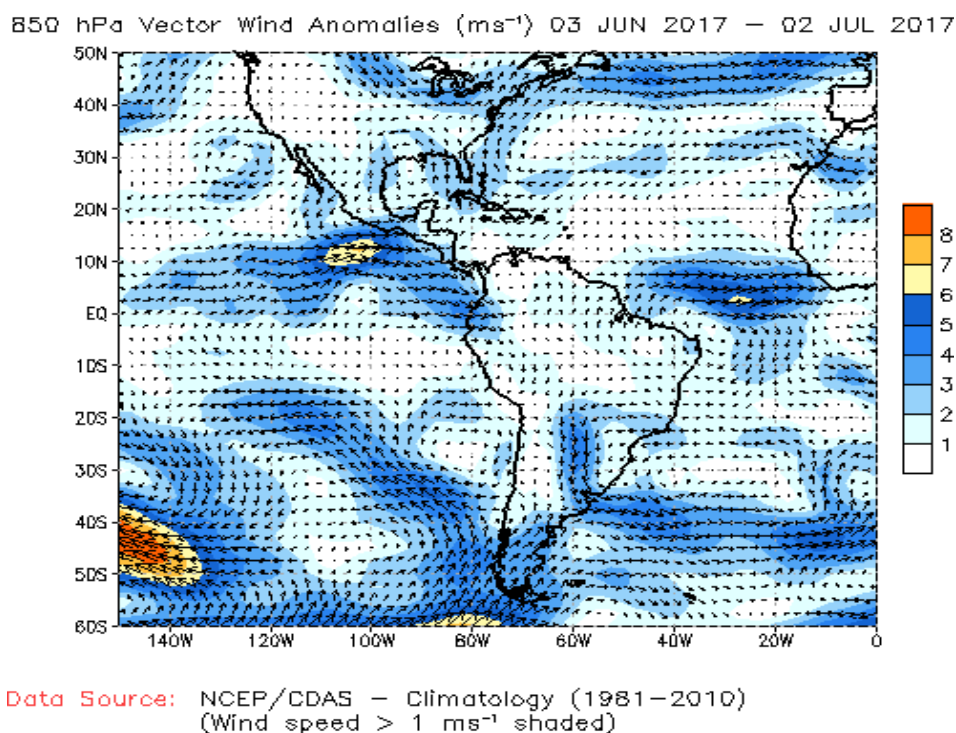


Fig. 2: Anomalia de vientos en niveles bajos (850 hPa) de la atmósfera, (del 03 de junio al 02 de julio de 2017). Las anomalías fueron calculadas utilizando el periodo base los promedios entre 1981 y 2010. Fuente: NOAA/NCEP.

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 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 (47 años), en 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 desde la superficie hasta 300 hPa, para más detalle revisar Satyamurty *et al.* (1998).

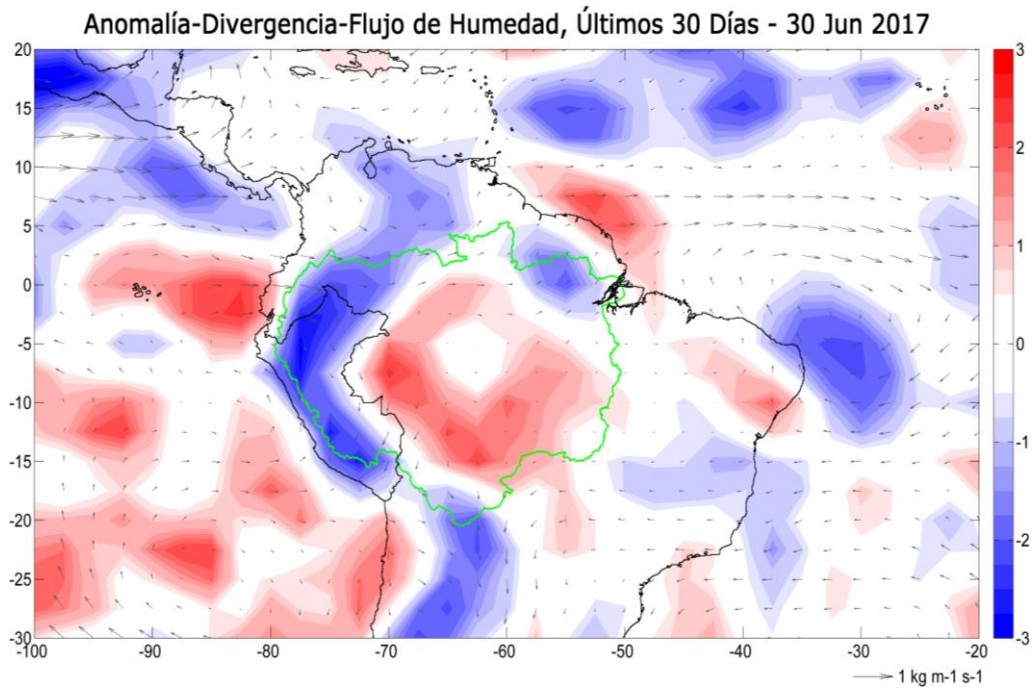


Fig. 3: Anomalías de flujo de humedad integrado en los niveles de 1000 hPa a 300 hPa de la atmósfera y su divergencia. El periodo corresponde de 01 al 30 de junio 2017. Las anomalías son calculadas utilizando el periodo base de 1970 a 2016. Los límites de la cuenca Amazónica se muestran en línea verde.

