



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

INFORME MENSUAL: octubre de 2019

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 (IRD/IGE) jhan-carlo.espinoza@ird.fr

Octubre, 2019

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 octubre 2019, 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, y 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 en m/s, ambos en formato gráfico.

a) Anomalías de Temperatura Superficial del Mar (TSM)

Durante el mes de octubre de 2019, la región del Pacífico ecuatorial Central (Niño 3.4), mostró anomalías positivas de TSM de +0.6°C en promedio (región con predominancia de color amarillo en Fig. 1). De otro lado, la región del Pacífico ecuatorial Este (Niño 1+2), mostró anomalías negativas de TSM de -0.8°C en promedio (Tabla 1 y región de color verde claro en Fig. 1). El Comunicado Oficial N°14-2019 (noviembre) del ENFEN, confirma que la anomalía de la TSM en el Pacífico ecuatorial central y oriental (que incluye la costa peruana) se mantienen en condiciones cálidas y frías, respectivamente.

La TSM en la región del Atlántico tropical Norte (NATL), mostró anomalías positivas de +0.5°C en promedio (región con predominancia de color amarillo, ver Fig. 1 y Tabla 1), con un ligero ascenso respecto al mes de setiembre. En cambio, la TSM del Atlántico tropical Sur (SATL) mostró ligeras anomalías negativas de -0.1°C en promedio durante el periodo de análisis (Fig. 1 y Tabla 1).

En resumen, la TSM en el Pacífico ecuatorial central y extremo oriental muestran condiciones cálidas y frías, respectivamente, asimismo, la TSM del Atlántico tropical norte y sur muestran condiciones cálidas y ligeramente frías, respectivamente, durante el mes de octubre de 2019 (Fig. 1).

