



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

EL PERÚ PRIMERO

Concentración de lluvia
diaria y su asociación
con eventos
hidroclimáticos
extremos en la cuenca
amazónica.

Pág. 4

Repiquetes: crecidas
repentinas que afectan
los cultivos de los
ribereños amazónicos.

Pág. 11

Resumen del informe
técnico de El Niño.

Pág. 17

Resumen del
Comunicado ENFEN.

Pág. 18

BOLETÍN CIENTÍFICO EL NIÑO

Vol. 7 N° 02 Febrero 2020



IGP

Instituto
Geofísico
del Perú

CRÉDITOS

Kirla Echegaray Alfaro

Ministra del Ambiente

Instituto Geofísico del Perú:

Hernando Tavera Huarache

Presidente Ejecutivo

Danny Scipión Castillo

Director Científico

Yamina Silva Vidal de Millones

Directora

Subdirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera

Equipo editorial:

James Apaéstegui Campos

Kobi Mosquera Vásquez

Katherine Morón Rodríguez

Diagramación:

Luis Miguel Ybañez Romero

Carátula: Iquitos- Perú.

Foto: Elisa Armijos

Lima, octubre de 2020

El boletín científico “El Niño” es generado en el marco del Programa Presupuestal N° 068 “Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”.

Producto 1: Estudios para la estimación del riesgo de desastres

Actividad 5: Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño

Instituto Geofísico del Perú

Calle Badajoz 169 Mayorazgo, Ate, 15012.

Teléfono: 51-1-3172300

EDITORIAL

El Instituto Geofísico del Perú (IGP), institución pública adscrita al Ministerio del Ambiente, tiene por finalidad generar, utilizar y transferir conocimientos e información científica y tecnológica en el campo de la geofísica y ciencias afines. El IGP forma parte de la comunidad científica internacional y contribuye a la gestión del riesgo de desastres en el Perú, con énfasis en la prevención y mitigación de desastres naturales y de origen antrópico.

El IGP, a través del Programa de Investigación en Variabilidad y Cambio Climático, genera conocimiento científico sobre los componentes del sistema climático (atmósfera, océano, suelo, biósfera y criósfera) y la interacción entre ellos. El Niño - Oscilación del Sur es uno de los principales modos de variabilidad, el cual es objeto de estudio en el programa de investigación, debido a la alta vulnerabilidad del Perú y los impactos negativos asociados.

Desde el 2014, el IGP y otras instituciones integrantes de la Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño" (ENFEN) participan en el Programa Presupuestal 068: "Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres"- PREVAED, contribuyendo con el producto denominado "Estudios para la estimación del riesgo de desastres". El IGP realiza la síntesis y evaluación de los pronósticos de modelos climáticos internacionales, el desarrollo y validación de nuevos modelos además de otros estudios que fortalecen en forma continua la capacidad de monitoreo y pronóstico de El Niño en el Perú.

Con el fin de divulgar el conocimiento científico, el Instituto Geofísico del Perú presenta periódicamente sus investigaciones y avances en temas de variabilidad y cambio climático, a través de su Boletín Científico "El Niño", tratando de presentar la información con un lenguaje sencillo y sintetizando los aspectos más relevantes de dichas investigaciones. El objetivo es que las autoridades y técnicos especialistas en la gestión del riesgo de desastres (GRD) pertenecientes a los tres niveles de gobierno, así como el público en general

interesado, puedan tener como fuente de conocimiento a los materiales de investigación que el IGP genera.

El presente ejemplar suma dos artículos de investigación. El primero, titulado "Concentración de lluvia diaria y su asociación con eventos hidrológicos extremos en la cuenca amazónica", presenta algunos de los principales resultados de un trabajo recientemente publicado en la revista *International Journal of Climatology*, el cual busca contribuir en la comprensión de la variabilidad espacial y temporal de las lluvias, así como la ocurrencia de inundaciones en la cuenca amazónica.

El segundo artículo, titulado "Repique: crecidas repentinas que afectan los cultivos de los ribereños amazónicos", presenta los avances en el estudio de estos eventos, su definición, caracterización y precursores, en base a informaciones limnimétricas de estaciones próximas a la ciudad de Iquitos. Además, se presentan las perspectivas en investigación sobre el tema y las actividades a considerar a fin de generar herramientas que permitan la prevención de estos eventos y disminuir los impactos en la población.

En este boletín se presenta también, el resumen del informe técnico de El Niño, documento que forma parte de los compromisos asumidos por el IGP en el marco del PPR 068. En esta edición el informe indica que en la actualidad se observan condiciones neutras frente a la costa peruana y, según los pronósticos de los modelos numéricos de las agencias internacionales, se mantendrán así hasta el mes de agosto de 2020.

Al final de este boletín también se incluye el resumen del Comunicado Oficial del ENFEN, indicando que se mantiene el sistema de alerta en "No Activo" debido a que no se observan condiciones para el desarrollo de un evento El Niño o La Niña frente a la costa peruana en los siguientes meses. Es importante advertir que, en caso de existir discrepancias con el informe técnico de El Niño emitido por el IGP, prevalecerá lo establecido en el Comunicado Oficial del ENFEN.

DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

CONCENTRACIÓN DE LLUVIA DIARIA Y SU ASOCIACIÓN CON EVENTOS HIDROCLIMÁTICOS EXTREMOS EN LA CUENCA AMAZÓNICA

**Ricardo Zubieta ¹, Miguel Saavedra ¹, Jhan Carlo Espinoza ², Josyane Ronchail ³, Juan Sulca ¹,
Guillaume Drapeau ³ y Javier Martin-Vide ⁴**

RESUMEN

El análisis de datos anuales, estacionales o mensuales de precipitación puede conducir a una interpretación limitada de la distribución espacial y temporal de la lluvia diaria debido a que grandes porcentajes del total anual pueden ocurrir en pocos días. Esta alta concentración de lluvia diaria puede causar erosión de suelos, deslizamientos o inundaciones. La concentración de lluvia diaria para toda la cuenca amazónica (CA) es caracterizada empleando un “Índice de Concentración”, el cual es estimado a partir de un producto grillado de precipitación observada para el periodo 1980-2009. Nuestros hallazgos proveen nueva información acerca de la distribución espacial de la lluvia diaria sobre la CA. Los resultados indican que la concentración de lluvia diaria es relativamente baja en Colombia, Ecuador, norte de Perú y los Andes sobre los 1500 m s. n. m., no obstante, es muy alta en regiones del estado de Roraima en el norte de Brasil y la Amazonía boliviana. Esto explica el porqué algunas regiones de Brasil y Bolivia son más frecuentemente afectadas por eventos de lluvia extrema que conllevan a inundaciones. Asimismo, a pesar de la baja concentración de lluvia estimada en los Andes, ello puede contribuir a incrementar la erosión de suelos o deslizamientos, debido a la interrelación con factores como la heterogeneidad de la lluvia, geología, orografía y vegetación andina.

El artículo científico original se encuentra en: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/joc.6009>

Palabras clave: Andes, Amazonía, lluvia, evento extremo, índice de concentración de lluvias.

AFILIACIÓN:

1- Instituto Geofísico del Perú (IGP);

2- Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD);

3- Universidad Paris Diderot;

4- Instituto de Investigación del Agua (IdRA) de la Universidad de Barcelona.

