



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

INFORME MENSUAL: diciembre de 2019

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



Foto: Río Huallaga (diciembre, 2019)

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

Revisión: Dr. Jhan Carlo Espinoza (IRD/IGE) jhan-carlo.espinoza@ird.fr

Diciembre, 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 diciembre 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.

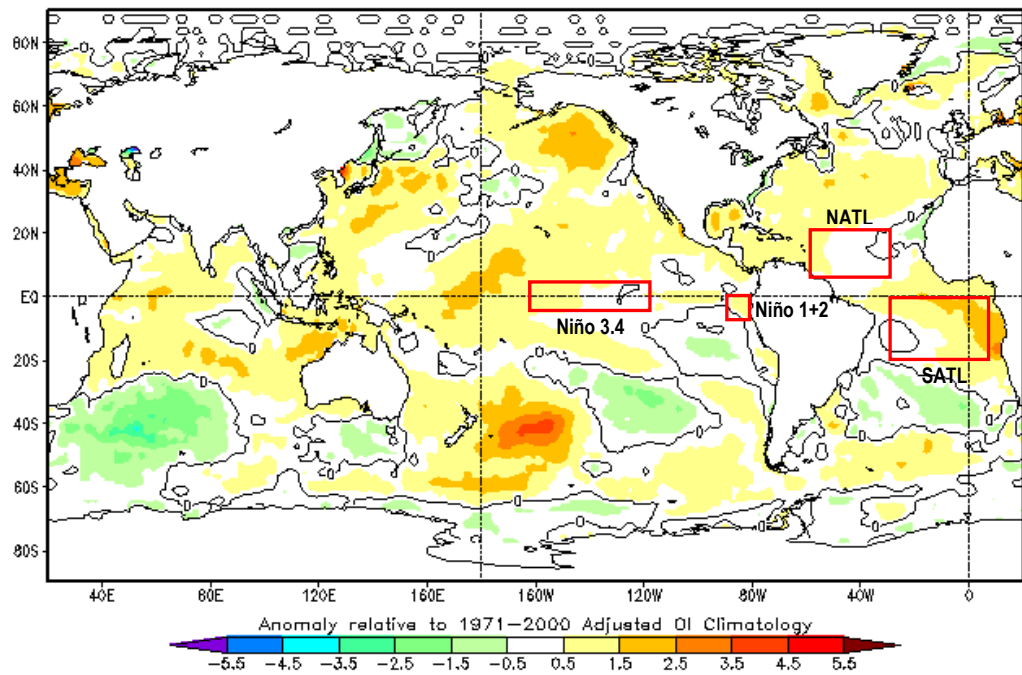
a) Anomalías de Temperatura Superficial del Mar (TSM)

Durante el mes de diciembre de 2019, la región del Pacífico ecuatorial Central (Niño 3.4), mostró anomalías positivas de TSM de +0.5°C en promedio (región con predominancia de color amarillo en Fig. 1). Asimismo, la región del Pacífico ecuatorial Este (Niño 1+2), mostró anomalías positivas de TSM de +0.3°C en promedio (Tabla 1 y región con predominancia de color amarillo en Fig. 1). El Comunicado Oficial N°01-2020 (enero) 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 ligeramente cálidas.

La TSM en la región del Atlántico tropical Norte (NATL), mostró ligeras anomalías positivas de +0.1°C en promedio (región con predominancia de color blanco, ver Fig. 1 y Tabla 1), manteniéndose las mismas condiciones respecto al mes de noviembre. Asimismo, la TSM del Atlántico tropical Sur (SATL) mostró anomalías positivas de +0.8°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, asimismo, la TSM del Atlántico tropical norte y sur muestran condiciones ligeramente cálidas ambas regiones, durante el mes de diciembre de 2019 (Fig. 1).

Olv2 Sea Surface Temperature Anomaly (°C)
December 2019



GRADIS: COLA/IGES
NCEP/EMC/Global Climate & Weather Modeling Branch
Fig. 1: Anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) en °C del mes de diciembre de 2019. Las anomalías son calculadas utilizando la climatología del periodo base 1971-2000. Fuente CPTEC/INPE/BRASIL.

DICIEMBRE 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				
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	0.0	23.3
NOV 19	-0.3	21.3	0.6	27.3	0.1	27.7	0.7	24.6
DIC 19	0.3	23.2	0.5	27.1	0.1	26.9	0.8	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 una débil incursión de vientos provenientes del Atlántico tropical norte en el extremo norte del continente. Sin embargo, al este de la cuenca del Amazonas se intensificó el ingreso de los vientos Alisios del sureste con magnitud de 3 m/s, en promedio. Estos vientos fueron direccionados hacia el oeste y el suroeste de la cuenca del Amazonas y cuenca del río de La Plata. Además, el debilitamiento de vientos Alisios en el Pacífico ecuatorial este, produjo una mayor concentración de flujo de humedad en gran parte de la cuenca del Amazonas (Fig. 2).