En la Figura 3 se observa una fuerte divergencias de flujos de humedad en gran parte de la región sureste y centro de la cuenca Amazónica, incluido la parte de la Amazonía boliviana. Por otro lado, se muestran convergencia de flujos de humedad en la región oeste de la cuenca del Amazonas, acentuadas en una franja extensión al lado este de la Cordillera de los Andes (gran parte de la Amazonía peruana, Amazonía ecuatoriana y colombiana).

4.2. Análisis de Precipitaciones

Esta sección presenta el análisis de las anomalías de precipitación del producto de Radar Tropical Rainfall Measuring Mission a tiempo real (TRMM-3B42RT), para más detalle revisar Huffman et al. (2010). Los datos de TRMM-RT son reportados a paso de tiempo diarios a nivel global, pero procesados para la región de interés (10°N a 25°S; 85°W a 45°W) haciendo uso del programa Matlab®, mostrando anomalías de precipitación en mm/día.

a) Anomalías de Precipitación Radar TRMM-RT

Durante el periodo de 01 hasta 30 de junio 2017, según datos de TRMM-RT, los valores de la precipitación fueron inferiores al promedio climatológico en gran parte de la región sur de la Amazonía peruana (cuenca del río Ucayali, río Huallaga y río Madre de Dios), cuyas anomalías alcanzaron en promedio -4 mm/día. En contraste, se observaron de manera concentrada anomalías positivas de precipitación de hasta 6 mm/día en promedio en la región norte de la Amazonía peruana (ver Fig. 4). Asimismo, se observaron precipitaciones inferiores al promedio climatológico en gran parte de la cuenca del Amazonas con anomalías de -6 mm/día en promedio.

Las condiciones de precipitación mostradas por la fuente de datos del TRMM-RT en la cuenca del Amazonas podrían atribuirse a las pocas incursiones de flujo de humedad desde el Atlántico tropical Norte, vientos del Este con menor intensidad y vientos del Oeste en el Pacífico ecuatorial este (ver Fig. 2). Es así como, se generaron divergencias de flujos de vapor de agua sobre gran parte de la región central y sureste de la cuenca del Amazonas (Fig. 3) que originaron déficit de lluvias en gran parte de la cuenca del Amazonas, con particular intensidad en la región central de la misma, sur de la Amazonia peruana y gran parte de la Amazonia boliviana (Fig. 4). Por otro lado, también se observa convergencia de flujo de humedad en el Noroeste de la cuenca del Amazonas lo que es coherente con las anomalías de precipitación positiva en el norte de la Amazonía peruana.