Citar como: Zubieta, R., Saavedra, M., Espinoza, J. C., Ronchail, J., Sulca, J., Drapeau, G., y Martin- Vide, J. (2020). Concentración de lluvia diaria y su asociación con eventos hidroclimáticos extremos en la cuenca amazónica. Boletín científico El Niño, Instituto Geofísico del Perú, Vol. 7 N° 02, pag. 4-10.

INTRODUCCIÓN

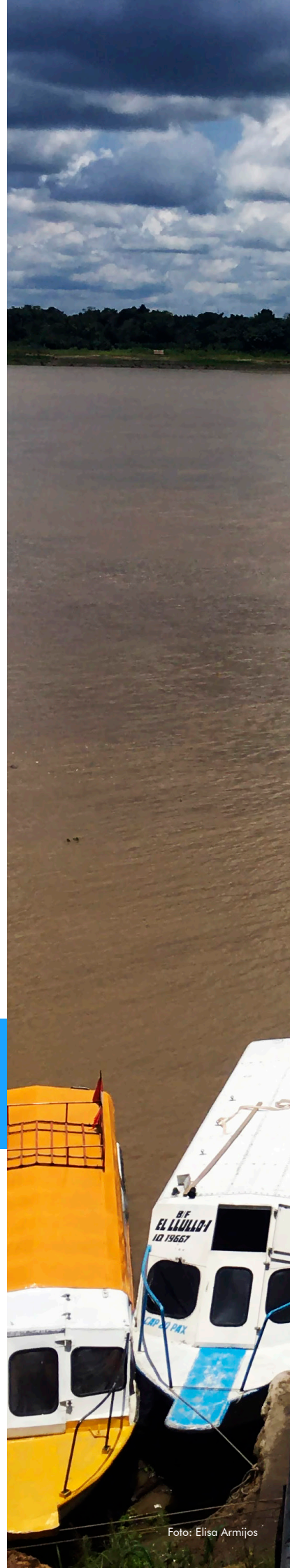
La variabilidad interanual de las lluvias en el noreste de la cuenca amazónica (CA) y los Andes es caracterizada principalmente por la influencia de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) y el gradiente de la temperatura superficial del mar (TSM) sobre el Atlántico tropical (Espinoza et al., 2009). Esta variabilidad espacial y temporal de las lluvias pueden ocasionar eventos hidrológicos extremos, tales como inundaciones y sequías. Estos eventos se han observado de manera más frecuente durante las últimas dos décadas, generando grandes pérdidas económicas y ecológicas. Por ejemplo, las sequías de 2005 y 2010, e inundaciones en 2009, 2012 y 2014 (Marengo y Espinoza, 2016).

Un estudio reciente sugiere que la frecuencia de eventos de precipitación extrema está incrementándose (Espinoza et al., 2018). Esto es consistente con el aumento de las precipitaciones que contribuyen al incremento de caudales máximos registrados en el río Amazonas, el cual conlleva a incrementar las áreas inundadas en el Perú (Sorribas et al., 2016). Por otro lado, en las últimas dos décadas, un incremento de la frecuencia de días secos (días sin lluvia) ha sido identificado en el norte del Brasil (Wang et al., 2018). En consecuencia, la variabilidad espacial y temporal de las lluvias en la CA son aspectos importantes del clima que requieren investigación.

Los estudios realizados han empleado predominantemente datos mensuales de lluvia. No obstante, hay incertidumbre acerca del comportamiento de la lluvia diaria y su estructura probabilística, pues el análisis de la lluvia mensual puede conducir a una interpretación limitada de su variabilidad espacial y temporal (Zubieta et al., 2017). Esto adquiere mayor importancia cuando se analizan eventos de lluvia extrema. De hecho, grandes porcentajes del total de lluvia (por ejemplo, en un año) pueden precipitarse concentradamente en muy pocos días, contribuyendo a incrementar el riesgo de erosión del suelo, deslizamientos o inundaciones (Coscarelli y Caloiero, 2012). El objetivo principal de este estudio es analizar la distribución espacial de la concentración de lluvia diaria y su asociación a la ocurrencia de eventos extremos en la CA.

ÁREA DE ESTUDIO

La CA es la cuenca más grande del planeta ($6\,000\,000\text{ km}^2$), extendiéndose desde los Andes tropicales hasta el océano Atlántico, cubriendo los países de Brasil, Perú, Bolivia, Colombia, Ecuador y Venezuela (Figura 1). La cantidad promedio de precipitación en la CA es 6 mm/día , alcanzando entre $8\text{ y }13\text{ mm/día}$ en la región noroeste (Colombia, norte de la Amazonía ecuatoriana, noreste del Perú y noroeste del Brasil) (Espinoza et al., 2009). En contraste, la región andina en Perú, Bolivia y Ecuador presenta en promedio entre $2\text{ y }3\text{ mm/día}$ (en este estudio la región de los Andes es considerada por encima de los 1500 m s.n.m. , ver Figura 1). No obstante, se presentan algunas zonas de transición andino-amazónica (Quincemil-Perú y Chipiriri-Bolivia) que son reportadas como *hotspots* en donde la lluvia promedio puede presentar valores en el orden de 13 mm/día (Espinoza et al., 2015)



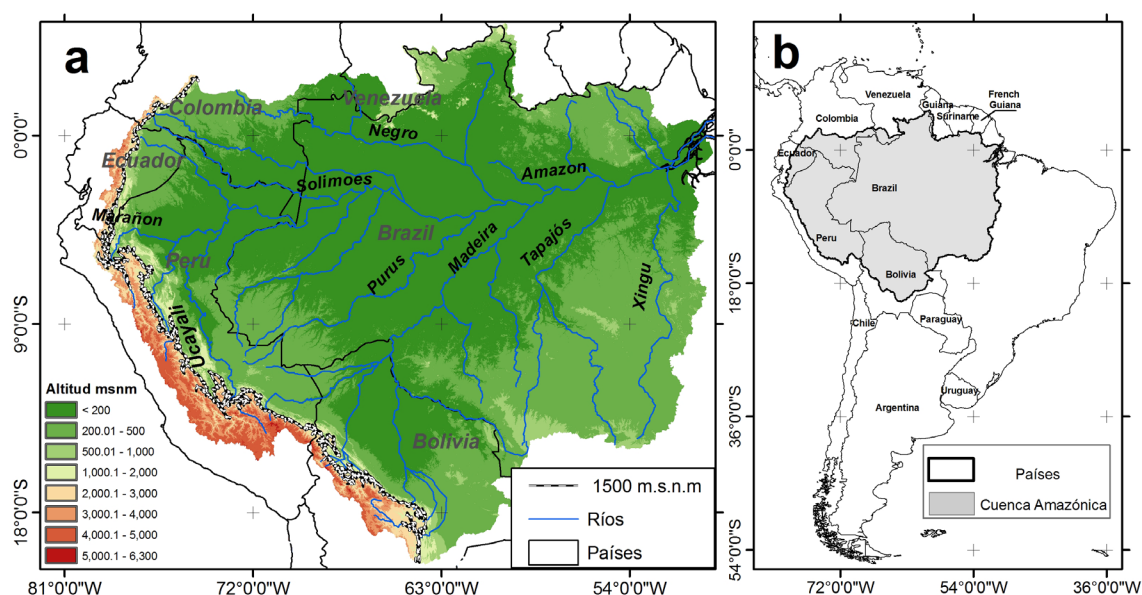


Figura 1. a) Modelo de elevación SRTM de la cuenca amazónica (en este estudio, la isohipsa de 1500 m s.n.m. es considerada divisoria entre los Andes y la Amazonía) y b) mapa de ubicación de la cuenca amazónica en Sudamérica.