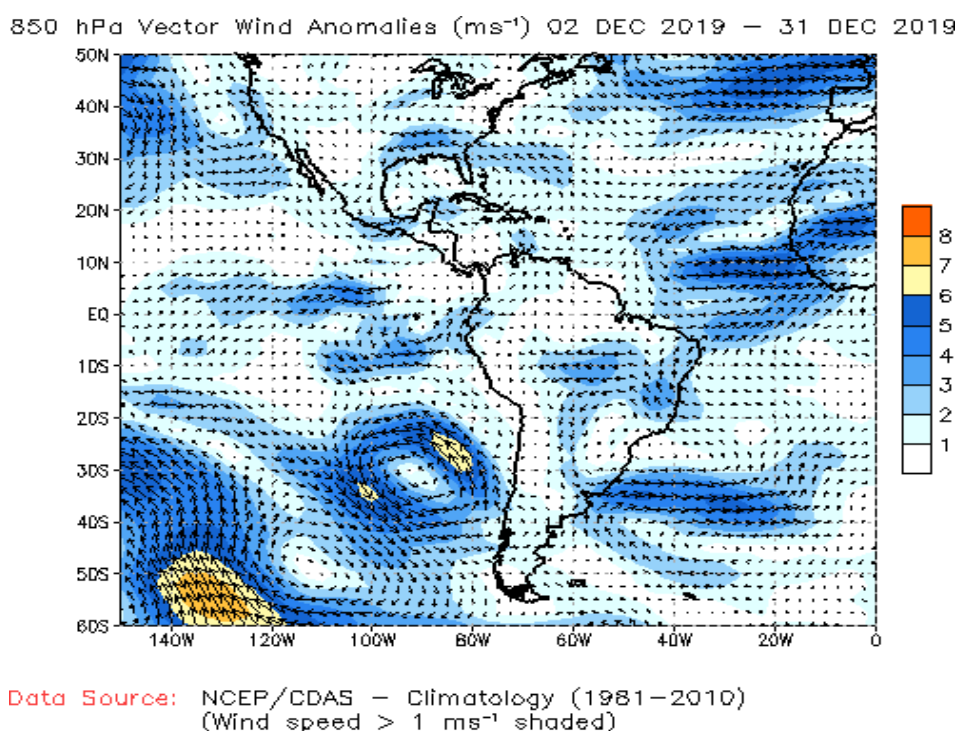


Fig. 2: Vectores de Anomalías de viento en niveles bajos (850 hPa) de la atmósfera, (del 02 diciembre al 31 de diciembre de 2019). Las anomalías fueron calculadas utilizando el periodo base los promedios entre 1981 y 2010. Fuente: NOAA/NCEP.

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 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 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).