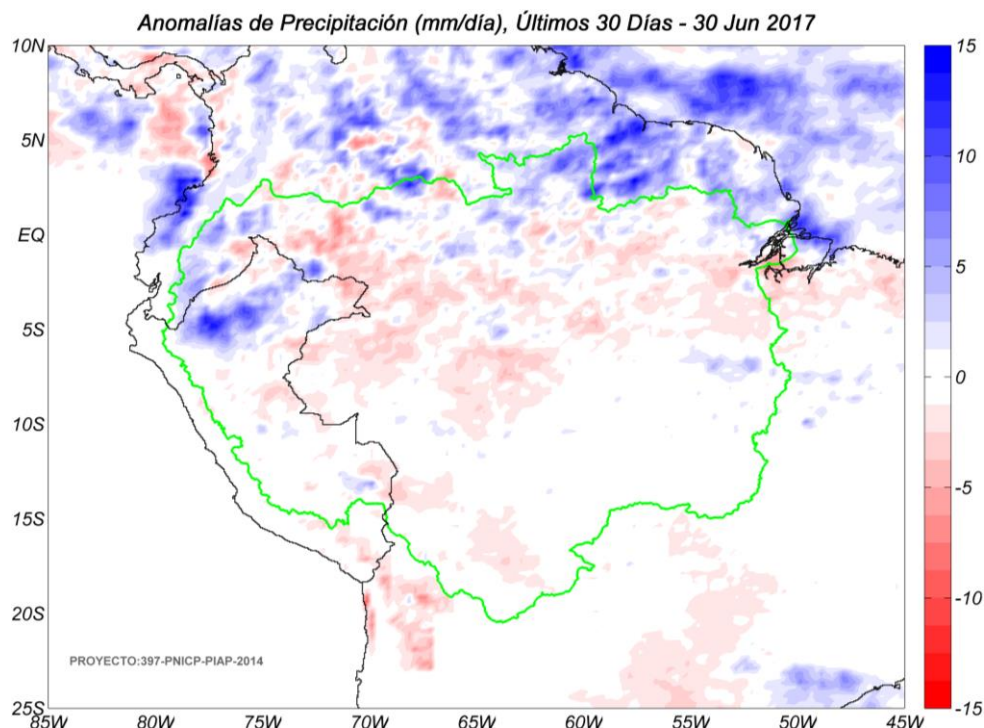


Fig. 4: Anomalías de precipitación estimadas por el TRMM-RT en mm/día hasta 30 de junio de 2017. Las anomalías fueron calculadas con respecto al periodo base promedio 2000-2016. Se muestra los límites de la cuenca Amazónica en líneas de color verde. Las anomalías de precipitación del TRMM-RT actualizadas a tiempo real puede verse en: <http://intranet.igp.gob.pe/eventos-extremos-amazonia-peruana/>.

b) Evolución Temporal de Anomalías de Precipitación para las Cuencas Amazónicas Peruanas

La evolución temporal de anomalías de precipitación para las principales cuencas hidrográficas de la Amazonía peruana fue calculada utilizando las estimaciones del producto TRMM-RT. El periodo para la obtención del armónico de la precipitación es del 2000 al 2016 para cada cuenca (la estación de Tamshiyacu en el río Amazonas, la estación de San Regis en el río Marañón y la estación de Requena en el río Ucayali. Ver ubicación de las estaciones y cuencas de drenaje en la Fig. 5). Los armónicos consisten en la representación de las fluctuaciones o variaciones en una serie de datos como la suma de una serie de funciones de senos y cosenos.

Utilizando el análisis de armónicos de la precipitación, se calculó la anomalía de precipitación diaria suavizadas mediante una media móvil de 15 días y la anomalía de precipitación acumulada desde el inicio del año hidrológico (01/09).