DATOS Y METODOLOGÍA

Se utilizó el producto grillado de precipitación diaria HYBAM Observed Precipitation (HOP) (1° de resolución espacial, periodo 1980-2009) propuesto por Guimberteau et al. (2012) y disponible en www.ore-hybam.org. HOP brinda la mejor representación de la distribución temporal de la lluvia en la CA (Paccini et al., 2017; Mayta et al., 2018).

En este estudio, un día con lluvia es considerado cuando la precipitación excede 0.01 mm. Para analizar la concentración de la lluvia diaria, se ajusta la relación de la cantidad de lluvia y el número de días con lluvia a una distribución exponencial. Este ajuste se realiza debido a que en escala diaria hay mayor densidad de días con poca lluvia en comparación a grandes cantidades de precipitación que se presentan en pocos días (Martin-Vide, 2004). Para ejemplificar, una curva de concentración ajustada a la distribución referida, a partir de una serie de datos, es graficada en la Figura 2a. Empleando esta curva se estima un índice de concentración (IC), el cual es referido al área de separación entre la curva exponencial y un bisector que representa la equidistribución (como si todos los días lloviera la misma cantidad en un punto determinado). Para la estimación del área de separación (S) se utiliza una función integral como propuesta por Martin-Vide (2004). La línea de equidistribución es una condición ideal, pues, en casos prácticos, la lluvia diaria tiende a ser representada por una curva variable e identificada por el IC. Asimismo, en otro ejemplo, tres curvas de concentración estimadas a partir de tres series de tiempo de lluvia diaria (Trinidad-Aeropuerto-Bolivia, Cerro de Pasco-Perú, Manaus-Brasil) son evaluadas (Figura 2b). La estación de Manaus-Brasil identifica mayor concentración o irregularidad de lluvia diaria que Cerro de Pasco-Perú, asimismo Trinidad-Aeropuerto-Bolivia identifica mayor concentración o irregularidad de lluvia diaria que Manaus-Brasil (Figura 2b).

Nótese que, en el caso de Trinidad-Aeropuerto-Bolivia, el 10 % de los días más lluviosos representa el 42 % de la cantidad total de lluvia. El 90 % restante de días con lluvia aporta al 58 % del total de lluvia observada para dicha estación. En comparación, la estación de Manaus-Brasil muestra que el 38 % de la lluvia ocurre considerando solo el 10 % de días más

lluviosos (un 90 % de días con lluvia representa 62 % del total observado). El 30 % de la lluvia acumulada en la estación de Cerro de Pasco-Perú ocurre en el 10 % de los días más lluviosos (un 90 % de días con lluvia representa 70 % del total de lluvia). Finalmente, para estimar la distribución espacial del IC se consideró que cada grilla de HOP corresponde a una serie de precipitación diaria (Figura 3).

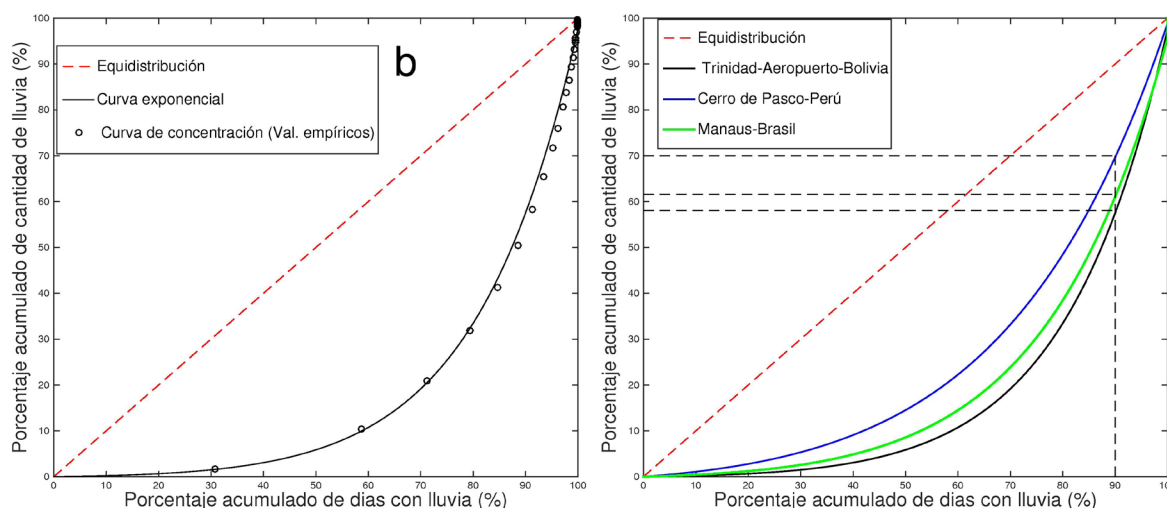


Figura 2. a) Definición del Índice de Concentración (IC) a través del área comprendida entre la línea de equidistribución y la curva exponencial de ajuste de valores empíricos. b) Comparación de curvas de concentración de las estaciones de Trinidad-Aeropuerto-Bolivia, Cerro de Pasco-Perú y Manaus-Brasil, a modo de ejemplificar la variabilidad e interpretación del IC.

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

A efectos de comparación con la concentración de lluvia diaria a partir del IC, se presenta en la Figura 3a el cálculo de la lluvia promedio diaria (mm/día) usando HOP para el periodo 1980-2009.

La distribución del IC estacional refleja un patrón espacial similar al del IC anual. De hecho, el IC anual muestra una alta correlación con el IC del periodo seco junio-noviembre ($r = 0.88$, $p < 0.01$) y con el IC del periodo húmedo diciembre-mayo ($r = 0.84$, $p < 0.01$). La distribución espacial del IC anual es mostrada en la Figura 3b. Nuestros resultados indican que la distribución del IC sobre la CA puede ser dividida en cuatro regiones climáticas (Figura 3b).

La primera región está ubicada en el noroeste de la CA, registra los valores más bajos de IC (0.47-0.52), y coincide con las regiones de más alta lluvia promedio diaria (10-13 mm/día). Esta región, de régimen ecuatorial, presenta una distribución de la lluvia diaria que tiende a ser más uniforme durante el año y es caracterizada por una débil estacionalidad. Es decir, los valores más altos de lluvia diaria del promedio anual son consistentes con la mayor regularidad de lluvia diaria y caracterizados por un bajo valor del IC. Esto sugiere que los eventos de precipitación diaria, desarrollados en esta región, son predominantemente caracterizados por lluvias más uniformes y continuas. Asimismo, los valores muy bajos del IC también fueron encontrados sobre los Andes centrales del Perú. Estos bajos valores concuerdan con los resultados de Zubieta et al. (2017) quienes encontraron valores similares de IC (0.44-0.56) para el mismo análisis realizado en la cuenca del río Mantaro.