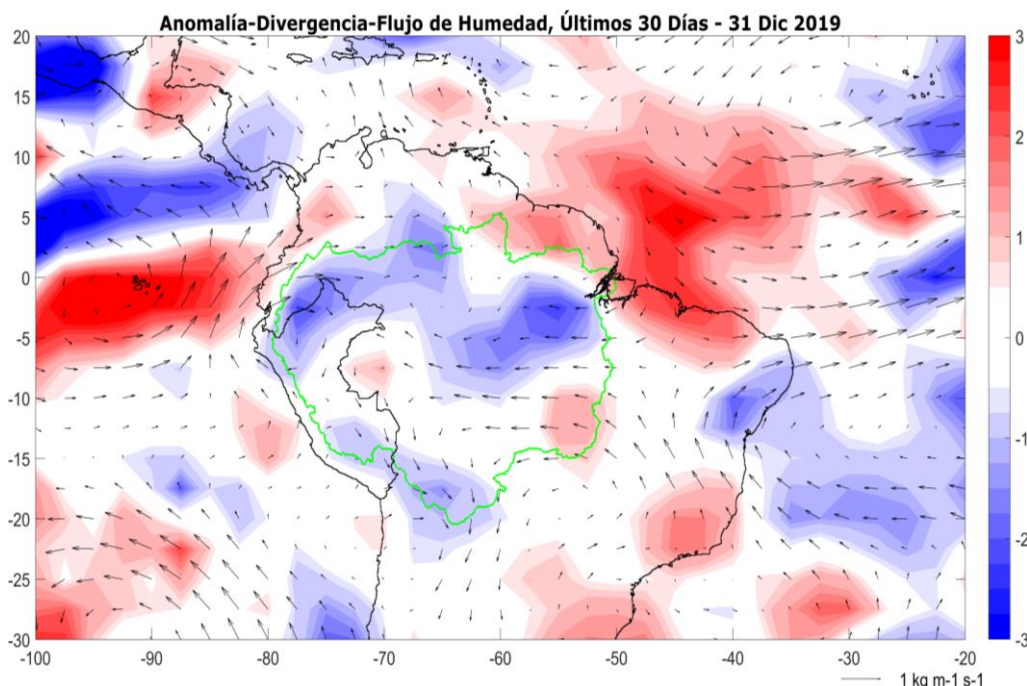


Fig. 3: Anomalías de flujo de humedad integrado en los niveles de 1000 hPa a 300 hPa de la atmósfera (vectores) y su divergencia (colores). El periodo corresponde del 01 al 31 de diciembre 2019. Las anomalías son calculadas utilizando el periodo base de 1970 a 2018. Los límites de la cuenca Amazónica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

En la Figura 3 se observa fuertes convergencias de flujos de humedad sobre el noroeste (zona norte de la Amazonía peruana, Amazonía ecuatoriana y colombiana), este (cerca de la desembocadura del Amazonas) y sur (sur de la Amazonía peruana y boliviana) de la cuenca del río Amazonas, producto de las características de la circulación atmosférica mostrada en la Figura 2. Por otro lado, se muestran divergencias de flujos de humedad más regionales que comprenden el extremo sureste de la cuenca del Amazonas, acentuada en la cuenca alta del río Xingu.

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 diciembre 2019, según datos de TRMM-RT, los valores de la precipitación fueron superiores al promedio climatológico en la región norte (extremo norte de la Amazonía peruana, ecuatoriana y gran parte de la Amazonía colombiana y cercano a la desembocadura) y sur (región sur de la Amazonía peruana y gran parte de la Amazonía boliviana) de la cuenca del Amazonas, cuyas anomalías positivas de precipitación alcanzaron hasta +6 mm/día en promedio (Figura 4). Al mismo tiempo, se observaron precipitaciones inferiores al promedio climatológico en la región sureste de la cuenca del Amazonas y la región norte de la Amazonía peruana, cuyas anomalías alcanzaron en promedio -3 mm/día, (ver Fig. 4).

Las condiciones de precipitación mostradas por la fuente de datos del TRMM-RT en la cuenca del Amazonas, podrían atribuirse a las ligeras incursiones de flujos de humedad desde el Atlántico tropical Norte y a la intensificación del ingreso de los vientos Alisios del sureste, aunado al debilitamiento de los vientos Alisios en el Pacífico ecuatorial Este (ver Fig. 2). Además, se observa convergencia de flujos de humedad en gran parte de la región norte y extremo sur de la cuenca Amazónica, lo que es coherente con las anomalías positivas de precipitación en estas regiones. Por otro lado, las divergencias de flujos de humedad sobre el extremo sureste de la cuenca del río Amazonas (Fig. 3), originaron déficit de lluvias sobre la misma región. Además, el déficit de lluvias se concentró principalmente en la región norte (cuenca del Maraón) de la Amazonía peruana (Fig. 4).