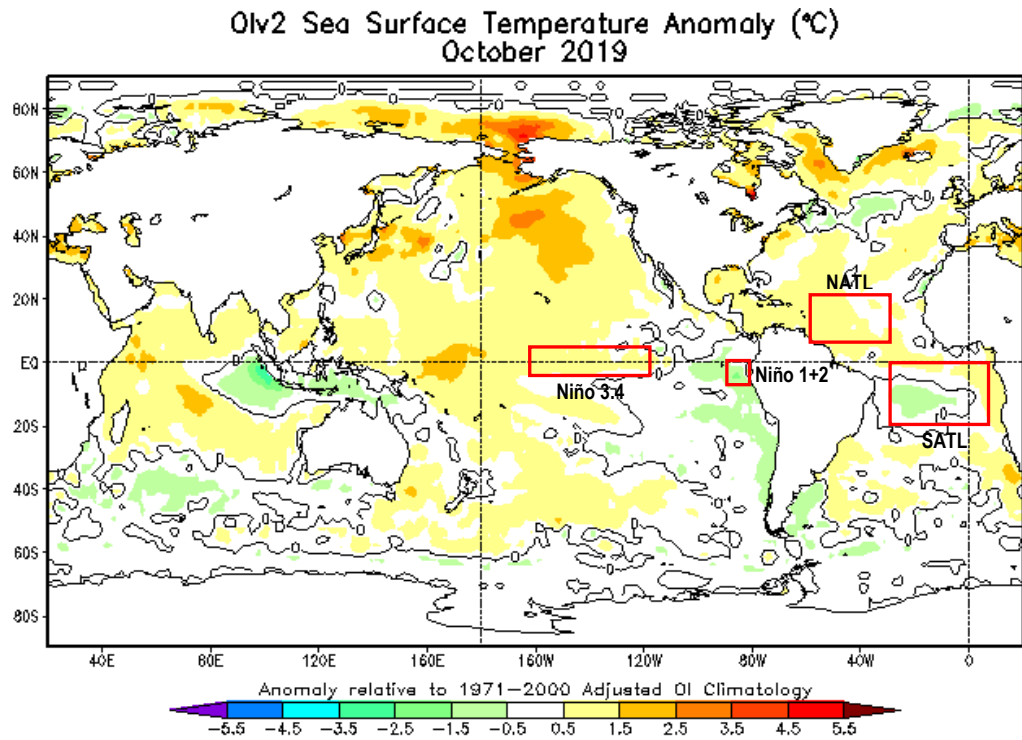


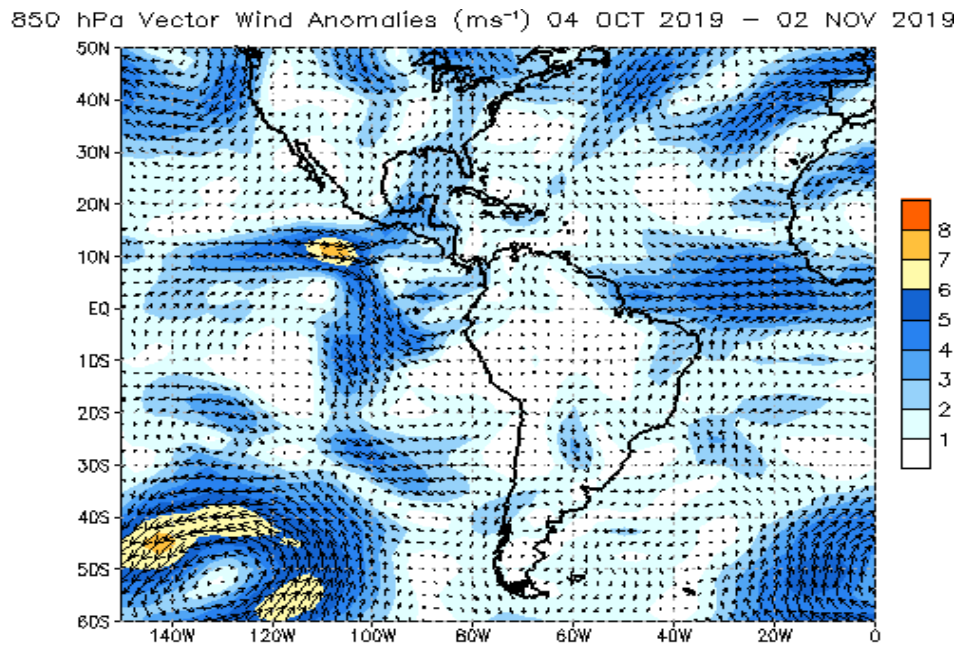
Fig. 1: Anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) en °C del mes de octubre de 2019. Las anomalías son calculadas utilizando la climatología del periodo base 1971-2000. Fuente CPTEC/INPE/BRASIL.

OCTUBRE 2019								
MES	TSM PACÍFICO				TSM ATLÁNTICO			
	NIÑO 1+2 0-10S 90W-80W	NIÑO 3.4 5N-5S 170W-120W	N. ATL 5N-20N 60W-30W	S. ATL 0-20S 30W-10E				
OCT 18	0.4	21.2	0.9	27.6	-0.1	28.0	0.1	23.4
NOV 18	0.7	22.3	1.0	27.6	-0.3	27.3	0.0	24.0
DIC 18	0.8	23.6	1.0	27.5	-0.4	26.4	0.2	25.0
ENE 19	0.6	25.1	0.5	27.1	-0.3	25.7	0.2	25.8
FEB 19	0.3	26.5	0.7	27.4	0.2	25.8	0.3	26.8
MAR 19	0.2	26.8	1.0	28.2	0.0	25.6	0.7	27.8
ABR 19	0.1	25.7	0.8	28.6	0.2	26.1	0.5	27.5
MAY 19	0.1	24.4	0.7	28.6	0.1	26.4	0.2	26.4
JUN 19	-0.3	22.6	0.6	28.2	0.1	26.9	0.1	25.0
JUL 19	-0.3	21.3	0.4	27.6	0.1	27.3	0.0	23.8
AGO 19	-0.4	20.2	0.2	27.0	0.1	27.8	-0.2	22.8
SET 19	-0.8	19.5	0.0	26.7	0.4	28.5	0.0	23.0
OCT 19	-0.8	20.0	0.6	27.3	0.5	28.6	-0.1	23.3

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 debilitamiento de los vientos Alisios en el extremo este de la cuenca Amazónica, al igual que en la región oriental del Pacífico ecuatorial (Fig. 2). Estas condiciones produjeron un menor flujo de humedad en gran parte de la región central y sureste de la cuenca del Amazonas.



Data Source: NCEP/CDAS - Climatology (1981-2010)
(Wind speed > 1 ms⁻¹ shaded)

Fig. 2: Vectores de Anomalías de viento en niveles bajos (850 hPa) de la atmósfera, (del 04 octubre al 02 de noviembre de 2019). 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°x2.5° y resolución temporal diaria. El periodo de análisis es del año 1970 al presente (48 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).