La segunda región observada y que presenta los máximos valores de IC están en la Amazonía boliviana y el estado de Roraima (Brasil) (Figura 3b). Ambas regiones con índices entre 0.6 y 0.71 indican que la mayoría de la lluvia cae en pocos días durante las lluvias extremas (Figura 3b). Los valores identificados con altos IC coinciden con las regiones que presentan grandes inundaciones en la CA (Ronchail et al., 2005; Ovando et al., 2015). Una tercera región está ubicada en el sur del Brasil, la cual está caracterizada por valores de IC entre 0.52 y 0.60 (Figura 3b). Por ejemplo, un $IC = 0.56$ significa que el 25 % de los días más lluviosos contribuye aproximadamente el 64 % del total de cantidad de lluvia, condición que caracteriza principalmente regiones localizadas en las zonas centrales y sureste de la CA.

Finalmente, es importante considerar una cuarta región, que está asociada con las zonas de máxima precipitación denominadas *hotspot* (Espinoza et al., 2015). La Figura 3a ilustra que las regiones *hotspot*, localizadas en el sureste de Perú y suroeste de Bolivia, presentan una lluvia promedio de 13 mm/día. No obstante el IC promedio, ambas regiones presentan valores diferentes (0.5 en Perú y 0.65 en Bolivia), lo que sugiere una mayor irregularidad de lluvia en Bolivia.

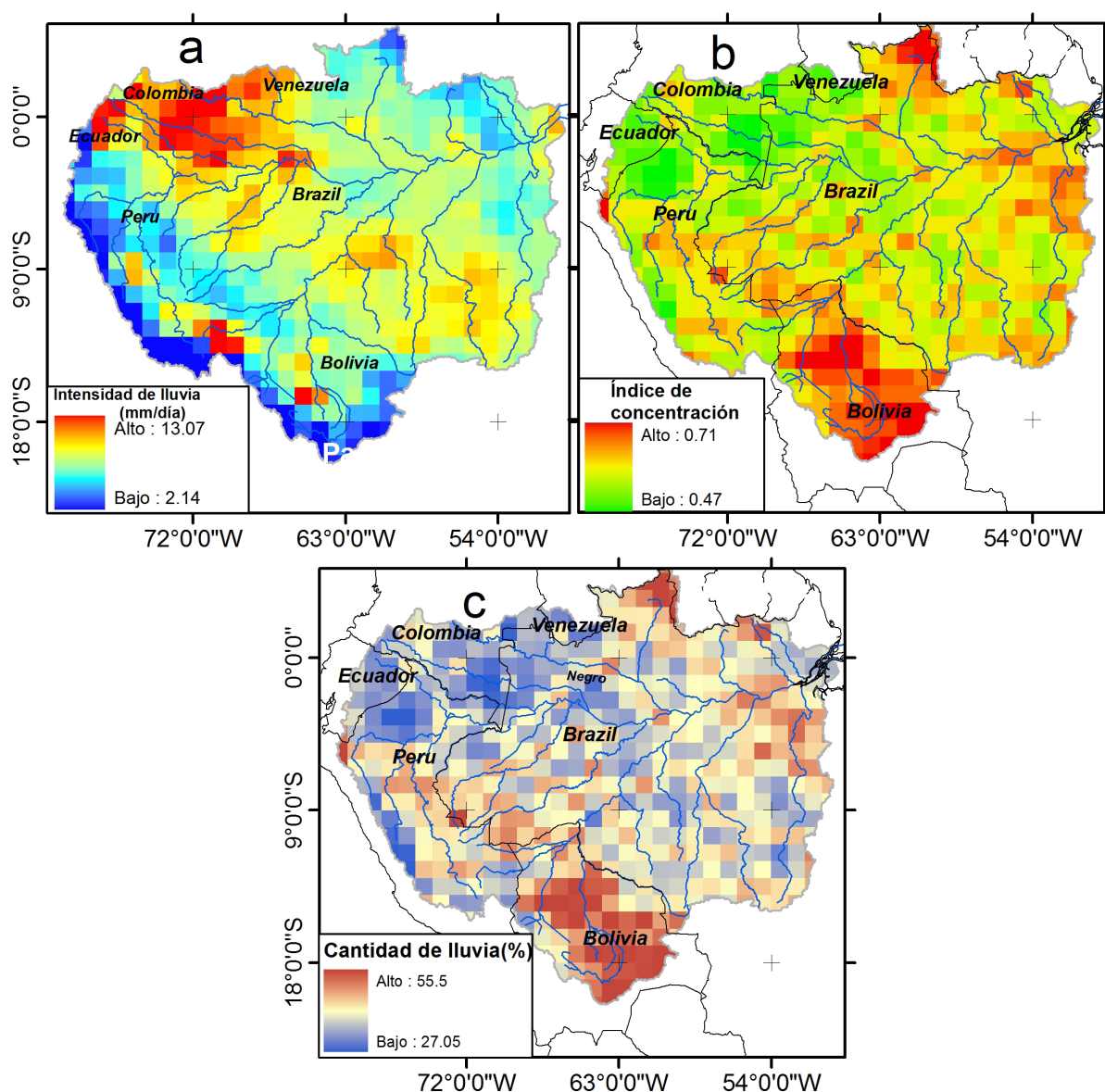


Figura 3. a) Distribución espacial de la precipitación promedio (mm/día). b) Distribución espacial del índice de concentración de precipitación (IC). c) Contribución de cantidad de lluvia para eventos extremos (%) (días con lluvia mayor al percentil 90).

En la Figura 3c se presenta un mapa de la distribución espacial de la contribución de los eventos de lluvia extrema (día en que llueve por encima del percentil 90). Los resultados presentados aportan evidencias asociadas a la ocurrencia de inundaciones intempestivas y fuerte erosión del suelo sobre la CA, dado que un gran porcentaje de lluvia cae en pocos días. Eventos de precipitación extrema contribuyen entre 27 % y 55 % del total de lluvia (Figura 3c). El porcentaje de contribución de lluvia para eventos extremos presenta un patrón similar al del IC ($r = 0.96$, $p < 0.01$) (Figura 3b-c). Esto corrobora la mayor relevancia de las lluvias extremas en la Amazonía boliviana y el estado de Roraima (Brasil), en contraposición a la baja influencia de los eventos extremos en la región noroeste de la CA y en los Andes peruanos. Cabe mencionar que la concentración de lluvia a partir de eventos de lluvia extrema muestra un comportamiento relativamente inverso a la lluvia promedio diaria ($r = -0.46$, $p < 0.01$).

CONCLUSIONES

- En este estudio exploramos un índice de concentración (IC) de lluvia diaria empleando datos grillados para toda la cuenca amazónica.
- Los resultados proporcionan nueva información sobre la distribución espacial de la concentración de la lluvia. Los IC en la parte sur-central de la CA (Amazonía boliviana) y norte del Brasil (región de Roraima) son predominantemente altos ($IC > 0.60$), lo que indica que una mayor contribución (~55 %) de lluvia se presenta durante eventos de precipitación extrema.
- Esto explica el por qué algunas regiones de la cuenca amazónica son frecuentemente afectadas por inundaciones.
- En contraste, los valores más bajos son encontrados sobre la parte noroeste de la cuenca (noreste del Perú) y los Andes ($IC < 0.52$), lo cual indica que la precipitación diaria es más regular, es decir, tiende a ser más estacionalmente distribuida.
- A pesar de esta regularidad y la contribución de lluvia (20 %) durante eventos de precipitación extrema en los Andes, esta baja contribución puede ser considerada un detonante para incrementar la probabilidad de ocurrencia de erosión de suelos o deslizamientos, debido a la interrelación con factores como la geología, morfología y vegetación andina.