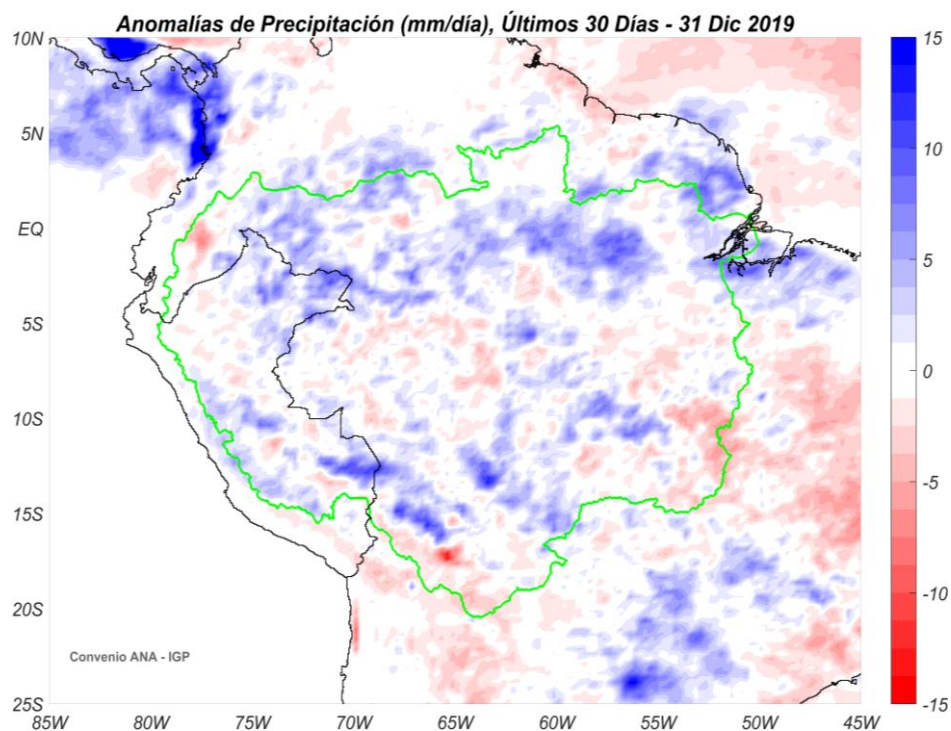


Fig. 4: Anomalías de precipitación estimadas por el TRMM-RT en mm/día hasta 31 de diciembre de 2019. Las anomalías fueron calculadas con respecto al periodo base promedio 2000-2018. Se muestra los límites de la cuenca Amazónica en líneas de color verde. Las anomalías de precipitación del TRMM-RT actualizadas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

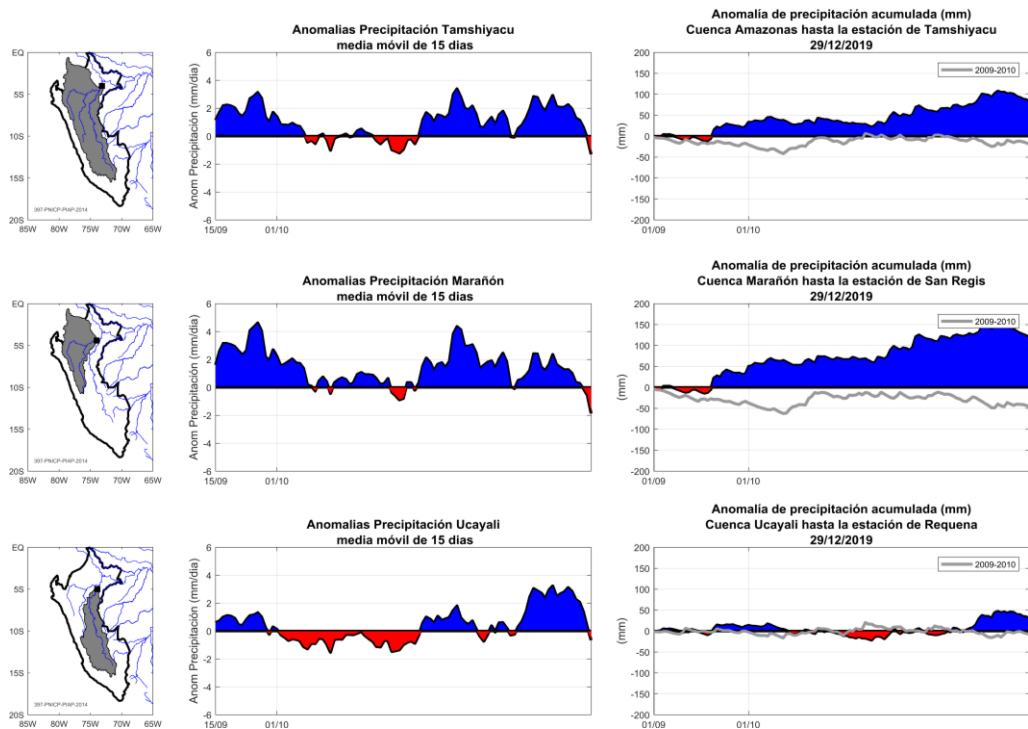


Fig. 5: Evolución temporal de anomalías de precipitación integradas en las principales cuencas hidrográficas de la Amazonía peruana: el río Amazonas hasta la estación Tamshiyacu (arriba), el río Marañón hasta la estación San Regis (medio) y el río Ucayali hasta la estación Requena (abajo). En la columna 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 más secas de lo normal con magnitudes de anomalías de -1.0 mm/día (Amazonas), -2.0 mm/día (Marañón) y -1.0 mm/día (Ucayali) en promedio a fines del mes de diciembre. En general, las cuencas del norte de la Amazonía peruana, mostraron condiciones más secas de lo normal durante el mes de diciembre (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 ($+90$ mm). Asimismo, en la cuenca del río Ucayali, se observa ligero exceso de precipitación acumulada para el presente año hidrológico,

que alcanza los +40 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 +130 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 15 de enero 2020. Las estaciones de Tamshiyacu, San Regis, Requena y Yurimaguas registraron anomalías de niveles de agua superiores a lo normal, siendo estas anomalías de +1.8%, +2.6%, +0.8% y +0.3%, respectivamente. La estación de Pucallpa mostro anomalías de nivel de agua inferior a los normal con -0.2%. En general, para la fecha se observa un contraste entre el norte y el sur de la Amazonía peruana, cabe resaltar que, sobre el norte de la Amazonía peruana, se mostraron un ligero excesos de precipitación (ver Fig. 4).