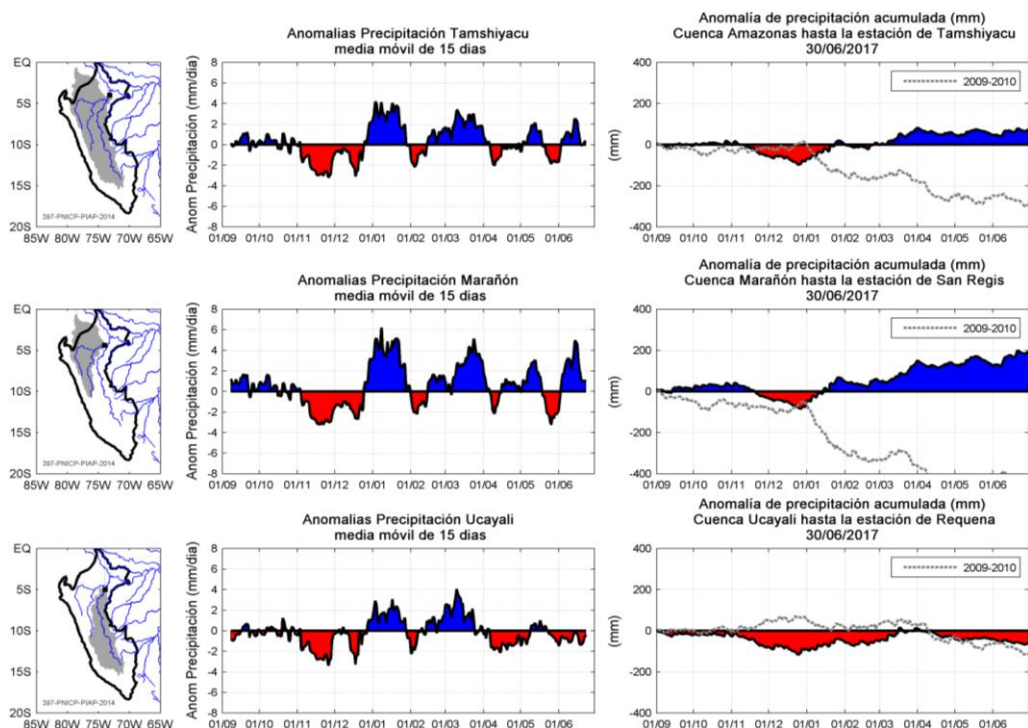


Fig. 5: Evolución temporal de anomalías de precipitación integradas en las principales cuencas hidrográficas de la Amazonía peruana: el río Amazonas hasta la estación Tamshiyacu (arriba), el río Marañón hasta la estación San Regis (medio) y el río Ucayali hasta la estación Requena (abajo). En la columna de la izquierda se observa la ubicación de las cuencas hidrográficas. En la columna del medio se muestran anomalías de precipitación. En la columna de la derecha se muestran anomalías acumuladas hasta la fecha indicada. En color azul se indican anomalías positivas de precipitación (valores por encima del promedio climatológico), en color rojo anomalías negativas de precipitación (valores por debajo del promedio climatológico). Las anomalías son calculadas considerando un periodo base de 2000 al 2016. La línea de color gris muestra la precipitación acumulada correspondiente a cada cuenca hidrográfica para el año 2009-2010. Para ver esta figura actualizada a tiempo real ir a: <http://intranet.igp.gob.pe/eventos-extremos-amazonia-peruana/>.

Las series temporales de precipitación promedio en las dos principales cuencas de la Amazonía peruana (Amazonas y Marañón) presentaron condiciones más húmedas de lo normal hasta fines del mes de junio, que sobrepasaron los 2 mm/día para cuenca del río Amazonas y 4 mm/día para la cuenca del río Marañón. Sin embargo, la cuenca del río Ucayali mostró condiciones por debajo de lo normal hasta fines del mes de junio, superior a los -2 mm/día (ver Fig. 5). En suma, existe

una diferencia en el comportamiento de la precipitación entre el norte y el sur de la Amazonía peruana, influenciada por la convergencia de vientos (Fig. 2 y Fig. 3).

En la cuenca del Amazonas hasta la estación de Tamshiyacu (cerca de Iquitos) la anomalía de precipitación acumulada para el presente año hidrológico es positiva, con un valor hasta la fecha de 80 mm. Asimismo, en la cuenca del río Marañón se observa un mayor exceso de precipitación acumulada para el presente año hidrológico, que alcanza los 200 mm, esta cuenca presenta la mayor contribución a la precipitación acumulada a la cuenca de Tamshiyacu (Fig. 5, derecha). En el sur de la Amazonía peruana, en la cuenca del río Ucayali, la precipitación acumulada es deficitaria con magnitud de -60 mm en promedio, debido al poco ingreso de los flujos de humedad, de acuerdo a lo descrito en la Figura 3.

4.3. Análisis de Niveles de Agua de los Ríos

El SEHINAV (Servicio de Hidrografía y Navegación de la Amazonía) de la Dirección de Hidrografía y Navegación, reporta a tiempo real los histogramas de niveles de los ríos de la amazonía peruana a paso de tiempo diario en alturas geoidales y arbitrarias, dichos productos se pueden encontrar en el siguiente enlace: <https://www.dhn.mil.pe/shna/index2.asp>.

En términos de niveles de agua de los principales ríos de la Amazonía peruana, fueron analizados hasta el 04 de julio 2017, estos permanecen por encima del promedio climatológico, con mayor intensidad en la estación de San Regis (río Marañón) que registró anomalías de nivel de agua de 1.8% y con menor grado de intensidad en la estación de Pucallpa (río Ucayali) que registró anomalías de nivel de agua de 0.4% (ver Fig. 6). Este contraste entre el norte y el sur de la Amazonía peruana es coherente con la mayor precipitación acumulada observada en la cuenca del río Marañón y condiciones de menor precipitación acumulada en la cuenca del río Ucayali. En general, todos los ríos se encuentran en el tramo de descenso, debido al déficit de precipitaciones desde inicios del mes de abril (ver Fig. 5).

