

EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO DE INUNDACIÓN POR “REPIQUETES” EN ÁREAS DE CULTIVOS RIBEREÑOS EN LA CUENCA AMAZÓNICA PERUANA: CASO DE ESTUDIO DE LA CIUDAD DE TAMSHIYACU

Jonathan Valenzuela^{1,2}, Manuel Figueroa^{1,2},
Elisa Armijos^{1,2}, Jhan Carlo Espinoza³, Sly
Wongchuig³ & John J. Ramirez-Avila⁴

¹ Instituto Geofísico del Perú (IGP), Lima, Perú

² Programa de Maestría en Recursos Hídricos, Universidad Nacional Agraria La Molina, UNALM, Lima, Perú.

³ Institut des Géosciences de l'Environnement-IGE (Univ. Grenoble Alpes, IRD, CNRS, G-INP). 38000 Grenoble, France.

⁴ Watersheds and Water Quality Research Lab, Richard A. Rula School of Civil and Environmental Engineering, Mississippi State Univ.



Jonathan Valenzuela es egresado de la maestría en Recursos Hídricos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM, Perú) e ingeniero mecánico de fluidos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM, Perú). Actualmente colabora en proyectos de investigación en el Instituto Geofísico del Perú relacionados a la hidrología en la cuenca Amazónica.

Palabras clave: Repiquetes, cultivos ribereños, cuenca amazónica, inundación

Citar como Valenzuela, J., Figueroa, M., Amijos, E., Espinoza, J.C., Wongchuig, S., & Ramirez-Avila, J. (2023). Evaluación de los niveles de riesgo de inundación por “repiquetes” en áreas de cultivos ribereños en la cuenca Amazónica peruana: caso de estudio de la ciudad de Tamshiyacu. *Boletín científico El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, vol. 10 n.º 10, págs. 4-11.

Resumen

El proyecto “Origen, frecuencia y magnitud de los repiquetes, su impacto en la agricultura amazónica y en el transporte de sedimentos, utilizando sensoramiento remoto”, financiado por PROCENCIA, tuvo como objetivo estudiar las características climatológicas e hidrológicas que producen inundaciones repentinas (conocidos como repiquetes) en las riberas de los ríos amazónicos, las cuales afectan la agricultura ribereña.

En los meses de vaciante (junio-octubre) se aprovechan las tierras fértiles de las playas que se forman en las riberas del río Amazonas, con cultivos de ciclo corto, siendo el arroz el más importante por su consumo interno e ingreso económico. Utilizando datos de fotogrametría de la orilla izquierda del río Amazonas, frente a la ciudad de Tamshiyacu (ubicada a 50 km aguas arriba de la ciudad de Iquitos), junto con datos batimétricos y la serie de datos de niveles durante el periodo 1996-2018 del río Amazonas, se logró determinar zonas

de riesgo de inundación que afectan los cultivos. Los resultados indican que la zona cultivable está entre las cotas 83.00 y 88.00 m s. n. m. Durante el período de estudio se encontró que 42 de los 73 eventos inundaron parcialmente los cultivos, los cuales marcan su inicio de aumento del nivel del agua por flujo de humedad y precipitación sobre el norte de las cuencas de los ríos Marañón y Ucayali. El riesgo de repiquetes por inundación en vaciante es de 1 repiquete cada 3 años para el rango de elevación entre 85.31 y 87.00 m s. n. m., disponiendo del 31 % del área total. En tanto, la frecuencia de ocurrencia de repiquetes es 0 para el área mayor a 87.01 m s. n. m., teniendo un 43 % de la superficie total. Se determinaron repiquetes extremos en los años 2002 y 2008, los cuales inundaron el 43 % y 25 % de sus áreas disponibles al inicio del evento.