En resumen, a la fecha la mayoría de los ríos continúan en sus fases de ascenso de los niveles de agua, bajo condiciones superiores a lo normal en la mayoría de las cuencas de la Amazonia peruana, observándose contraste en el norte y el sur (ver Fig. 6).

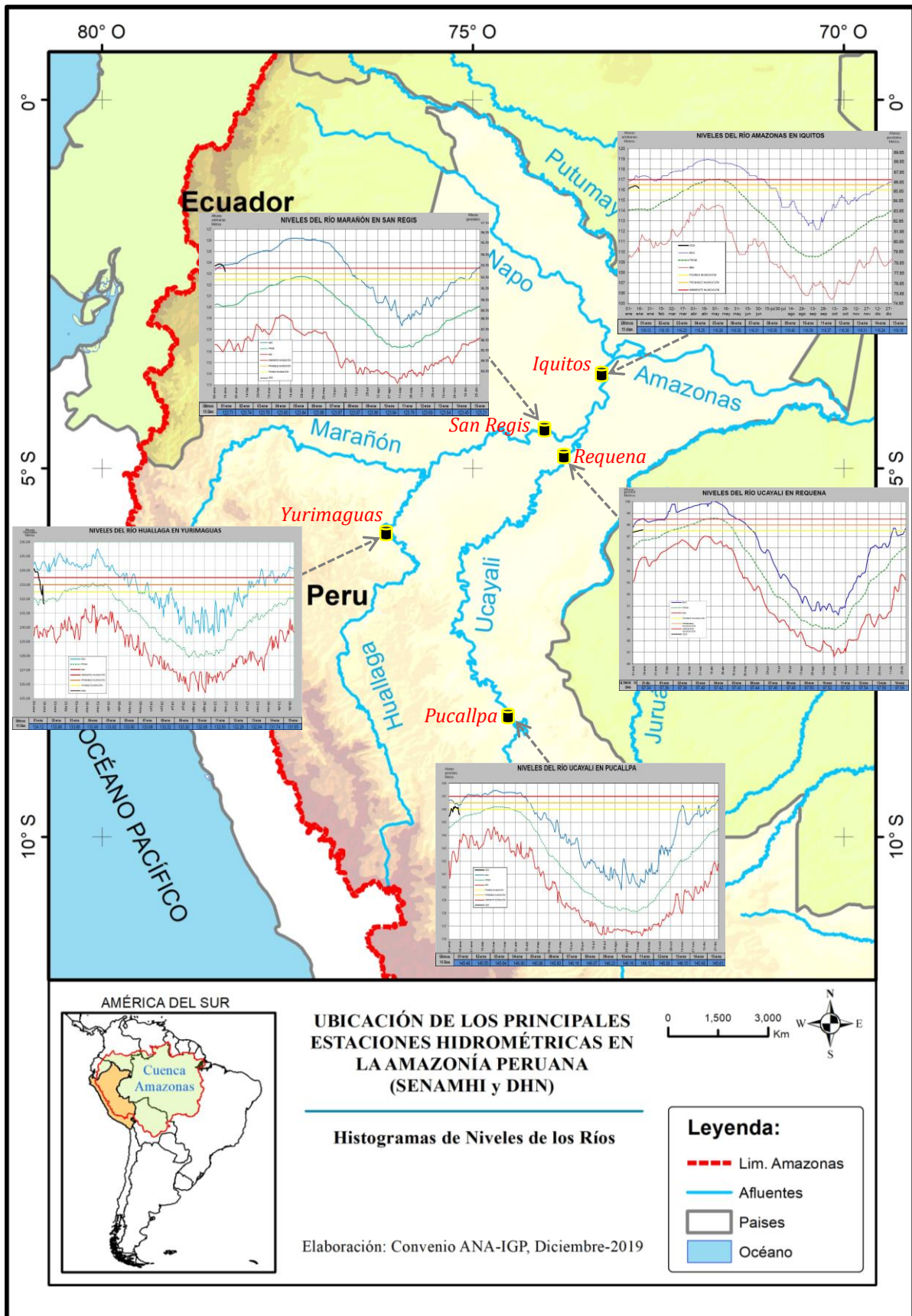


Fig. 6: Histograma de niveles de ríos diarios de los principales ríos de la Amazonía peruana.