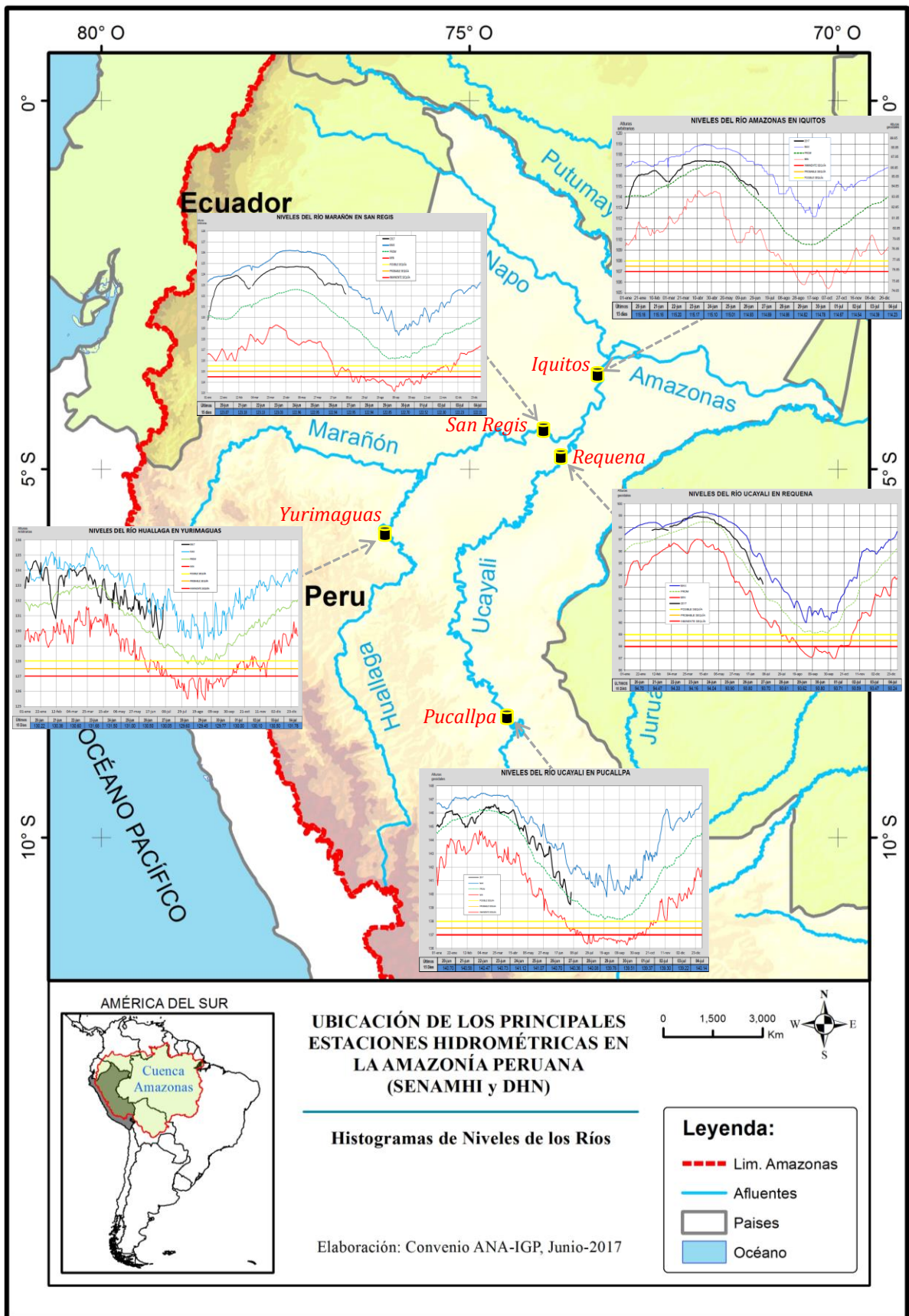


Fig. 6: Histograma de niveles de ríos diarios de los principales río de la Amazonía peruana.
Fuente: DHN (<https://www.dhn.mil.pe/>).

V. Análisis de las Previsiones

En este capítulo 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 estiaje 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). 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).

Según el reporte del IRI, los pronósticos de anomalías de TSM, para el trimestre julio-setiembre (JAS) de 2017, para la región del Atlántico tropical Norte (NATL) se prevén condiciones cálidas débiles (dominio de color amarillo pálido, ver Fig. 7). Para la región del Atlántico tropical Sur (SATL) se pronostican condiciones cálidas débiles con anomalías positivas de TSM que no superarían el rango neutral (región con predominancia de color amarillo pálido, ver Fig. 7). Por otro lado, en la región subtropical del Atlántico Sur se observarían condiciones cálidas moderadas a fuertes (región con anomalías positivas de TSM superiores a 1.0°C, en forma concentrada, ver Fig. 7).

Para la región Niño 3.4 se proyectan condiciones cálidas de magnitud débil (0.5°C; dominio de color amarillo en Fig. 7), de igual modo, cálidas débiles para la región Niño 1+2 (gran parte de color amarillo en Fig. 7). Del mismo modo, el Comunicado Oficial ENFEN N° 11-2017 (julio) señala que, los modelos climáticos de las agencias internacionales pronostican, en promedio, condiciones neutras hasta fin de año, tanto en el Pacífico central como en la región Niño 1+2.