El uso de otras variedades de cultivos podría mitigar el riesgo, pero se determinó, con base en encuestas realizadas a los agricultores, que las semillas que utilizan en su mayoría son propias, guardadas de la campaña anterior. Las variedades de "Ecoarroz" y "JAR-I", desarrolladas por el Instituto de Innovación Agraria (INIA), serían las más indicadas de sembrar por debajo de la cota de 85.31 m s. n. m., ello por su corto periodo vegetativo y condición de resistencia a la inundación; en tanto, por encima de ese umbral de cota se podría utilizar la variedad "Capirona", con mayor rendimiento, pero también mayor periodo vegetativo. No obstante, los productores no reciben ni recibieron ninguna capacitación o asistencia técnica en el cultivo de arroz en la zona de estudio.

Al caracterizar los repiquetes y determinar las zonas de riesgo estamos complementando el saber local de los agricultores ribereños y contribuyendo a incrementar su capacidad para reducir el riesgo.

1. Introducción

Durante el descenso de nivel del río en la época de recesión, las riberas, barras laterales e islas de los ríos amazónicos son aprovechadas para el desarrollo de la agricultura ribereña (Coomes et al., 2016; Hiraoka, 1985; Jardim et al., 2020), ya que estas áreas se encuentran enriquecidas con nutrientes que fueron transportados por los ríos desde los Andes (Ronchail et al., 2016; 2018). Este tipo de agricultura

ha experimentado un aumento debido al crecimiento poblacional en estas zonas. Se cultiva principalmente arroz, frijol y yuca (Chibnik, 1994; Coomes et al., 2016; Jakovac et al., 2017).

Sin embargo, estos cultivos se encuentran expuestos, entre otras amenazas, a inundaciones por repiquetes, lo que afecta la economía de las familias ribereñas (List & Coomes, 2017). Los repiquetes son eventos repentinos caracterizados por la inversión en el descenso del nivel del agua (Coomes et al., 2016), siendo importantes para la agricultura de riberas aquellos que se caracterizan por el aumento intempestivo del nivel del río, cuando este se encuentra descendiendo (época de recesión). En la cuenca amazónica peruana, este tipo de eventos se produce principalmente debido a precipitaciones abundantes en el norte de la cuenca del río Marañón, lo que luego se refleja en los niveles de la estación Tamshiyacu (Figueroa et al., 2020). Así también, la ocurrencia de estos eventos en la época de recesión del río Amazonas se ha estimado en promedio en 3.2 eventos por año (Coomes et al., 2016; Figueroa et al., 2020; Ronchail et al., 2018). Sin embargo, no todos estos eventos logran impactar en las áreas de cultivos ribereños, ya que ello depende de las cotas del terreno en donde se realice la agricultura ribereña.

Los eventos de repiquetes no solo inundan las áreas de los cultivos ribereños, sino también pueden remover las semillas y acortar el periodo vegetativo de los cultivos. Este fenómeno afecta principalmente los cultivos de arroz, ya que su siembra, destinada al consumo local, es masiva en riberas, barras laterales e islas. En el departamento de Loreto, su cultivo se extiende por cerca de 24 200 ha (DIA, 2011; INIA, 2005) y por 6000 ha en la provincia de Ucayali (Labarta et al., 2007). Eventos de repiquetes ocurridos en 2012 ocasionaron una disminución del 50 % de la producción potencial media de arroz en Muyuy, localizada cerca de Iquitos (List & Coomes, 2019). Destaca especialmente el evento ocurrido el 28 de junio de 2012, el cual inundó el 59 % y 14% de las barras laterales utilizadas para la agricultura en las comunidades de Dos de Mayo y Augusto Freyre, respectivamente, ambas pertenecientes a Muyuy (List & Coomes, 2017).

Sin embargo, existen aún pocas investigaciones sobre cómo impactan los repiquetes a las áreas de cultivos ribereños, su frecuencia de ocurrencia en las

mismas y las condiciones que propician su formación. Siguiendo un enfoque que incluye trabajos de campo de topografía detallada por fotogrametría, análisis estadístico, simulación hidráulica y evaluación climatológica, esta investigación busca ayudar a cubrir esta brecha de conocimiento.