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).

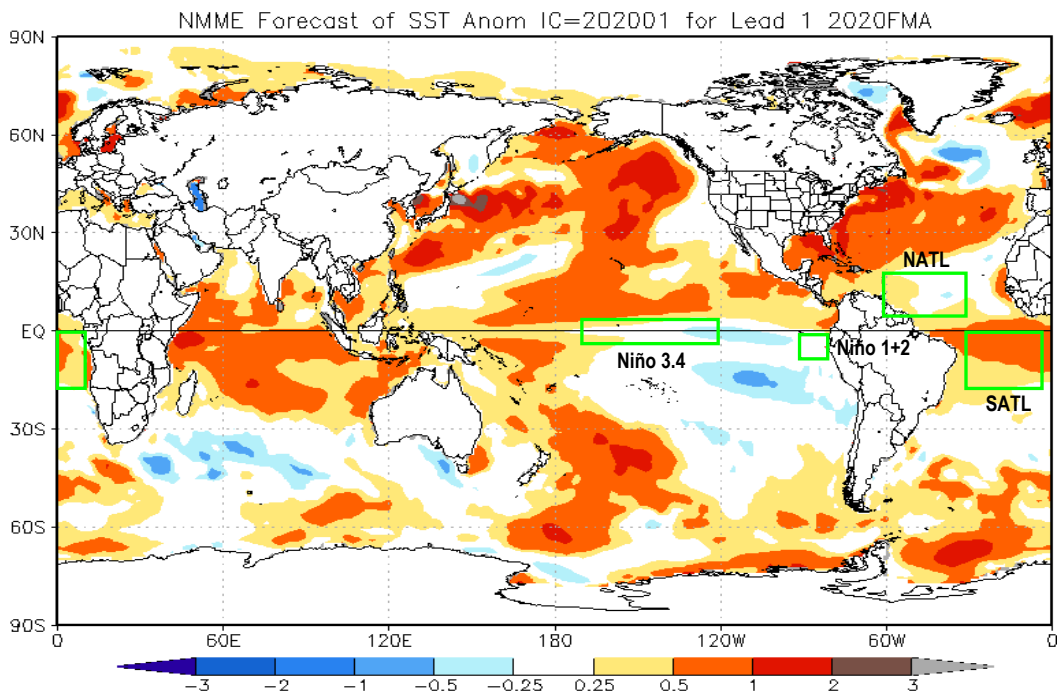


Fig. 7: Pronóstico de las anomalías de TSM (°C) a nivel global, para el trimestre febrero-marzo-abril 2020 (FMA). Rectángulos verdes indican regiones de análisis. Fuente: *National Multi-Model Ensemble* (NMME).

Según el reporte del NMME, los pronósticos de anomalías de TSM para el trimestre febrero-marzo-abril 2020 (FMA), en la región Niño 3.4 se proyectan condiciones cálidas de magnitud débil (0.2°C ; región parcialmente de color amarillo en Fig. 7). Asimismo, se proyectan anomalías neutras de TSM para la región Niño 1+2 (región con predominancia de color blanco en Fig. 7). Además, el Comunicado Oficial ENFEN N°01-2020 (enero) 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 julio de 2020.

Para la región del Atlántico tropical Norte (NATL) se prevén condiciones ligeramente cálidas de magnitud débil (región con predominancia de color amarillo, ver Fig. 7). Asimismo, para la región del Atlántico tropical Sur (SATL) se pronostican condiciones cálidas de magnitud débil a moderada (región con predominancia de color naranja, ver Fig. 7). Además, en la región subtropical del Atlántico Sur, se observarían condiciones cálidas de magnitud débil (región con anomalías positivas de TSM inferiores a $+0.5^{\circ}\text{C}$, en forma concentrada, 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 (EFM), 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 próximos meses del año 2020 (ver Figura 8).