REFERENCIAS

- Coscarelli, R. and Caloiero, T. (2012). Analysis of daily and monthly rainfall concentration in southern Italy (Calabria region). *Journal of Hydrology*, 416–417, 145–156. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.11.047>.
- Espinoza, J.C., Ronchail, J., Guyot, J.L., Cochemeau, G., Filizola, N., Lavado, W., de Oliveira, E., Pombosa, R. and Vauchel, P. (2009). Spatiotemporal rainfall variability in the Amazon Basin countries (Brazil, Peru, Bolivia, Colombia and Ecuador). *International Journal of Climatology*, 29, 1574–1594. <https://doi.org/10.1002/joc.1791>.

Espinoza, J.C., Chavez, S., Ronchail, J., Junquas, C., Takahashi, K. and Lavado, W. (2015). Rainfall hotspots over the southern tropical Andes: spatial distribution, rainfall intensity, and relations with large-scale atmospheric circulation. *Water Resources Research*, 51, 3456–3475. <https://doi.org/10.1002/2014WR016273>.

Espinoza, J.C., Ronchail, J., Marengo, J.A. and Segura, H. (2018). Contrasting north–south changes in Amazon wet-day and dry-day frequency and related atmospheric features (1981–2017). *Climate Dynamics* 52, 5413–5430 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4462-2>

Guimberteau, M., Drapeau, G., Ronchail, J., Sultan, B., Polcher, J., Martinez, J. M., Prigent, C., Guyot, J.L., Cochonneau, G., Espinoza, J.C., Filizola, N., Fraizy, P., Lavado, W., De Oliveira, E., Pombosa, R., Noriega, L. and Vauchel, P. (2012). Discharge simulation in the sub-basins of the Amazon using ORCHIDEE forced by new datasets. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16, 911–935. <https://doi.org/10.5194/hess-16-911-2012>.

Marengo, J.A. and Espinoza, J.C. (2016). Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. *International Journal of Climatology*, 36, 1033–1050. <https://doi.org/10.1002/joc.4420>.

Martin-Vide, J. (2004). Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in peninsular Spain. *International Journal of Climatology*, 24, 959–971. <https://doi.org/10.1002/joc.1030>.

Mayta, V.C., Ambrizzi, T., Espinoza, J.C. and Silva Dias, P.L. (2018). The role of the Madden–Julian oscillation on the Amazon Basin intraseasonal rainfall variability. *International Journal of Climatology*, 39, 343–360. <https://doi.org/10.1002/joc.5810>.

Ovando, A., Tomasella, J., Rodriguez, D.A., Martinez, J.M., Siqueira-Junior, J.L., Pinto, G.L.N., Passy, P., Vauchel, P., Noriega, L. and von Randow, C. (2015). Extreme flood events in the Bolivian Amazon wetlands. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 5, 293–308. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.11.004>.

Paccini, L., Espinoza, J.C., Ronchail, J. and Segura, H. (2017). Intraseasonal rainfall variability in the Amazon basin related to large-scale circulation patterns: a focus on western Amazon–Andes transition region. *International Journal of Climatology*, 38, 2386–2399. <https://doi.org/10.1002/joc.5341>.

Ronchail, J., Bourrel, L., Cochonneau, G., Vauchel, P., Phillips, L., Castro, A., Guyot, J.L. and de Oliveira, E. (2005). Inundations in the Mamoré basin (south-western Amazon–Bolivia) and sea-surface temperature in the Pacific and Atlantic Oceans. *Journal of Hydrology*, 302, 223–238. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.07.005>.

Sorribas, M.V., Paiva, R., Melack, J.M., Bravo, J.M., Jones, C., Carvalho, L., Beighley, E., Forsberg, B. and Costa, M.H. (2016). Projections of climate change effects on discharge and inundation in the Amazon basin. *Climate Change*, 136, 1–16. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1640-2>.

Wang, X., Li, X., Zhu, J. and Tanajura, C. (2018) The strengthening of Amazonian precipitation during the wet season driven by tropical sea surface temperature forcing. *Environmental Research Letters*, 13, 9. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aadbb9>

Zubieta, R., Saavedra, M., Silva, Y. and Giraldez, L. (2017). Spatial analysis and temporal trends of daily precipitation concentration in the Mantaro River basin-central Andes of Peru. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 31, 1305–1318. <https://doi.org/10.1007/s00477-016-1235-5>

AVANCE DE INVESTIGACIÓN

REPIQUETES: CRECIDAS REPENTINAS QUE AFECTAN LOS CULTIVOS DE LOS RIBEREÑOS AMAZÓNICOS

Manuel Figueroa ¹, Elisa Armijos ¹, Jhan Carlo Espinoza ², Pascal Fraizy ² y Josyane Ronchail ³

RESUMEN

Una de las actividades económicas importantes en la llanura amazónica es la agricultura de ciclo corto en los meses de recesión, sin embargo, esta se ve afectada por inundaciones repentinas. Estos eventos identificados por las reversiones en el nivel del río son conocidos localmente como *repiquetes* y su génesis ha sido poco estudiada. Utilizando los niveles registrados en dos estaciones limnimétricas localizadas en los ríos Marañón y Ucayali, aguas arriba de la confluencia para formar el río Amazonas; se pudo identificar que los repiquetes, ocurridos próximos a la estación de Tamshiyacu (río Amazonas), son producidos principalmente por eventos observados en el río Marañón. El origen de los repiquetes en el río Marañón está relacionado al aporte de las lluvias ocurridas en el norte de la cuenca en los Andes ecuatorianos y peruanos. Estos primeros resultados son un avance para posibles trabajos de predicción que permitan alertar a la población sobre las inundaciones repentinas contribuyendo de esta manera a la mitigación de los daños por pérdidas de cultivos.

Palabras clave: *repiquetes, agricultura de recesión, estiaje, Amazonas, Marañón, Ucayali.*

AFILIACIÓN:

1- Instituto Geofísico del Perú (IGP);

2- Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD);

3- Universidad Paris Diderot.

Citar como: M.Figueroa, E.Armijos, J.Espinoza, J.Ronchail y P.Fraizy, (2020). Repiquetes: crecidas repentinas que afectan los cultivos de los ribereños amazónicos. Boletín científico El Niño, Instituto Geofísico del Perú, Vol. 7 N° 02, pag. 11-16.

INTRODUCCIÓN

La actividad agrícola reporta el 60 % de los ingresos familiares para la población ribereña de la región amazónica peruana (Pinedo-Vásquez et al., 2002). Los agricultores de la Amazonia aprovechan las playas que se forman entre los meses de mayo a noviembre para sembrar cultivos de ciclo corto como arroz, sandía, caupi, maíz, etc. (Figura 1), debido a que estas playas son fertilizadas con los sedimentos que provienen de los Andes (Armijos et al., 2013).

Estos cultivos se ven amenazados por inundaciones repentinas conocidas como repiquetes que ocurren, generalmente, durante la época de vaciante (Ríos et al., 2005, 2016; Coomes, 2016, 2019; List, 2016; Ronchail, 2018), por lo que es necesario tener herramientas para poder adaptarse a estos fenómenos naturales, los cuales se presentan cada año, aunque no siempre con la misma intensidad y frecuencia (Figura 2).