Los objetivos planteados apuntan a identificar cuáles son los repiquetes que impactan las áreas de cultivos ribereños (repiquetes con magnitud de riesgo de inundación), así como caracterizar el comportamiento climatológico que propicia su formación, evaluar el posible impacto por repiquetes de magnitud extrema y determinar los niveles de riesgo de inundación por repiquetes en función de las cotas del nivel de río. Esto permitirá proponer medidas para la mitigación del riesgo y la adaptación al cambio climático, acciones que ayudarán a los agricultores a reducir las pérdidas por repiquetes de los cultivos ribereños en la cuenca amazónica peruana.

2. Datos y métodos

a) Área de estudio

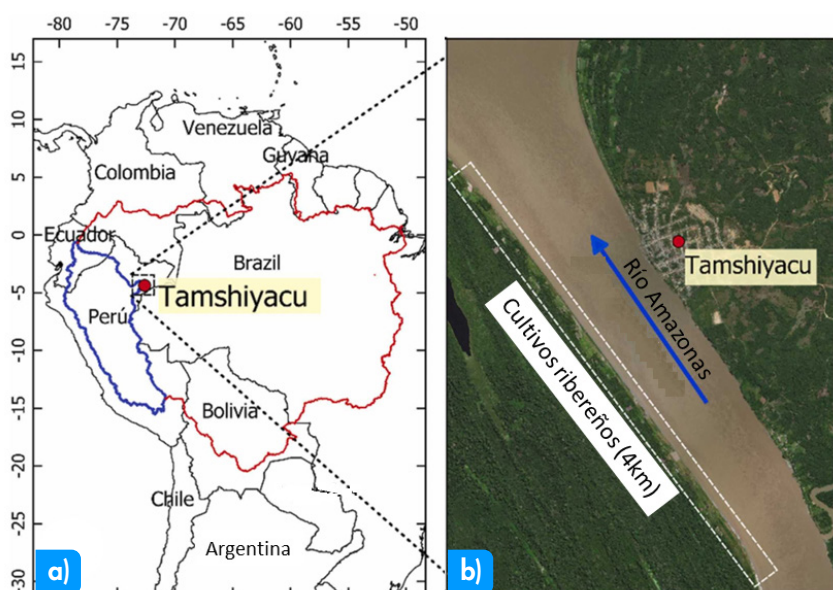


Figura 1. a) Extensión de toda la cuenca amazónica hasta su desembocadura en el océano Atlántico (polígono rojo), la cuenca Amazónica peruana hasta la estación Tamshiyacu (polígono azul) y la ciudad de Tamshiyacu (punto rojo). b) Localización del área de cultivos ribereños de 4 km de longitud en la ribera izquierda del río Amazonas (polígono blanco) y la ciudad de Tamshiyacu ubicada en la ribera derecha. Adaptado de Valenzuela et al. (2023).

El área de estudio abarca la cuenca amazónica peruana hasta la estación Tamshiyacu (localizada en el

río Amazonas, a 80 km aguas abajo de la confluencia de los ríos Marañón y Ucayali). Para la evaluación de los niveles de riesgo y el impacto en las áreas de cultivos, se consideró un área de ribera de 4 km de longitud ubicada al frente de la ciudad de Tamshiyacu, lugar donde se realiza el cultivo de arroz (Figura 1).

b) Datos

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron datos diarios durante el periodo 1996-2018 de (1) niveles de río y caudales de la estación Tamshiyacu registrados por el observatorio SO-Hybam (<https://hybam.obs-mip.fr/>); (2) la precipitación, del producto CHIRPS (<https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0>) de 0.25° de resolución espacial y, (3) los vientos y humedad específica, obtenidos del reanálisis de ERA-Interim (Dee et al., 2011) para la columna atmosférica entre 1000 y 300 hPa con una resolución espacial de 0.25°. Asimismo, se hizo uso de un modelo digital de elevación de 1 m de resolución para 4 km de extensión de río, compuesto por topografía de ribera elaborado mediante fotogrametría, batimetría y digitalización de imágenes satelitales Sentinel 2 de 10 m de resolución espacial desarrollado en el marco del proyecto.