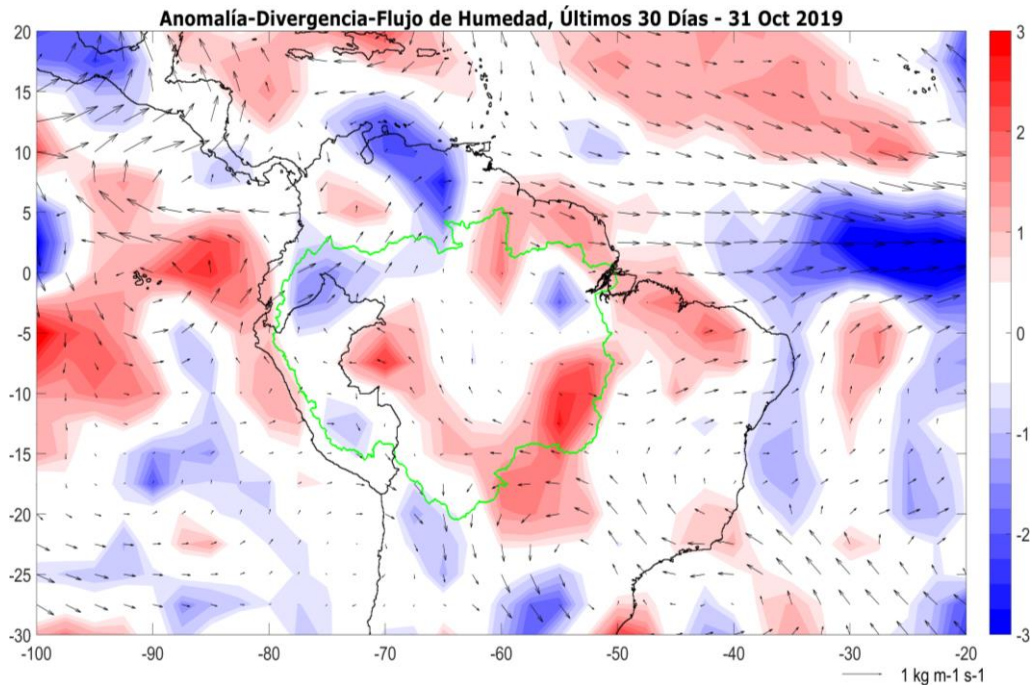


Fig. 3: Anomalías de flujo de humedad integrado en los niveles de 1000 hPa a 300 hPa de la atmósfera (vectores) y su divergencia (colores). El periodo corresponde del 01 al 31 de octubre 2019. Las anomalías son calculadas utilizando el periodo base de 1970 a 2018. Los límites de la cuenca Amazónica se muestran en línea verde.

En la Figura 3 se observa fuertes divergencias de flujos de humedad en gran parte de la región central (río Yuruá), sureste (río Xingu) y noreste (río Branco) de la cuenca del río Amazonas, producto de las características de la circulación atmosférica mostrada en la Figura 2. Por otro lado, se muestran convergencias de flujos de humedad más regionales que comprenden el extremo noroeste (ríos Napo y Putumayo) de la cuenca del Amazonas, acentuadas en el norte de la Amazonía peruana y parte de la Amazonía ecuatoriana y colombiana. Asimismo, se observan ligeras convergencias de flujos de humedad en el extremo sur de la Amazonía peruana (cuenca alta del río Ucayali).

4.2. Análisis de Precipitaciones

Esta sección presenta el análisis de las anomalías de precipitación del producto de Radar Tropical Rainfall Measuring Mission en 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 31 de octubre 2019, según datos de TRMM-RT, los valores de la precipitación fueron superiores al promedio climatológico en la región noreste (cercano a la desembocadura) y noroeste (incluido el norte de la Amazonía peruana, ecuatoriana y parte de la Amazonía colombiana) de la cuenca del Amazonas, cuyas anomalías positivas de precipitación alcanzaron hasta +6 mm/día en promedio (Figura 4). Cabe resaltar, que en gran parte de la Amazonía peruana y boliviana predominan las anomalías negativas de precipitación con valores de -5 mm/día en promedio.

Las condiciones de precipitación mostradas por la fuente de datos del TRMM-RT en la cuenca del Amazonas, son coherentes con el debilitamiento de los vientos Alisios en el Atlántico ecuatorial y el Pacífico ecuatorial Este (ver Fig. 2). Las ligeras convergencias de flujos de humedad sobre la región noroeste de la cuenca del río Amazonas (Fig. 3), originaron exceso de lluvias sobre la misma región (norte de la Amazonía peruana, ecuatoriana y colombiana) de la cuenca del río Amazonas.

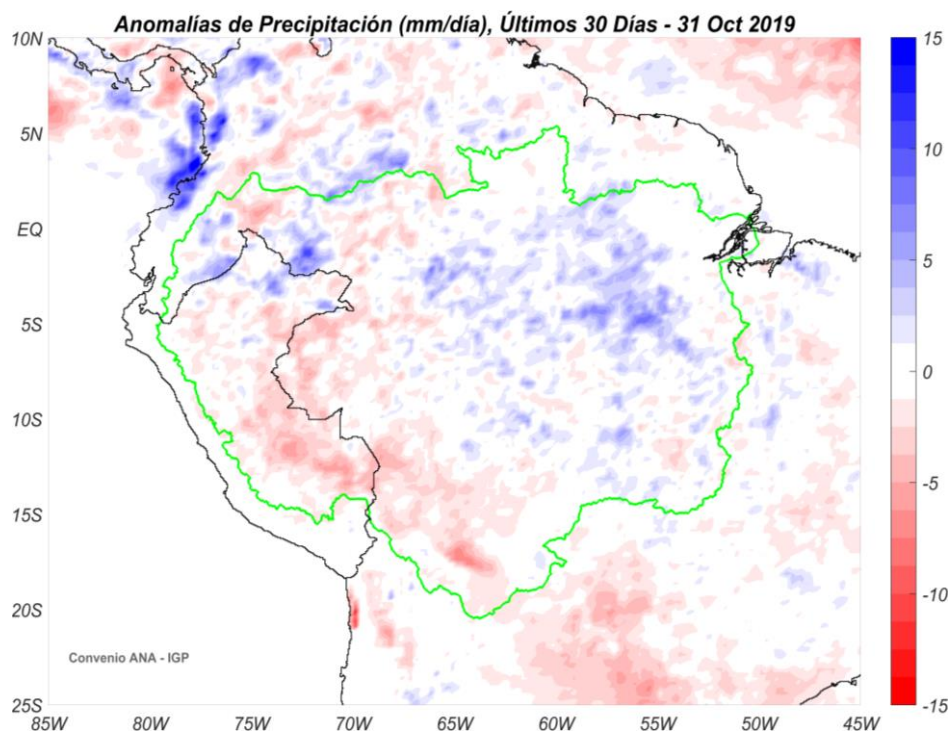


Fig. 4: Anomalías de precipitación estimadas por el TRMM-RT en mm/día hasta 31 de octubre de 2019. Las anomalías fueron calculadas con respecto al periodo base promedio 2000-2018. Se muestra los límites de la cuenca Amazónica en líneas de color verde. Las anomalías de precipitación del TRMM-RT actualizadas 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 2017 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).