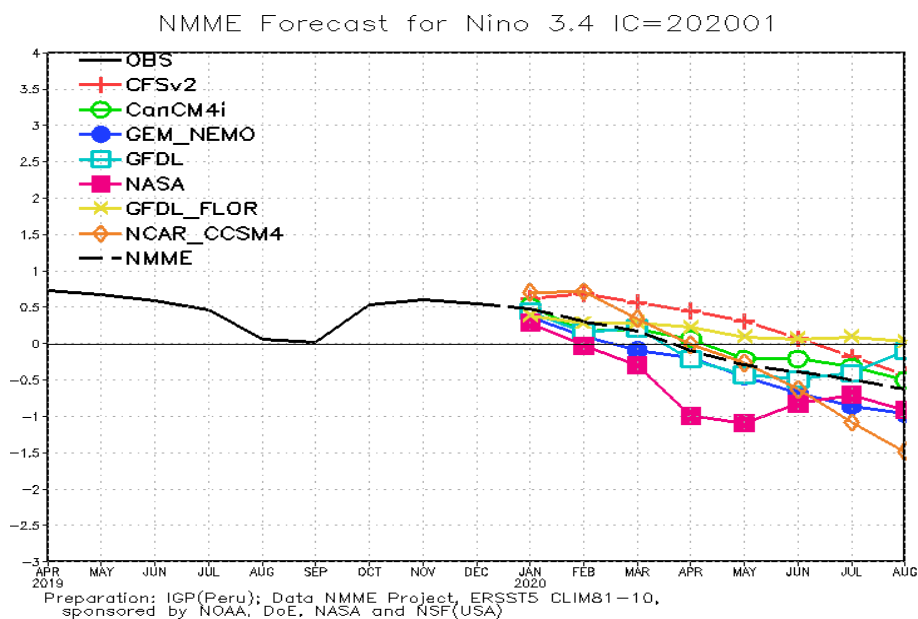


Fig. 8: Pronóstico de las anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) por modelos acoplados para la región Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°W-170°W) del Pacífico ecuatorial central, a partir de condiciones de fines de diciembre 2019. Fuente: *Instituto Geofísico del Perú (IGP)*.

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 diciembre 2019, prevén que las anomalías de TSM en el Atlántico tropical Norte (NATL), mostrarían condiciones ligeramente cálidas (anomalías de TSM por encima del promedio climatológico con +0.1°C en promedio, pero, dentro del rango neutral, ver Fig. 9) para el próximo trimestre enero-febrero-marzo (EFM) del 2020. Asimismo, mantendrían una tendencia ligeramente positiva los próximos meses del 2020.

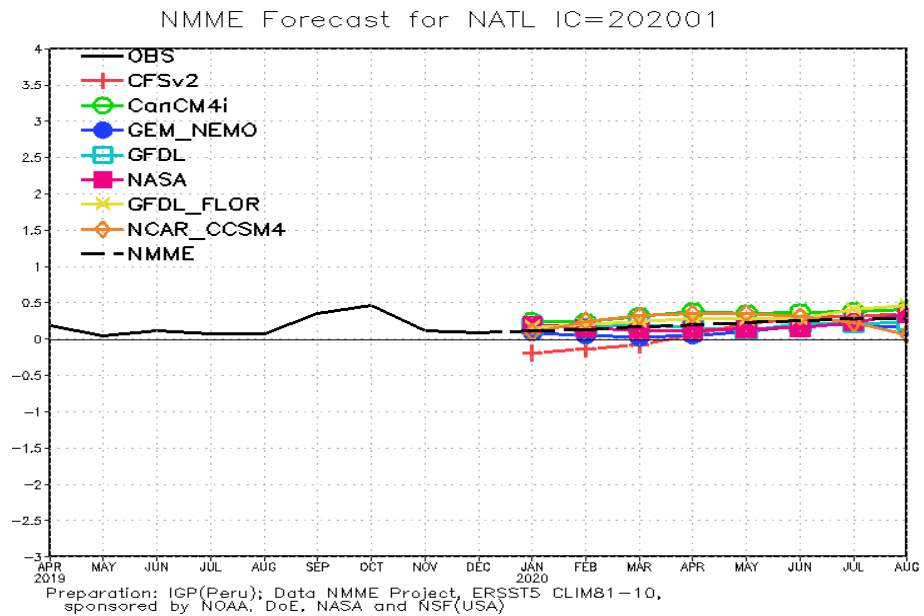


Fig. 9: Pronóstico de las anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) para la región del Atlántico tropical Norte (NATL: 5°N-20°N, 30°W-60°W), a partir de condiciones de fines de diciembre 2019. Fuente: *Instituto Geofísico del Perú (IGP)*.