Es preciso indicar que la referencia vertical utilizada para todo el análisis en esta investigación está basada en el Modelo Gravitacional Terrestre 2008 (EGM08, por sus siglas en inglés; Pavlis et al., 2012)

c) Métodos

• Caracterización de los repiquetes

Para caracterizar los repiquetes se identificaron aquellos que impactan las cotas del terreno donde se desarrollan los cultivos ribereños de arroz (repiquetes con magnitud de riesgo). Para ello, se utilizaron los 73 repiquetes con una magnitud mayor o igual a 20 cm reportados por Figueroa et al. (2020), ya que estos podrían representar un riesgo para los cultivos debido a su magnitud. Un repiquete está compuesto por la cota pico, la magnitud y la magnitud de riesgo. La cota pico de un repiquete es la cota más alta del nivel del agua observada durante un evento. La magnitud está definida por la diferencia entre su cota pico y la cota inicial del hidrograma, siendo esta diferencia mayor o igual a 20 cm. La magnitud de riesgo se definió como

la porción de la magnitud, mayor o igual a 20 cm, que llega a desarrollarse entre las cotas del terreno donde se realizan los cultivos ribereños.

Asimismo, se analizó la frecuencia de ocurrencia de los repiquetes con magnitud de riesgo en función de su cota pico. Para esto, se consideraron los percentiles del 70 al 100, lo cual permitió determinar las áreas entre las cotas de cultivo con menor riesgo de inundación por repiquetes.

Se identificaron eventos extremos de repiquetes considerando el promedio de las magnitudes de riesgo más una desviación estándar. Se seleccionaron dos repiquetes extremos como casos de estudio en función de su magnitud. El primer repiquete extremo de caso de estudio es el de mayor magnitud de riesgo, mientras que el segundo representa, en magnitud de riesgo, a los demás repiquetes extremos.

• Evaluación climatológica

Para identificar condiciones atmosféricas relacionadas con la formación de los repiquetes con magnitud de riesgo y eventos extremos de repiquetes, se realizaron *composites* de anomalías de flujo de humedad verticalmente integrado (1000–300 hPa) y de precipitación en cada punto de la cuadrícula restando los primeros armónicos del ciclo anual del período 1981-2010.

• Estimación de áreas de inundación por repiquetes

Para la estimación de las áreas inundadas se utilizó el modelo hidráulico HEC-RAS 1D v6.1 desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de los EE. UU (USACE, por sus siglas en inglés). Cabe señalar que la versión 1D muestra similar rendimiento que la versión 2D para el análisis de estos eventos y tiene un costo computacional menor.

Se simularon los hidrogramas de los casos de estudio de eventos extremos de repiquetes en flujo no estacionario subcrítico, considerando secciones transversales con un espaciamiento de 50 m. Del mismo modo, se realizaron simulaciones en flujo estacionario subcrítico para determinar la ubicación de los percentiles asociados a las cotas pico de los repiquetes con magnitud de riesgo.

3. Resultados y discusiones

Se determinó que, en el área de estudio de 4 km de extensión de ribera frente a la ciudad de Tamshiyacu, la agricultura ribereña se desarrolla entre los 83.00 y 88.00 m s. n. m. De los 73 repiquetes identificados por Figueroa et al. (2020) para el periodo 1996-2018, 42 de ellos, con una magnitud de riesgo mayor o igual a 20 cm, llegan a impactar entre las cotas utilizadas para los cultivos y pueden generar pérdidas. Esto se podría traducir en una frecuencia de ocurrencia de eventos de repiquetes, con magnitud de riesgo, de 1.8 repiquetes por año, los que inundan parcialmente las áreas de cultivos de arroz. Así también, estos repiquetes que ocurren año tras año no presentan tendencia significativa en el número de eventos por año para el periodo de análisis.