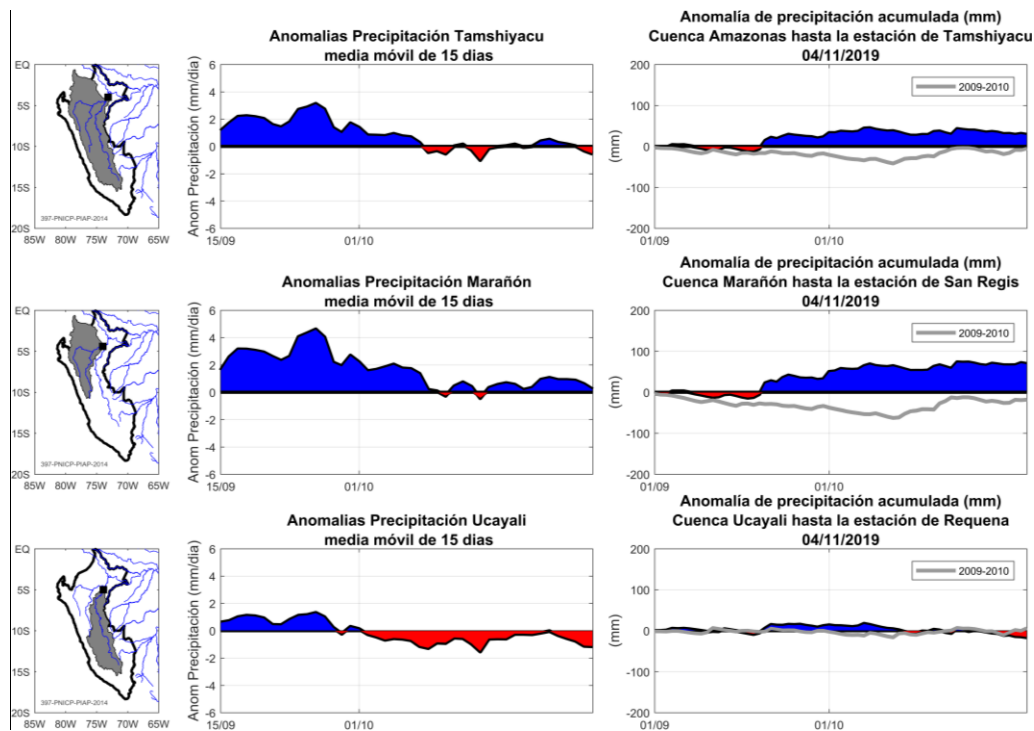


Fig. 5: Evolución temporal de anomalías de precipitación integradas en las principales cuencas hidrográficas de la Amazonía peruana: el río Amazonas hasta la estación Tamshiyacu (arriba), el río Marañón hasta la estación San Regis (medio) y el río Ucayali hasta la estación Requena (abajo). En la columna 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 2017. 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 cuencas de la Amazonía peruana (Amazonas, Marañón y Ucayali), presentaron condiciones ligeramente más secas de lo normal con magnitudes de anomalías de -0.5 mm/día (Amazonas) y -0.5 mm/día (Ucayali) en promedio durante el mes de octubre, a excepción de la cuenca del río Marañón con anomalías positivas de $+0.5$ mm/día. En general, las cuencas del norte de la Amazonía peruana, mostraron condiciones más húmedas de lo normal durante el mes de octubre, sin embargo, en las cuencas del sur fueron también ligeramente más secas (ver Fig. 5, columna central).

Por otro lado, en la cuenca del Amazonas hasta la estación de Tamshiyacu (cerca de Iquitos), la anomalía de precipitación acumulada para el presente año

hidrológico, es en exceso (+40 mm). Sin embargo, en la cuenca del río Ucayali, se observa ligero déficit de precipitación acumulada para el presente año hidrológico, que alcanza los -20 mm en promedio. Esta cuenca representa la menor contribución a la precipitación acumulada respecto a la cuenca de Tamshiyacu. En el norte de la Amazonía peruana, en la cuenca del río Marañón, la precipitación acumulada es en exceso con una magnitud que sobrepasa de +80 mm en promedio (Fig. 5, derecha).

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 en tiempo real los histogramas de niveles de los ríos de la Amazonía peruana a paso diario. Estos productos están expresados en alturas geoidales y arbitrarias, y se pueden encontrar en el siguiente enlace: <https://www.dhn.mil.pe/shna/index2.asp>.