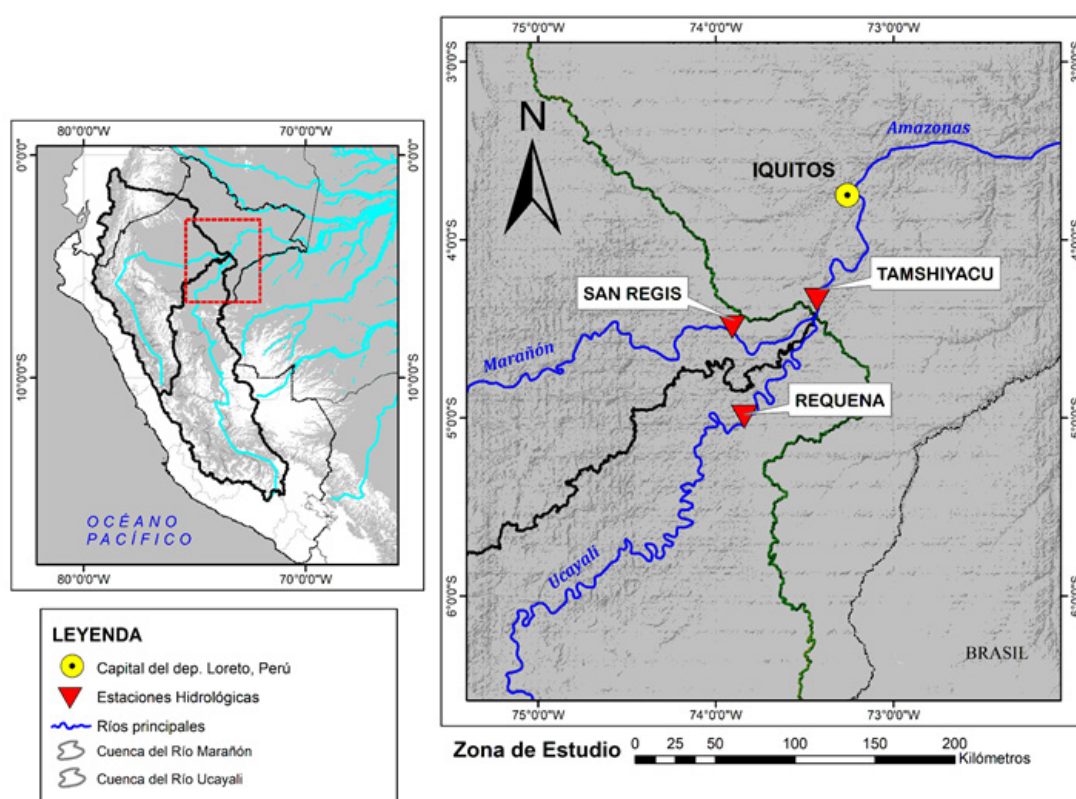


Figura 1. a) Mapa de localización de las principales estaciones hidrométricas utilizadas en el presente estudio. b) Sembríos de arroz en las playas ribereñas (Fotografía Geneva List; List, 2016)

Estudios recientes han identificado cambios significativos en los regímenes de precipitaciones y, por consecuencia, en los caudales de los ríos amazónicos (p. ej., Espinoza et al., 2019; Marengo y Espinoza, 2016; Boisier et al., 2015). Es por ello que esta investigación generará evidencia científica en la hidrología amazónica que permitirá disminuir los riesgos e impactos ante peligros naturales en un contexto de cambio climático.

Considerando las actividades económicas y poblaciones que se desarrollan en zonas expuestas, este estudio tiene como objetivo determinar cuáles son los precursores de los repiquetes y sus características, a fin de profundizar sobre la comprensión de estos eventos y los riesgos asociados.

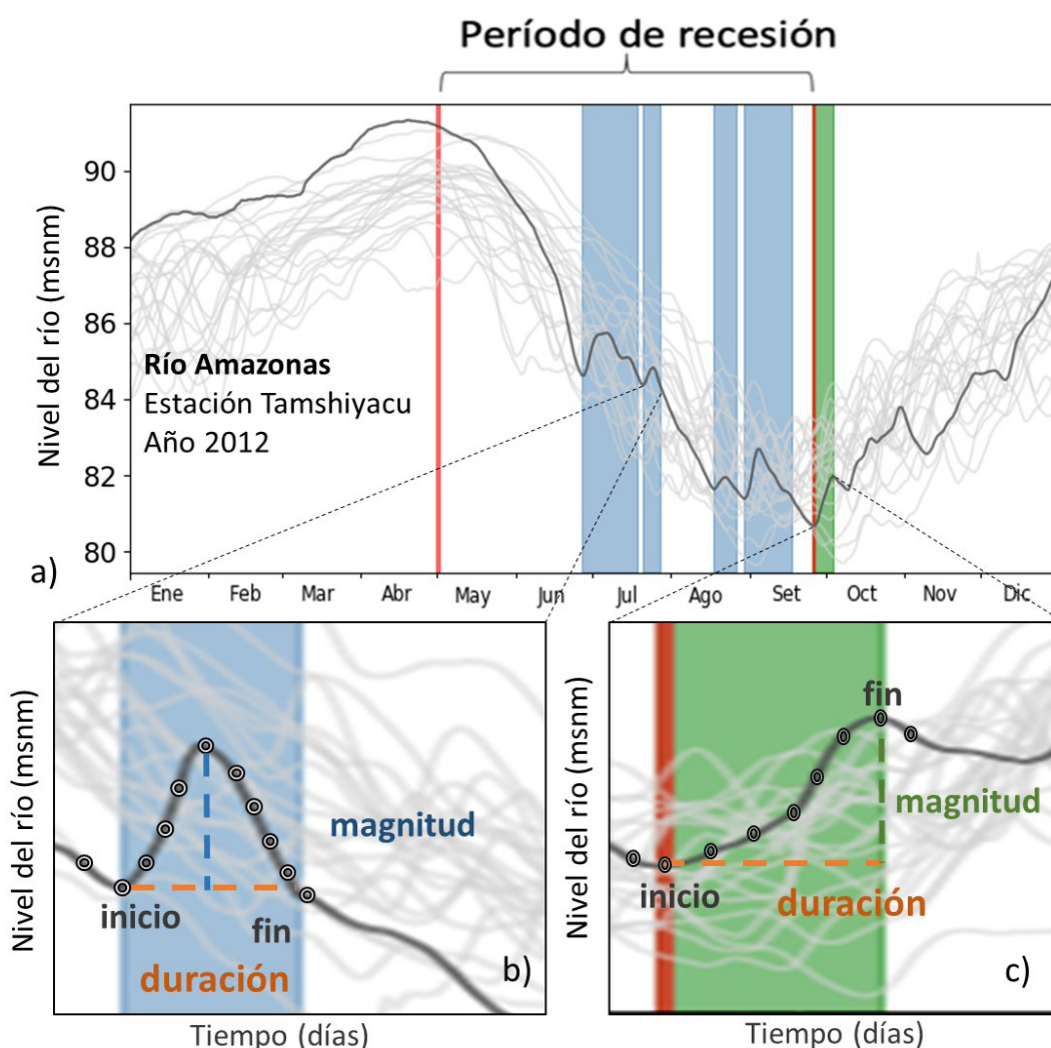


Figura 2. a) Hidrograma del nivel del río de la estación de Tamshiyacu, la cual está localizada en el río Amazonas (Fuente SENAMHI-SO-HYBAM <https://hybam.obs-mip.fr>), en donde se aprecian los repiquetes identificados durante la temporada de recesión para el año 2012 (barras azul). b) Un ejemplo esquemático de las características de los repiquetes (barra azul) y c) último evento del año (barra verde).