Igualmente, se ha identificado que más de la mitad de estos 42 eventos tiene una magnitud de riesgo de inundación entre 0.2 y 0.6 m, mientras que solo hubieron 6 eventos por encima de 1.2 m de magnitud (Tabla 1), siendo estos identificados como repiquetes con magnitud de riesgo extrema: 1998 (1.28 m), 2000 (1.4 m), 2002 (2.34 m), 2008 (1.29 m), 2010 (1.35 m) y 2018 (1.22 m). Los eventos extremos de repiquetes seleccionados como caso de estudio son los de los años 2002 (2.34 m) y 2008 (1.29 m).

Tabla 1. Características de los eventos identificados como repiquetes con magnitud de riesgo extrema.

Fecha de inicio	Fecha de término	Duración (días)	Magnitud de riesgo (m)
24/06/1998	11/07/1998	17	1.28
17/09/2000	12/10/2000	25	1.40
06/07/2002	17/08/2002	42	2.34
17/06/2008	10/07/2008	23	1.29
12/07/2010	29/07/2010	17	1.35
15/07/2018	14/09/2018	61	1.22

La formación de los eventos de repiquetes con magnitud de riesgo (42 eventos) está asociada a la convergencia de humedad al norte de 7° S, entre el sexto y tercer día anterior a su aparición en la estación de Tamshiyacu. Esta convergencia es impulsada por

anomalías de 55 kg/m/s del flujo de humedad desde el este. Del mismo modo, se registraron en las mismas fechas precipitaciones sobre el noroeste de la cuenca del Marañón, lo que coincide con lo mostrado por Figueroa et al. (2020) y Ronchail et al. (2018). Es preciso indicar que esta convergencia de flujo de humedad pudo haber aumentado la temperatura potencial en niveles bajos y, eventualmente, desencadenar la convección (Wright et al., 2017) (Figura 2). En el caso de repiquetes extremos, como los de 2002 y 2008, el flujo de humedad integrado verticalmente desde el este fue superior a 200 kg/m/s , días previos al inicio del repiquete, y la convergencia hacia el oeste de 74° W fue intensa sobre la zona norte de la cuenca. Así también, precipitaciones

sobre el norte de la cuenca del Marañón y el norte de la cuenca del Ucayali se encargaron de originar estos repiquetes, así como sostener su magnitud extrema durante su desarrollo. Este patrón espacial de anomalías de lluvias concuerda muy bien con la propagación del núcleo convectivo de la Oscilación Madden-Julian, particularmente durante las fases 8+1 (Recalde-Coronel et al., 2020).

Del análisis del impacto de los repiquetes extremos se determinaron las áreas inundadas para cada caso de estudio. El repiquete del 6 de julio de 2002 (2.34 m) tuvo una duración de 42 días e inundó el 40 % de las áreas disponibles para cultivos ribereños (estimado en 25 toneladas de arroz). El repiquete del 17 de