Los niveles de agua de los principales ríos de la Amazonía peruana fueron analizados hasta el 14 de noviembre 2019. Las estaciones de Tamshiyacu, San Regis y Yurimaguas registraron anomalías de niveles de agua superiores a lo normal, siendo estas anomalías de +0.3%, +2.4% y +1.9%, respectivamente. Sin embargo, las estaciones de Requena y Pucallpa registraron anomalías de niveles de agua inferiores a lo normal, siendo estas anomalías de -1.5% y -0.2%, respectivamente. Es notorio el contraste entre el norte y el sur de la Amazonía peruana, además, resaltando que la estación de San Regis registró niveles de agua máximos históricos para la fecha. Cabe señalar que, sobre el norte de la Amazonía peruana, se mostraron un ligero excesos de precipitación (ver Fig. 4).

En resumen, la mayoría de los ríos se encuentran en sus fases de ascenso de los niveles de agua, bajo condiciones superiores a lo normal en las cuencas del norte de la Amazonia peruana e inferiores a lo normal en las cuencas del sur (ver Fig. 6).

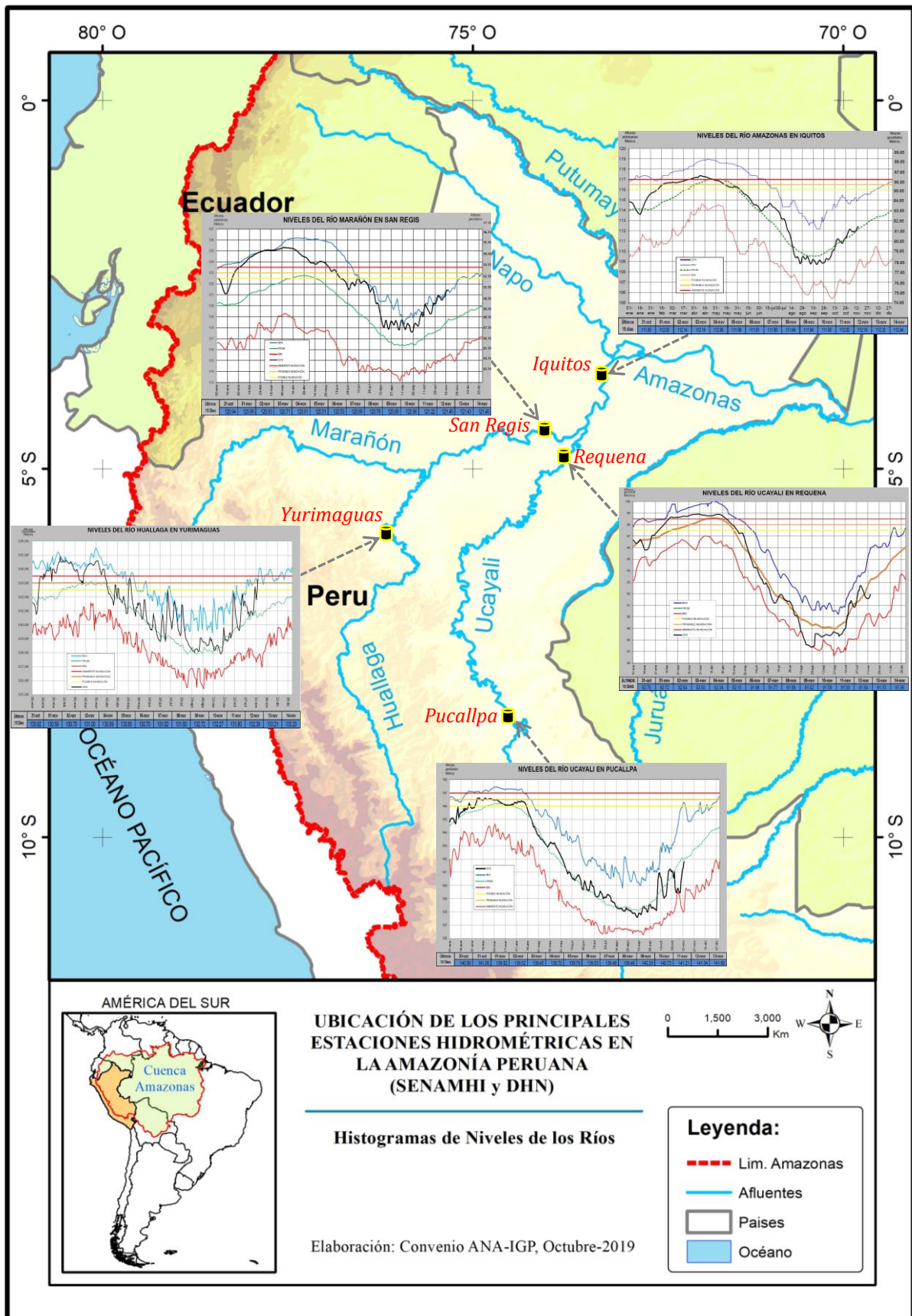


Fig. 6: Histograma de niveles de ríos diarios de los principales ríos de la Amazonía peruana. Fuente: DHN (<https://www.dhn.mil.pe/>).