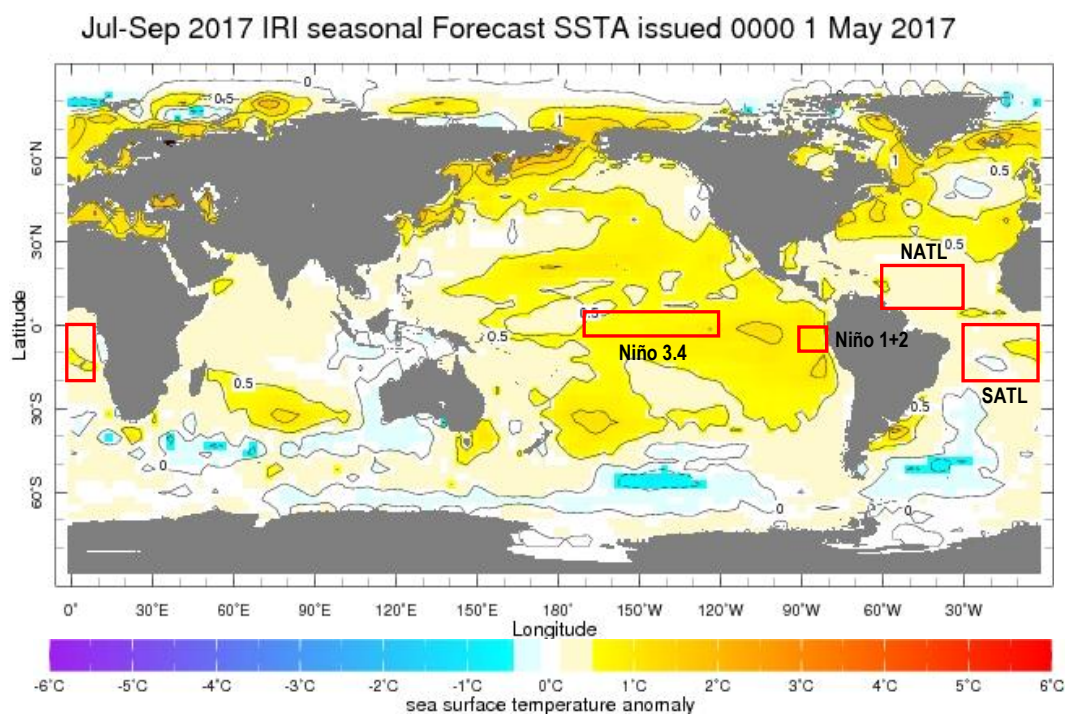


Fig. 7: Pronóstico de las anomalías de TSM (°C) a nivel global, para el trimestre julio-setiembre (JAS) 2017. Rectángulos rojos indican regiones de análisis. Fuente: *International Research Institute for Climate and Society (IRI)*.

a) Pronóstico de la Región El Niño 3.4

Con respecto a 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 (JAS), presentarían condiciones moderadamente cálidas de acuerdo con el ensamble de los modelos (anomalías de TSM sobre el promedio climatológico con 0.5°C, en promedio, ver Fig. 8). Sin embargo, en el mes de agosto 2017 se mantendría alrededor de 0.4°C, para luego mantener una ligera tendencia negativa los próximos meses del año 2017 (ver Figura 8).

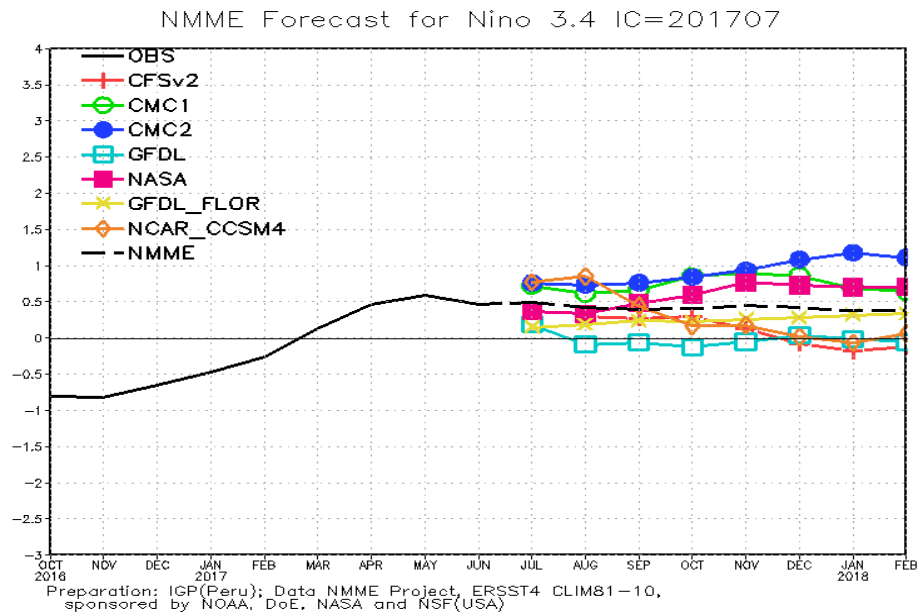


Fig. 8: Pronóstico de las anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) por modelos acoplados para la región Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°W-170°W) del Pacífico ecuatorial central, a partir de condiciones de fines de junio 2017. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.

b) Pronóstico de la región Atlántico tropical Norte

Según el reporte del IGP elaborado con datos del NMME, los modelos de pronósticos de fines de junio 2017 pronostican que las anomalías de TSM en el Atlántico tropical Norte (NATL) para el próximo trimestre julio-setiembre (JAS) mostrarían condiciones cálidas débiles (anomalías de TSM por encima del promedio climatológico con 0.5°C en promedio se mantendrían, pero, dentro del rango neutral, ver Fig. 9).