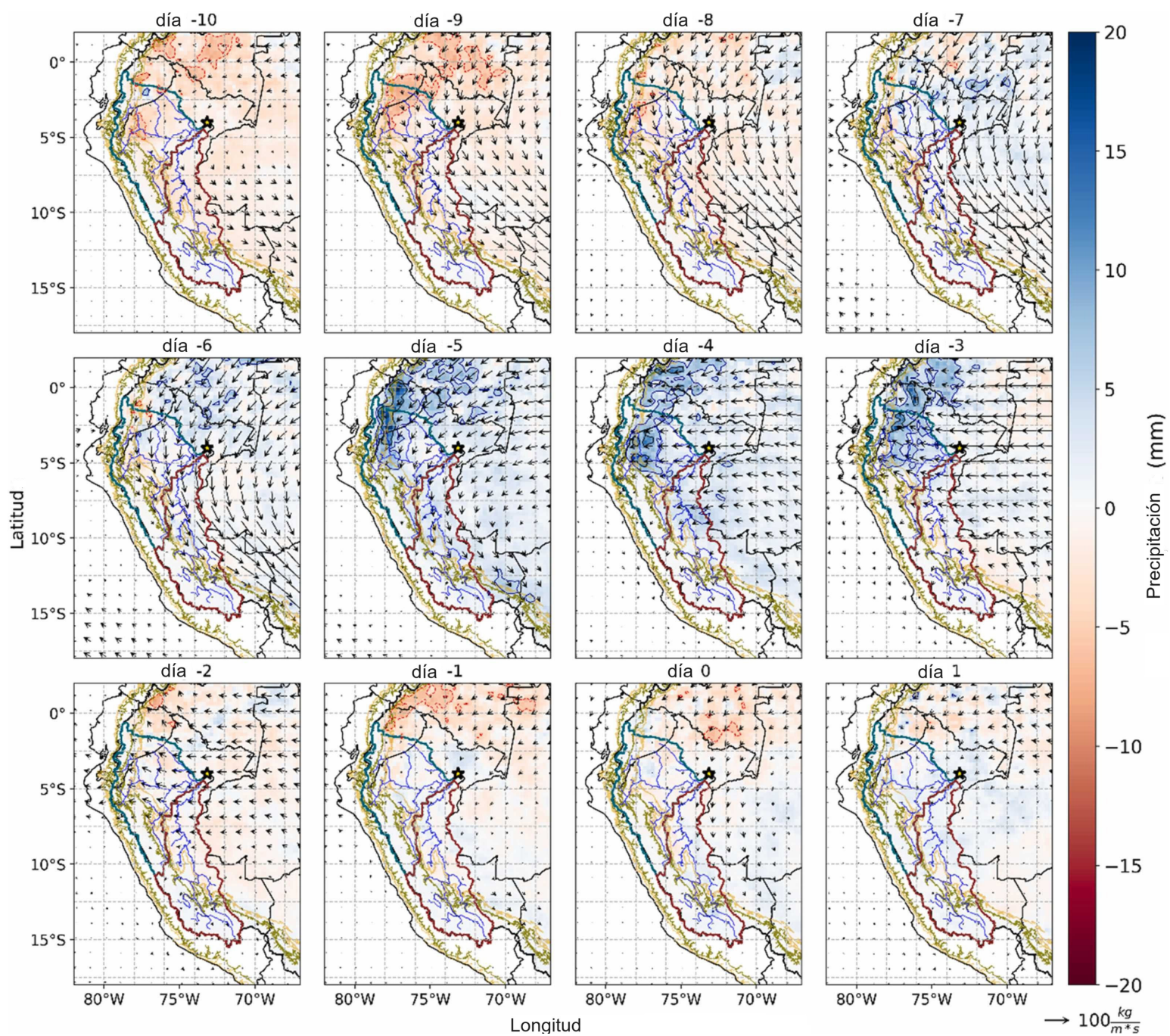


Figura 2. Anomalías de flujo de humedad verticalmente integrado (ERA-Interim, 0.25°) y de precipitación (CHIRPS, 0.25°) para los 42 repiquetes con magnitud de riesgo, desde 10 días antes del inicio del evento (día -10) en la estación Tamshiyacu (estrella amarilla). Las cuencas de los ríos Marañón y Ucayali están delineadas de color cian y rojo, respectivamente. Se muestran las redes de drenaje de color azul, y las elevaciones de 500 y 1500 m s.n.m, en color amarillo y amarillo oscuro, respectivamente. Adaptado de Valenzuela et al. (2023).

junio de 2008 (1.29 m) tuvo una duración de 23 días e inundó cerca del 25 % del área agrícola ribereña (estimado en 16 toneladas de arroz) disponible al inicio del evento (Figura 3). Del mismo modo, estimaciones realizadas en áreas similares (List & Coomes, 2019; 2017) sugieren también pérdidas de cultivos por repiquetes. Sin embargo, las estimaciones de la presente investigación, así como en estudios anteriores, están centradas en áreas de estudio específicas, por lo que si consideráramos toda el área de siembra de arroz afectada en la región la cifra de pérdidas sería más cuantiosa.