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).

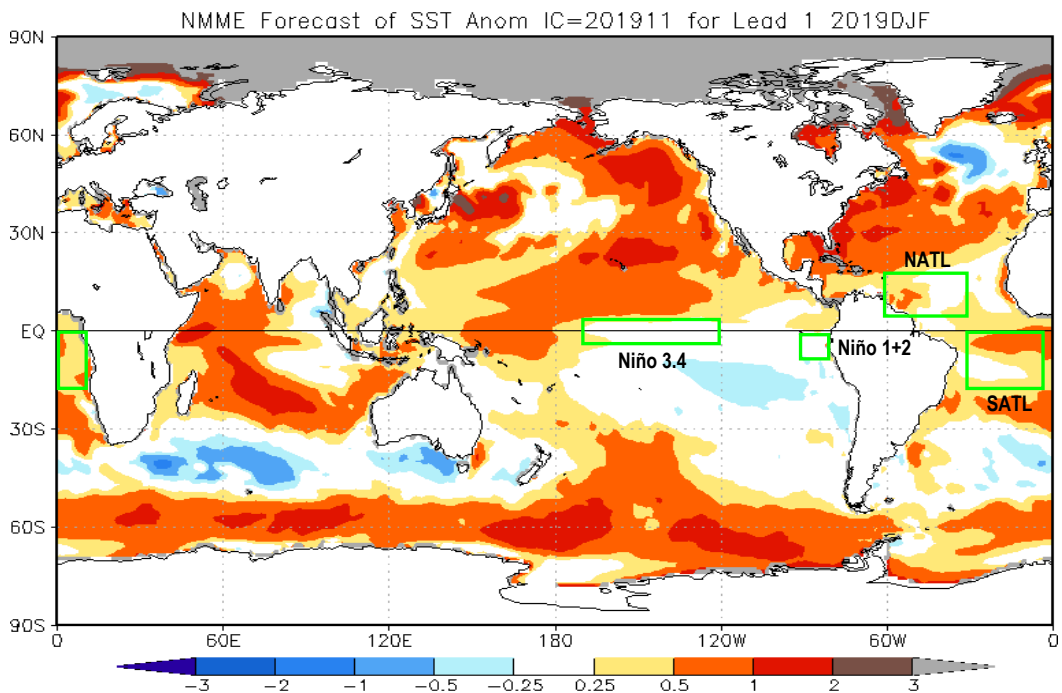


Fig. 7: Pronóstico de las anomalías de TSM (°C) a nivel global, para el trimestre diciembre-enero-febrero 2019-20 (DEF). Rectángulos verdes indican regiones de análisis. Fuente: *National Multi-Model Ensemble* (NMME).

Según el reporte del NMME, los pronósticos de anomalías de TSM para el trimestre diciembre-enero-febrero 2019-20 (DEF), en la región Niño 3.4 se proyectan condiciones ligeramente cálidas de magnitud débil (0.2°C ; región con predominancia de color blanco en Fig. 7). De otro lado, se proyectan anomalías de TSM neutras para la región Niño 1+2 (región con predominancia de color blanco en Fig. 7). Además, el Comunicado Oficial ENFEN N°14-2019 (noviembre) señala que, el pronóstico de los modelos climáticos internacionales para la región Niño 3.4 y para la región Niño 1+2, el cual incluye la costa peruana, continúa indicando, en promedio, condiciones neutras hasta mayo de 2020.

Para la región del Atlántico tropical Norte (NATL) se prevén condiciones cálidas de magnitud débil a moderada (región con predominancia de color amarillo/naranja, ver Fig. 7). Asimismo, para la región del Atlántico tropical Sur (SATL) se pronostican condiciones ligeramente cálidas (región con influencia de color amarillo/naranja, ver Fig. 7). Además, en la región subtropical del Atlántico Sur, se observarían condiciones cálidas de magnitud débil a moderada (región con anomalías positivas de TSM inferiores a 1.0°C , en forma extendida, ver la Fig. 7).

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 (NDE), presentarían condiciones débilmente cálidas de acuerdo con el ensamble de los modelos (anomalías de TSM por encima del promedio climatológico con $+0.3^{\circ}\text{C}$, ver Fig. 8). Sin embargo, mantendría una tendencia negativa durante los últimos meses del año 2019 y los cinco primeros meses del año 2020 (ver Figura 8).