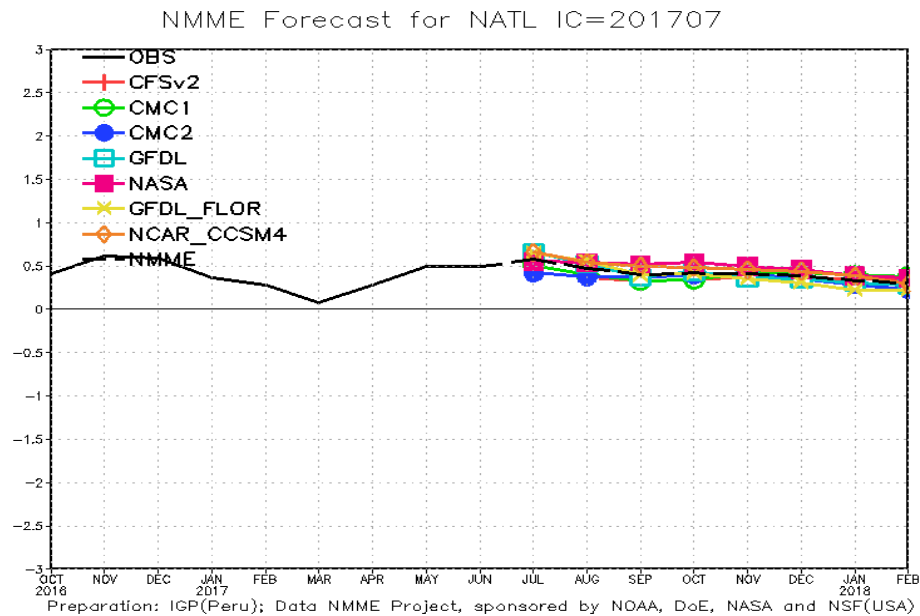


Fig. 9: Pronóstico de las anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) para la región del Atlántico tropical Norte (NATL: 5°N-20°N, 30°W-60°W), a partir de condiciones de fines de junio 2017. Fuente: Instituto Geofísico del Perú (IGP).

5.2. Análisis del Pronóstico de las Precipitaciones

Según el reporte del CPTEC, el pronóstico de anomalías de precipitaciones para los próximos 03 meses julio-setiembre (JAS) 2017 con datos observados de fines de junio, mostrarían dominio de condiciones normales en gran parte de la región suroeste de la cuenca del Amazonas incluida gran parte de la Amazonía peruana. Sin embargo, se mostrarían anomalías de precipitación superiores al promedio climatológico en el extremo de la Amazonia colombiana, triple frontera Perú-Colombia-Brasil y extremo sureste de la cuenca del Amazonas, con un exceso de 2 mm/día en promedio. Por otro lado, se observaría anomalías inferiores al promedio climatológico en el extremo noreste de la cuenca del Amazonas, con déficit de precipitación hasta -4 mm/día (Fig. 10).