Del análisis de los niveles de riesgo en función de

los percentiles de las cotas pico de los repiquetes con magnitud de riesgo, se determinó que la cota del percentil 80 garantiza mayor área de cultivo con bajo riesgo de inundación. Es así que el 80 % de los eventos de repiquetes que afectan los cultivos ribereños ocurren entre 83.00 y 85.30 m s. n. m. (entre el 15 de julio y el 15 de agosto en promedio), con un riesgo de inundación de 1.47 repiquetes por año. Sin embargo, las áreas ubicadas entre 85.31 y 87.00 m s. n. m. tienen un menor riesgo (0.35 repiquetes por año). Finalmente, se encontró que las áreas agrícolas entre 87.01 y 88.00 m s. n. m. no han sido afectadas por eventos de repiquetes y representan el 43 % del área total para cultivos ribereños (Tabla 2).



Figura 3. Áreas inundadas por los eventos extremos de repiquetes de los años 2002 (a) y 2008 (b). Las flechas azules indican el sentido del flujo en el río Amazonas. Adaptado de Valenzuela et al. (2023).

Tabla 2. Frecuencia de ocurrencia de repiquetes en función de los percentiles de la cota pico de 42 repiquetes con magnitud de riesgo. Adaptado de Valenzuela et al. (2023).

Percentil	Cota (m s. n. m.)	Número de repiquetes que superan la cota (n)	Área disponible (%)	Frecuencia de ocurrencia (repiquetes/año)
70	84,83	13	82	0,57
75	85.05	11	79	0,48
80	85.31	8	74	0,35
85	85,91	6	66	0,26
90	86.09	4	63	0,17
95	86,64	2	53	0,09
100	87.01	0	43	0

En cuanto a las posibles medidas de mitigación del riesgo, una opción sería utilizar semillas más adecuadas para las condiciones asociadas a los repiquetes. Sin embargo, mediante encuestas realizadas a los agricultores se ha encontrado que para toda el área de cultivo utilizan variedades de semillas de arroz desarrolladas para regiones de selva alta, lo cual da como resultado un bajo rendimiento y expone los cultivos a inundaciones por repiquetes, ya que el periodo vegetativo de esas semillas es largo. En consecuencia, se sugiere como medida de mitigación contra pérdidas de cultivos el uso sectorizado de variedades de semillas adaptadas a la selva baja, en función del nivel de riesgo de inundación, es decir, utilizar las variedades "Ecoarroz" y "JAR-I" (INIA, 2005, 2007), de corto periodo vegetativo y resistentes a la inundación en áreas debajo de 85.31 m s. n. m., mientras que por encima de esa cota se podría utilizar la variedad "Capirona", de largo periodo vegetativo, pero de mayor rendimiento. Adicionalmente, se han elaborado mapas de peligro que, en combinación con un sistema de identificación de la cota 85.31 m s. n. m. en la estación hidrométrica de Tamshiyacu, brindarán a los agricultores la capacidad de conocer el momento preciso en el cual deberán de cambiar la variedad de semilla de arroz a ser sembrada.

Referencias

Chibnik, M. (1994). *Risky rivers: the economics and politics of floodplain farming in Amazonia*. Tucson: University of Arizona Press.

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. <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2016.05.027>

Dee, D. P., Uppala, S. M., Simmons, A. J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., Andrae, U., Balmaseda, M. A., Balsamo, G., Bauer, P., Bechtold, P., Beljaars, A. C. M., van de Berg, L., Bidlot, J., Bormann, N., Delsol, C., Dragani, R., Fuentes, M., Geer, A. J., ... Vitart, F. (2011). The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 137(656), 553–597. <https://doi.org/10.1002/qj.828>

DIA. (2011). *Arroz*.