METODOLOGÍA

Para la caracterización de los repiquetes en la época de recesión (vaciante) y para el periodo 1996-2018, se identificaron todas las reversiones mayores e iguales a 20 cm en la estación Tamshiyacu (río Amazonas). Este valor es escogido debido a su buena relación con los impactos en la agricultura anteriormente descritos (Coomes, 2016). Además, para recolectar la señal de estos eventos sobre los principales tributarios (ríos Marañón y Ucayali) en estaciones aguas arriba, se seleccionó el umbral de 10 cm.

Estas reversiones inician en un determinado nivel del agua y culminan cuando el nivel vuelve a ser menor o igual al de inicio (ver eventos sombreados en celeste en la Figura 2 a, b). Se considera el último repiquete del período vaciante al incremento después de alcanzar el valor del nivel mínimo promedio anual. Específicamente, cuando este deja de aumentar por lo menos en un día. Posterior a este evento se da el inicio de la creciente de los ríos (ver eventos sombreados en verde en la Figura 2c).

Los repiquetes identificados en las tres estaciones fueron ordenados cronológicamente. Con el fin de agruparlos, se optó por realizar el cálculo del máximo tiempo que transita una onda desde una estación aguas arriba hasta la estación Tamshiyacu mediante dos metodologías: i) la primera involucra mediciones en campo de la velocidad promedio del río usando el Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) para el periodo 2002-2011, teniendo en consideración la distancia entre estaciones. ii) En la segunda, se utilizó el método de correlación cruzada para determinar el retraso de los eventos aguas abajo con respecto a los de aguas arriba. En esta metodología, el retraso fue calculado considerando todo el año hidrológico dentro del periodo de estudio, por lo tanto, el valor calculado (en días) es menor que la primera metodología.

Finalmente, se agruparon los eventos mayores a los umbrales determinados en cada estación con su respectivo tiempo de retraso.

RESULTADOS PRELIMINARES

Utilizando los niveles de los ríos Ucayali, Marañón y Amazonas para el período 1996-2018; en las estaciones hidrológicas localizadas en las ciudades de Requena, San Regis y Tamshiyacu, respectivamente; se determinó:

- Que el precursor de los repiquetes en el río Amazonas es el río Marañón. De los 73 repiquetes observados en el Amazonas (Tamshiyacu) el 64.4 % fueron identificados previamente en el río Marañón en la estación de San Regis (Figura 3). El 35.6 % restante proviene de los propios eventos observados en la estación de Tamshiyacu y la influencia conjunta de los ríos Ucayali y Marañón.
- La mayoría de estos eventos son producidos por abundantes lluvias en el norte de los Andes peruanos y ecuatorianos, en promedio, 5 días antes del inicio del repiquete en el río Amazonas.

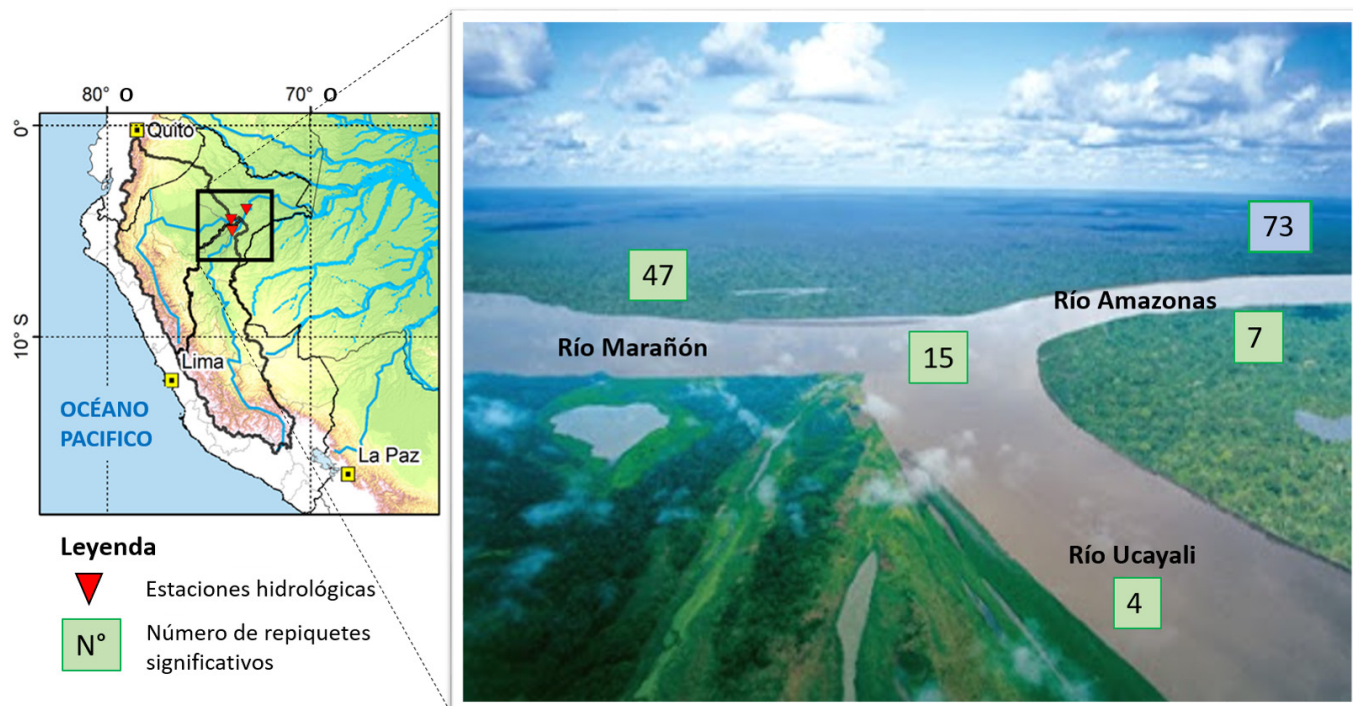


Figura 3. Número de repiquetes en cada una de las estaciones de Requena (4 repiquetes), San Regis (47 repiquetes) y Tamshiyacu (7 repiquetes), las que están localizadas en los ríos Ucayali, Marañón y Amazonas, respectivamente. Además de 15 repiquetes encontrados en las estaciones de Requena y San Regis. Fuente foto: Magalí del Solar (PromPerú)

COMENTARIOS

Gracias a una base de datos de veinte y tres años de información hidrométrica, se ha podido determinar que el río Marañón es el principal precursor de los repiquetes observados en la estación Tamshiyacu (próxima a la ciudad de Iquitos). Este resultado es un avance del estudio que se está realizando dentro del Proyecto de investigación básica N. 412-2019- FONDECYT-BM titulado “Origen, frecuencia y magnitud de los repiquetes, su impacto en la agricultura amazónica y en el transporte de sedimentos, utilizando sensoramiento remoto” donde se incluirán las siguientes actividades adicionales:

- Determinar las características de los repiquetes, el origen (meteorológico) que permita realizar una prevención a través del monitoreo satelital, informando sobre aquellos eventos que sobrepasan los umbrales de inundación.
- Determinar las probabilidades de riesgo de inundación asociadas a los niveles de los campos de cultivos.
- Mapear las zonas con menos riesgo al efecto de repiquetes.
- Implementar esta información para que sea de conocimiento de los pobladores.
- Determinar el tipo de cultivos de corta duración y resistente a estos eventos.