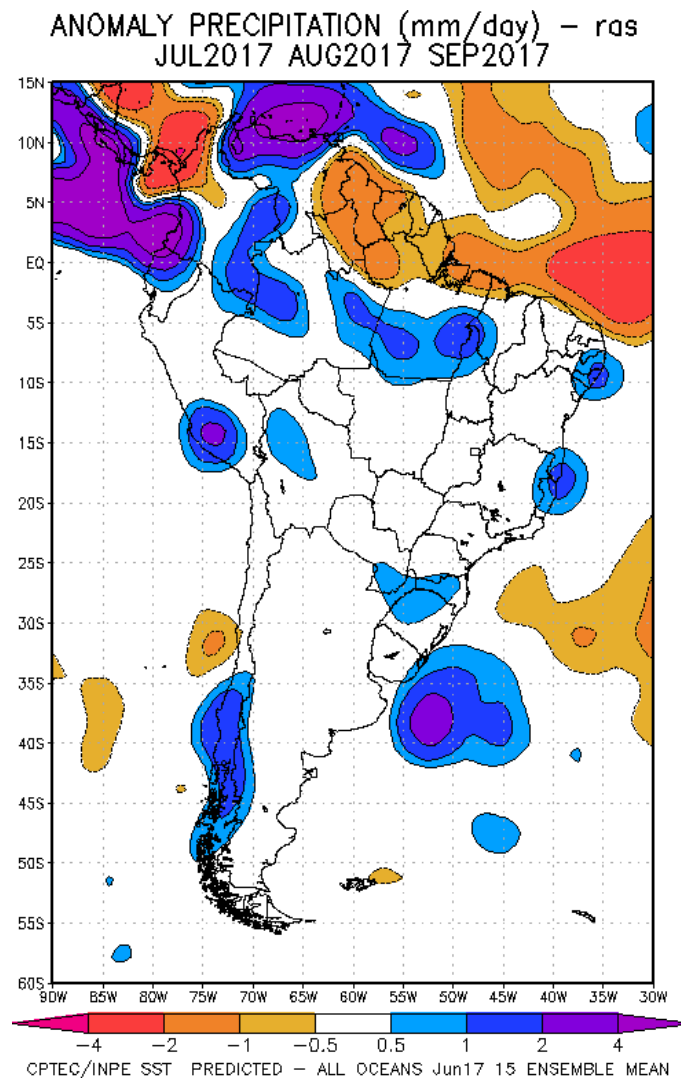


Fig. 10: Pronóstico de las anomalías de la precipitación (mm/día) método **ras** para el trimestre JAS del 2017 en América del Sur, con datos observados del mes de junio. Fuente: CPTEC/INPE.

VI. Conclusiones

Durante el mes de junio 2017 la TSM en el Atlántico tropical Norte (NATL) mostró condiciones cálidas al igual que el Atlántico tropical Sur (SATL) con anomalías positivas de TSM de 0.5°C tanto para el NATL y para SATL. El Pacífico ecuatorial Central (región Niño 3.4) mostró condiciones cálidas (anomalías positivas de TSM de 0.6°C). Sin embargo, la región Niño 1+2 presentó condiciones cálidas débiles (anomalías positivas de TSM de 0.1°C) con un descenso respecto al mes anterior, según lo indicado por el ENFEN en su Comunicado Oficial N°11-2017 (julio).

Para el periodo de análisis (junio) se observó una fuerte divergencia de flujos de humedad en gran parte de la región sureste y centro de la cuenca Amazónica, incluyendo una parte de la Amazonía boliviana. Esto originó déficit de lluvias en gran parte de la región sur de la Amazonía peruana. Por otro lado, se muestran convergencia de flujos de humedad en la región oeste de la cuenca del Amazonas, produciendo precipitaciones en la región norte de la Amazonia peruana. En coherencias con las anomalías de precipitación, los niveles de agua del río Marañón (estación de San Regis) permanecen por encima del promedio climatológico, mientras que en el río Ucayali se mantienen bajo condiciones normales. Estas características han sido correctamente pronosticadas, conforme los reportes de los meses anteriores y en la nota técnica semestral.

Respecto a las condiciones oceánicas para el próximo trimestre (JAS), el ENFEN señala en su Comunicado Oficial ENFEN N° 11-2017 (julio) que la región Niño 3.4 presentaría condiciones neutras. Para la región Niño 1+2, los modelos indican, en su mayoría, condiciones neutras hasta fin de año.

La base de datos de las variables hidroclimáticas se sigue actualizando continuamente, recopilando informaciones provenientes de diferentes agencias internacionales de investigación del clima e instituciones locales (NOAA, IRI, CPTEC, SENAMHI, etc.). Desde el mes de febrero 2015 las variables de precipitación se encuentran a tiempo real en la página web <http://intranet.igp.gob.pe/eventos-extremos-amazonia-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. (2011). “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. (2012a). 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., Lengaigne M. Ronchail J., Janicot S. (2012b). Large-Scale circulation Patterns and related rainfall in the Amazon basin: a Neuronal Networks approach. *Climate Dynamics*. 38. 121-140. DOI. 10.1007/s00382-011-1010-8
- Espinoza, J.C., Ronchail, J., Frappart, F., Lavado, W., Santini, W., and Guyot, J.L. (2013). The Major Floods in the Amazonas River and Tributaries (Western Amazon Basin) during the 1970–2012 Period: A Focus on the 2012 Flood, *J. Hydrometeorol*, 14, 1000–1008.
- 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. *Environm. Res. Lett.* 9 124007 doi:10.1088/1748-9326/9/12/124007.
- 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 W., Labat D., Ronchail J., Espinoza J.C., Guyot J.L. (2013). Trends in rainfall and temperature in the Peruvian Amazon-Andes basin over the last 40 years (1965-2007). *Hydrological Processes*. 41, 2944-2957. doi: 10.1002/hyp.9418
- Lavado W. & Espinoza J.C. (2014). "Impactos de El Niño y La Niña en las Lluvias del Perú (1965-2007)", *Revista Brasileira de Meteorología*, v.29, n.2, 171-182.
- 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.