5.2. Análisis del Pronóstico de las Precipitaciones

Según el reporte del CPTEC, el pronóstico de anomalías de precipitaciones para los próximos 03 meses enero-febrero-marzo (EFM) del 2020 con datos observados de fines de diciembre, mostrarían dominio de condiciones secas en gran parte de la región oeste (que incluye la región central y norte de la Amazonía peruana, Amazonía ecuatoriana y colombiana) y región noreste (cerca de la desembocadura) de la cuenca del río Amazonas. Sin embargo, se observaría condiciones normales la región sureste (cuenca alta del río Xingu) de la cuenca del Amazonas. Por otro lado, mostrarían precipitaciones superiores respecto al promedio climatológico en la región suroeste de la cuenca del Amazonas (parte de la Amazonía boliviana y peruana) y a lo largo de la Cordillera de los Andes, con un exceso que alcanzaría -3.0 mm/día en promedio (Fig. 10).

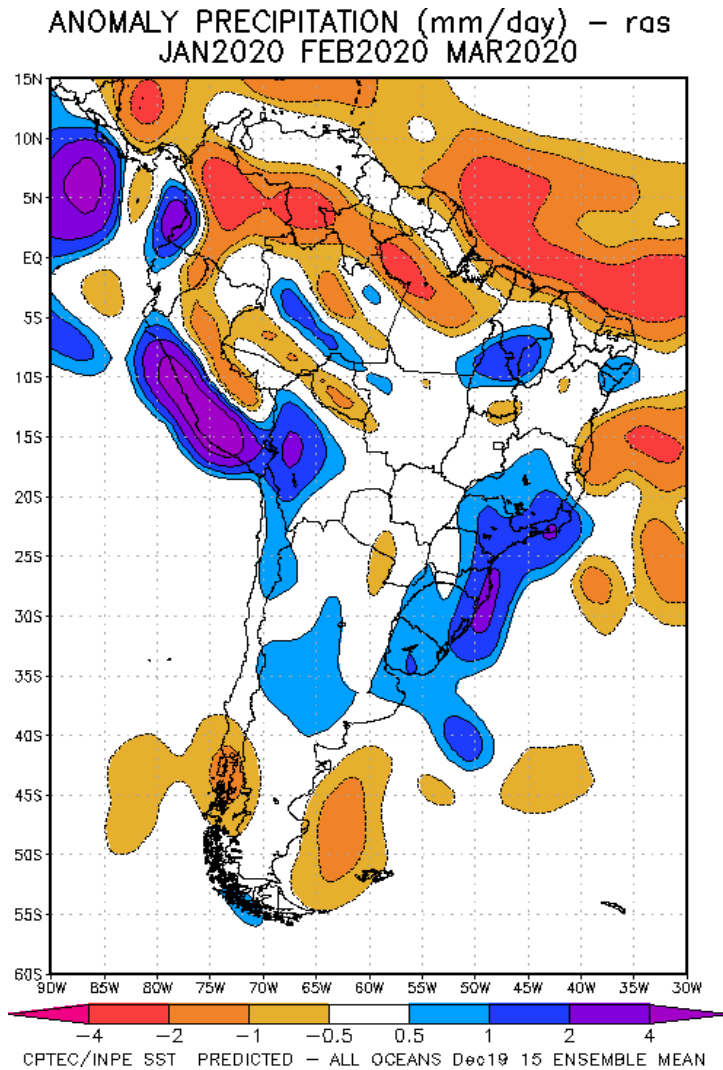


Fig. 10: Pronóstico de las anomalías de la precipitación (mm/día) método ras para el trimestre EFM del 2020 en América del Sur, con datos observados de fines del mes de diciembre de 2019. Fuente: CPTEC/INPE.

VI. Conclusiones

Para el periodo de análisis (diciembre) se observó el ingreso de los vientos Alisios del sureste y una mayor concentración de flujo de humedad en gran parte de la región noroeste de la cuenca del Amazonas. Estas condiciones produjeron exceso de lluvias en el extremo norte de la Amazonía peruana (cuenca del río Marañón). Las condiciones climáticas descritas han generado incremento de los niveles de agua de los principales ríos Amazónicos durante el mes de diciembre, principalmente en el Marañón y el Amazonas.

Durante el mes de diciembre 2019, el Pacífico ecuatorial Central (región Niño 3.4) mostró anomalías positivas de TSM de +0.5°C en promedio. Asimismo, la región Niño

1+2 presentó condiciones cálidas (anomalías positivas de TSM de +0.3°C), según lo indicado por el ENFEN en su Comunicado Oficial N°01-2020 (enero). El Atlántico tropical Norte (NATL) mostro condiciones ligeramente cálidas con anomalías positivas de TSM de +0.1°C y el Atlántico tropical Sur (SATL), mostro condiciones cálidas (anomalías positivas de TSM de +0.8°C).

Respecto a las condiciones oceánicas para el próximo trimestre (EFM), el ENFEN en su Comunicado Oficial ENFEN N°01-2020 (enero) 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 julio 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.