REFERENCIAS

- Armijos, E., Crave, A., Vauchel, P., Fraizy, P., Santini, W., Moquet, J. S., Arevalo, N., Caranza, J., Guyot, J. L. (2013). Suspended sediment dynamics in the Amazon River of Peru. *Journal of South American Earth Sciences*, 44, 75-84.
- Boisier, J. P., Ciais, P., Ducharne, A., Guimberteau, M. (2015). Projected strengthening of Amazonian dry season by constrained climate model simulations. *Nature Climate Change*, 5(7), 656-660.
- Coomes, O. T., Lapointe, M., Templeton, M., List, G. (2016). Amazon River flow regime and flood recessional agriculture: Flood stage reversals and risk of annual crop loss. *Journal of Hydrology*, 539, 214-222.
- Coomes, O. T. (2019). Repiquetes y riesgo en el cultivo de arroz en la llanura inundable del río Amazonas cerca de Iquitos-Perú. *Folia Amazónica*, 28(1), 19-32.
- Espinoza, J. C., Sörensson, A. A., Ronchail, J., Molina-Carpio, J., Segura, H., Gutierrez-Cori, O., Ruscica, R., Condom, T., and Wongchuig-Correa, S. (2019). Regional hydro-climatic changes in the Southern Amazon Basin (Upper Madeira Basin) during the 1982–2017 period. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 26, 100637.
- List, G. (2016). *Agriculture and the risk of crop loss in the Amazon River floodplain of Peru*. Master of Arts in Geography Thesis.
- Marengo, J. A., Chou, S. C., Kay, G., Alves, L. M., Pesquero, J. F., Soares, W. R., Santo, D., Andre, L., Sueiro, G., Betts, R., Chagas, D. J. (2012). Development of regional future climate change scenarios in South America using the Eta CPTEC/HadCM3 climate change projections: climatology and regional analyses for the Amazon, São Francisco and the Paraná River basins. *Climate Dynamics*, 38(9-10), 1829-1848.
- Marengo, J. A., Espinoza, J. C. (2016). Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. *International Journal of Climatology*, 36(3), 1033-1050.
- Nobre, P., Malagutti, M., Urbano, D. F., de Almeida, R. A., Giarolla, E. (2009). Amazon deforestation and climate change in a coupled model simulation. *Journal of Climate*, 22(21), 5686-5697.
- Pinedo-Vásquez, M.; Barletti, J.; Del Castillo, D.; Coffey, K. (2002). Tradition of change: The dynamic relationship between biodiversity and society in sector Muyuy, Peru. *Environmental Science and Policy* 5: 43–53.
- Ríos Arévalo, M (2005). *Agrobiodiversificación de Playas y Barriales y su función en la Economía Familiar de la Amazonía Peruana*. Universidad Nacional do Pará. 148 pag.
- Ríos Arévalo, M., & Camacho Palomino, E. (2016). La agrobiodiversidad en várzea y su función económica en la Amazonía Peruana. *Scientia Agropecuaria*, 7(4), 377-389.
- Ronchail, J., Espinoza, J. C., Drapeau, G., Sabot, M., Cochonneau, G., & Schor, T. (2018). The flood recession period in Western Amazonia and its variability during the 1985–2015 period. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 15, 16-30.

RESUMEN DEL INFORME TÉCNICO DE EL NIÑO

PP N°068/EL NIÑO-IGP/2020-01



Foto: Roger Manay

El presente informe es elaborado por el IGP y sirve como insumo para el informe técnico y Comunicado Oficial de la Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” (ENFEN). Se presentan los principales resultados de los modelos climáticos con el pronóstico de El Niño. En ocasiones puede diferir del comunicado del ENFEN, debido a que el comunicado es un consenso. En caso de discrepancias entre el informe técnico de El Niño emitido por el IGP y el comunicado del ENFEN, prevalecerá el comunicado del ENFEN.

Para el mes de diciembre de 2019 el valor del Índice Costero El Niño (ICEN), basado en los datos de ERSSTv3b (ICENv3), OISSTv2 (ICENOI) y ERSSTv5 (ICENv5), coinciden en indicar la condición climática neutra frente a la costa peruana con valores de -0.58, -0.23 y -0.25, respectivamente. Los valores temporales del ICEN (ICENtmp), de ERSSTv3, ERSSTv5 y OISSTv2 para los meses de enero y febrero de 2020, también coinciden en mostrar condiciones neutras. Con respecto al Pacífico central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) muestran condiciones cálidas débiles para el mes de diciembre (0.56 °C) y, según la información de los valores temporales, se esperarían las mismas condiciones para los meses de enero y febrero.

Con referencia a los datos de altimetría satelital (producto DUACS), la onda Kelvin cálida, formada a fines de noviembre e inicio de diciembre, habría arribado a la costa sudamericana. Asimismo, se observa la presencia de otra onda Kelvin cálida que se habría formado por un pulso de viento del oeste en la tercera semana de enero, actualmente la onda se localiza entre 170 °E y 160 °W.

Según el promedio de los siete modelos numéricos climáticos de NMME, inicializados con información oceánica y atmosférica del mes de febrero de 2020, se mantendrían las condiciones neutras para el periodo que va de marzo a agosto de 2020, tanto para el Pacífico central como oriental. Es importante recordar que, debido a la barrera de predictibilidad, los pronósticos para el otoño en adelante no son muy confiables.

Puede acceder al informe técnico de El Niño 2020-01 en el siguiente link:
<https://repositorio.igp.gob.pe/handle/IGP/4777>

RESUMEN DEL COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 03-2020

CALLAO, 13 DE FEBRERO DE 2020

ESTADO DEL SISTEMA DE ALERTA: **NO ACTIVO**

La Comisión Multisectorial ENFEN mantiene el estado de Alerta No Activo, debido a que actualmente no se observan condiciones para el desarrollo de un evento El Niño frente a la costa en los próximos meses.

En lo que resta de febrero, se espera que persistan las anomalías positivas de la temperatura superficial del mar observada frente a la costa norte; mientras que, para marzo, un incremento de estas anomalías, por el arribo de una onda Kelvin cálida. Esto favorecería la ocurrencia de lluvias por encima de lo normal, en la zona baja y media de los departamentos de Tumbes y Piura principalmente, sin llegar a ser extraordinarias.

Frente a este panorama, se recomienda a las entidades competentes considerar los escenarios de riesgo de corto y mediano plazo para tomar las medidas que correspondan.



COMISIÓN MULTISECTORIAL
ENCARGADA DEL ESTUDIO NACIONAL
DEL FENÓMENO "EL NIÑO" (ENFEN)
DECRETO SUPREMO N° 007-2017-PRODUCE



ESTUDIO NACIONAL DEL
FENÓMENO "EL NIÑO"

¹El Estado del Sistema de Alerta "No Activo" se da en condiciones neutras o cuando la Comisión ENFEN espera que El Niño o La Niña costera están próximos a finalizar.

Puede acceder al Comunicado Oficial del ENFEN N° 03-2020 en el:
<http://enfen.gob.pe/download/comunicado-oficial-enfen-n-03-2020/>
<https://repositorio.igp.gob.pe/handle/IGP/4755>

Redes IGP:

<https://www.gob.pe/igp>

 <https://web.facebook.com/igp.peru>

 https://twitter.com/igp_peru

 https://www.youtube.com/c/IGP_videos