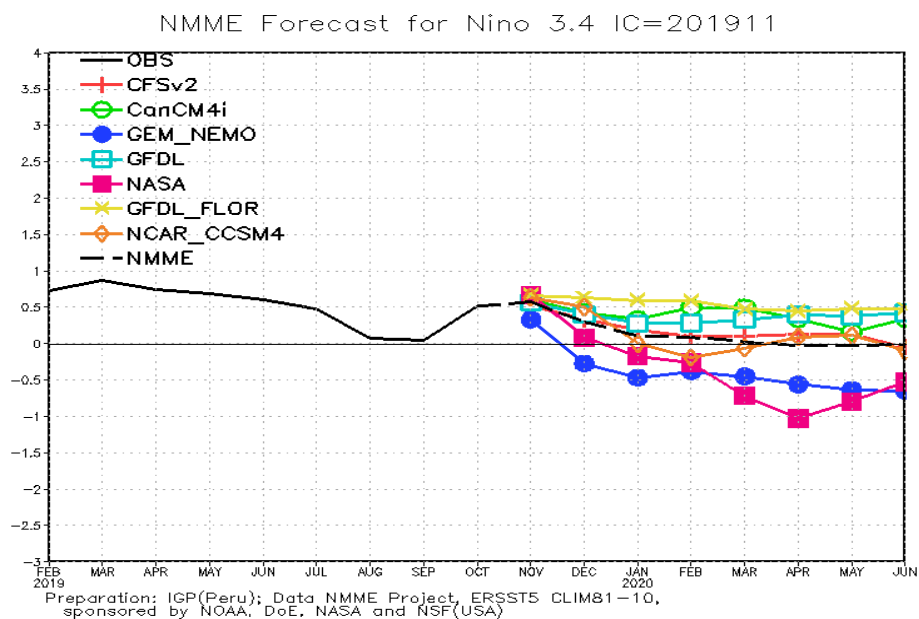


Fig. 8: Pronóstico de las anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) por modelos acoplados para la región Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°W-170°W) del Pacífico ecuatorial central, a partir de condiciones de fines de octubre 2019. Fuente: *Instituto Geofísico del Perú (IGP)*.

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 setiembre 2019, prevén que las anomalías de TSM en el Atlántico tropical Norte (NATL), mostrarían condiciones cálidas (anomalías de TSM por encima del promedio climatológico con +0.4°C en promedio, pero, dentro del rango neutral, ver Fig. 9) para el próximo trimestre noviembre-diciembre-enero (NDE) del 2019. Asimismo, mantendrían una tendencia ligeramente negativa los próximos meses del año 2019 y parte del 2020.

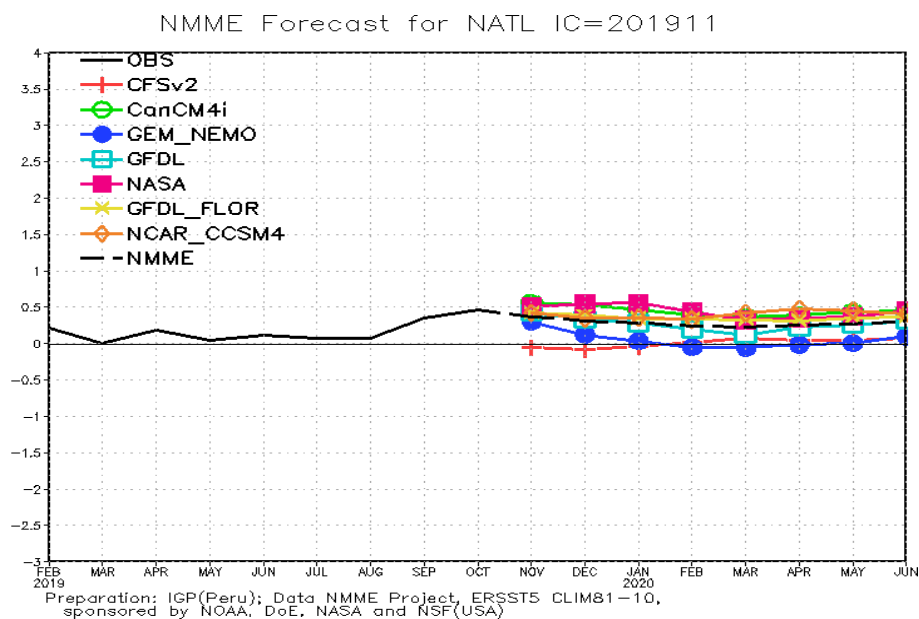


Fig. 9: Pronóstico de las anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) para la región del Atlántico tropical Norte (NATL: 5°N-20°N, 30°W-60°W), a partir de condiciones de fines de octubre 2019. Fuente: *Instituto Geofísico del Perú (IGP)*.

5.2. Análisis del Pronóstico de las Precipitaciones

Según el reporte del CPTEC, el pronóstico de anomalías de precipitaciones para los próximos 03 meses noviembre-diciembre-enero (NDE) del 2019-20 con datos observados de fines de octubre, mostrarían dominio de condiciones húmedas en gran parte de la región central y oeste (que incluye la región oeste de la Amazonía peruana) de la cuenca del río Amazonas. Sin embargo, se observaría condiciones normales la región norte (Amazonia colombiana) y sur (Amazonía peruana) de la cuenca del Amazonas. Por otro lado, mostrarían precipitaciones inferiores respecto al promedio climatológico en la región este de la cuenca del Amazonas (cercano a la desembocadura del río Amazonas) con un déficit que alcanzaría -4.0 mm/día en promedio (Fig. 10).