Figueroa, M., Armijos, E., Espinoza, J. C., Ronchail, J., & Fraizy, P. (2020). On the relationship between reversal of the river stage (repiquetes), rainfall and low-level wind regimes over the western Amazon basin. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 32, 100752. <https://doi.org/10.1016/J.EJRH.2020.100752>

Hiraoka, M. (1985). Floodplain Farming in the Peruvian Amazon. *Geographical review of Japan, Series B.*, 58(1), 1–23. <https://doi.org/10.4157/grj1984b.58.1>

INIA. (2005). *Arroz INIA 506 - JARI*. http://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/arroz/INIA_506.pdf

INIA. (2007). *Arroz INIA 505 - Ecoarroz*.

Jakovac, C. C., Dutrieux, L. P., Siti, L., Peña-Claros, M., & Bongers, F. (2017). Spatial and temporal dynamics of shifting cultivation in the middle-Amazonas river: Expansion and intensification. *PLOS ONE*, 12(7), e0181092. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181092>

Jardim, C. M., Nardoto, G. B., de Lima, A. C. B., de Jesus Silva, R., Schor, T., de Oliveira, J. A., & Martinelli, L. A. (2020). The influence of seasonal river flooding in food consumption of riverine dwellers in the central Amazon region: an isotopic approach. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 12(9), 205. <https://doi.org/10.1007/s12520-020-01172-5>

Labarta, R., White, D., Leguía, E., Guzmán, W., & Soto, J. (2007). La agricultura en la Amazonia ribereña del río Ucayali: ¿una zona productiva pero poco rentable? *Acta Amazonica*, 37(2), 177–186. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672007000200002>

List, G., & Coomes, O. (2019). Repiquetes y riesgo en el cultivo de arroz en la llanura inundable del río Amazonas cerca de Iquitos, Perú. *Folia Amazonica*, 28(1), 19–32. <https://doi.org/10.24841/FA.V28I1.466>

List, G., & Coomes, O. T. (2017). Natural hazards and risk in rice cultivation along the upper Amazon River. *Natural Hazards* 2017 87:1, 87(1), 165–184. <https://doi.org/10.1007/S11069-017-2758-X>

Pavlis, N. K., Holmes, S. A., Kenyon, S. C., & Factor, J. K. (2012). The development and evaluation of the Earth Gravitational Model 2008 (EGM2008). *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 117(B4). <https://doi.org/10.1029/2011JB008916>

Recalde-Coronel, G. C., Zaitchik, B., & Pan, W. K. (2020). Madden-Julian oscillation influence on sub-seasonal rainfall variability on the west of South America. *Climate Dynamics*, 54(3-4), 2167-2185. <https://doi.org/10.1007/s00382-019-05107-2>

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. <https://doi.org/10.1016/J.EJRH.2017.11.008>

Ronchail, J., Schor, T., Espinoza, J. C., Sabot, M., Pinheiro, H., Filizola, N., Gomez, P., Drapeau, G., Michot, V., Guyot, J. L., Martinez, J. M., & Sultan, B. (2016). *Hydrologie et production agricole dans le nord-ouest de l'Amazonie*. <http://journals.openedition.org/bagf>, 93(93-3), 270-286. <https://doi.org/10.4000/BAGF.1168>

Valenzuela, J., Figueroa, M., Armijos, E., Espinoza, J.-C., Wongchuig, S., & Ramirez-Avila, J. J. (2023). Flooding risk of cropland areas by repiquetes in the western Amazon basin: A case study of Peruvian Tamshiyacu City. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 47, 101428. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2023.101428>

Wright, J. S., Fu, R., Worden, J. R., Chakraborty, S., Clinton, N. E., Risi, C., Sun, Y., & Yin, L. (2017). Rainforest-initiated wet season onset over the southern Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(32), 8481-8486. <https://doi.org/10.1073/pnas.1621516114>