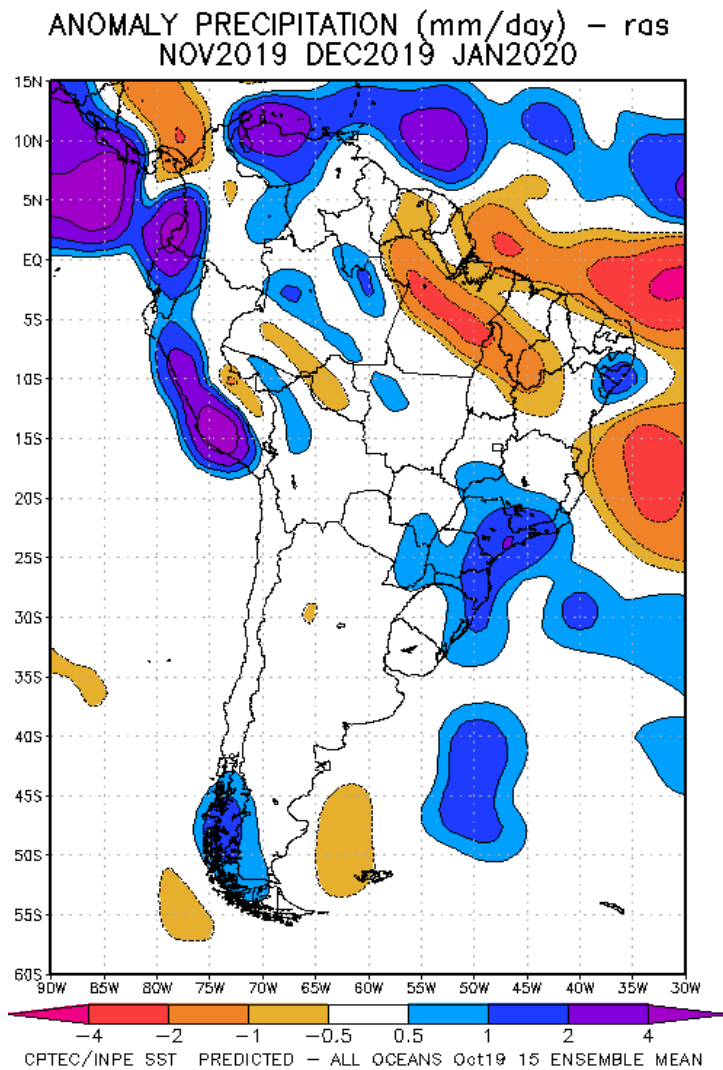


Fig. 10: Pronóstico de las anomalías de la precipitación (mm/día) método ras para el trimestre NDE del 2019-20 en América del Sur, con datos observados de fines del mes de octubre de 2019. Fuente: CPTEC/INPE.

VI. Conclusiones

Durante el mes de octubre 2019 el Pacífico ecuatorial Central (región Niño 3.4) mostró anomalías positivas de TSM de $+0.6^{\circ}\text{C}$ en promedio. Sin embargo, la región Niño 1+2 presentó condiciones frías (anomalías negativas de TSM de -0.8°C), según lo indicado por el ENFEN en su Comunicado Oficial N°14-2019 (noviembre). El Atlántico tropical Norte (NATL) mostro condiciones cálidas con anomalías positivas de TSM de $+0.5^{\circ}\text{C}$ y el Atlántico tropical Sur (SATL), mostro condiciones ligeramente frías (anomalías negativas de TSM de -0.1°C).

Para el periodo de análisis (octubre) se observó debilitamiento de los vientos Alisios en el extremo este de la cuenca Amazónica, al igual que en la región oriental del Pacífico

ecuatorial (Fig. 2). Estas condiciones han generado divergencias de flujo de humedad en gran parte de la región central y noreste de la cuenca del Amazonas, por ende, déficit de lluvias se observó en gran parte de la región suroeste de la cuenca del Amazonas. Sin embargo, se muestran convergencia de flujo de humedad en el extremo noroeste de la cuenca del Amazonas que incluye el norte de la Amazonía peruana. Dichas condiciones climáticas han generado incremento de los niveles de agua de los principales ríos Amazónicos durante el mes de octubre, principalmente en el río Marañón (San Regis), con valores altos para la época del año (según Figura 6).

Respecto a las condiciones oceánicas para el próximo trimestre (NDE), el ENFEN en su Comunicado Oficial ENFEN N°14-2019 (noviembre) señala que, los modelos climáticos internacionales pronostican para el Pacífico Ecuatorial Central (región Niño 3.4) y para la región Niño 1+2 (el cual incluye la costa norte peruana) que continuará las condiciones neutras hasta mayo de 2020. Estas condiciones seguirán monitoreándose en los meses que siguen.

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.
- Espinoza J.C., Chavez S., Ronchail J., Junquas C., Takahashi K., Lavado W. (2015). Rainfall hotspots over the southern tropical Andes: Spatial distribution, rainfall intensity and relations with large-scale atmospheric circulation. *Water Resources Res.* 51, doi:10.1002/2014WR016273.
- 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).
- Marengo, J.A. and Espinoza, J.C. (2015) “Extreme Seasonal Droughts and Floods in Amazonia: Causes, Trends and Impacts”. *International Journal of Climatology*, 36, 1033-1050.
- 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.