

Policy Brief

Inundaciones fluviales, biodiversidad y seguridad alimentaria en la Amazonía peruana: evidencia para anticipar impactos del cambio climático en la Reserva Nacional Pacaya Samiria

Autores

**Bryan Santillan Tello^{1,2},
Grecia Stefany Valdivia Vergaray³,
Yulissa Rosalyn Estrada Terrel^{1,2}
Christian Edson Frías Pérez⁴.**

¹Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú
²Centro de investigación y Tecnología del Agua, Universidad de Ingeniería y Tecnología, Lima, Perú
³Conservación Amazónica - ACCA, Lima, Perú
⁴Barr Engineering Co., Minneapolis, MN, USA
Correo: bryan.santillant@gmail.com

Resumen

El estudio analiza el proceso de inundación fluvial en la Reserva Nacional Pacaya Samiria (RNPS), generado principalmente por los ríos Marañón, Ucayali, Huallaga y tributarios como los ríos Tigre y Tapiche. Para ello, se implementó un modelo hidrodinámico en HEC-RAS, a partir de datos batimétricos, caudales fluviales y un modelo digital de elevaciones (DEM). Los resultados identificaron zonas críticas de ingreso de agua, destacando el canal de Puinahua durante el periodo de crecidas entre abril y mayo, donde la energía hidráulica y la carga sólida transportada condicionan la deposición de sedimentos finos que sustentan la productividad biológica de la llanura amazónica. La superficie máxima inundada fue de 6,698.92 km², representando el 19% del área total del territorio modelado. Además, se evidenció una relación estrecha entre el régimen de inundación y la diversidad ecológica de la zona, donde la fauna depende de estas dinámicas para sus ciclos de reproducción y alimentación, mientras que la flora para su dispersión y renovación en las planicies aluviales.

Este conocimiento hidrodinámico resulta fundamental para anticipar y proyectar los impactos del cambio climático, que podrían afectar la biodiversidad de la reserva y la actividad pesquera, que constituye la principal fuente de alimento y sustento económico para muchas comunidades locales. Por tanto, comprender esta dinámica no solo permite la evaluación de escenarios futuros bajo condiciones climáticas cambiantes, sino también el diseño de proyectos estratégicos de gestión y resilientes al cambio climático, integrando acciones de conservación, monitoreo y fortalecimiento de medios de vida locales. El estudio busca impulsar análisis y modelos que anticipen inundaciones y apoyen la conservación adaptativa; implementar sistemas de alerta temprana con participación comunitaria; y promover proyectos de adaptación basados en ecosistemas, diversificación productiva y actualización de marcos legales para una gestión territorial resiliente.

1. Descripción del problema

La RNPS, situada en el departamento de Loreto, es el Sitio RAMSAR más extenso de Perú y uno de los ecosistemas amazónicos más representativos de Latinoamérica (Figura 1). Esta área protegida alberga una notable diversidad biológica y sustenta una de las principales actividades pesqueras del país, estrechamente vinculada a los regímenes hidrológicos de sus ríos, cochas, lagunas y llanuras de inundación; además de diversas formas de agricultura de subsistencia que garantizan la seguridad alimentaria de las comunidades locales.

El dinamismo fluvial de la RNPS, definido por los ciclos de inundación, la geomorfología fluvial y las condiciones climáticas, desempeña un papel crucial en la configuración del hábitat amazónico. Los procesos de inundación, junto con la hidrodinámica de los ríos y las estructuras geomorfológicas asociadas, promueven el transporte de sedimentos y nutrientes, cuyas tasas de deposición determinan la formación y rejuvenecimiento de cochas, lagunas y paleocauces donde se concentran las principales especies de peces de importancia económica y alimentaria, como el boquichico (*Prochilodus nigricans*), la gamitana (*Colossoma macropomum*) y la palometa (*Mylossoma duriventre*), cuya reproducción está estrechamente vinculada al pulso anual de crecidas generando un entorno altamente productivo y biodiverso. Esta interacción compleja entre los componentes físicos, ecológicos y sociales refuerza la resiliencia del ecosistema y sostiene los medios de vida de las comunidades locales. No obstante, la RNPS enfrenta crecientes presiones derivadas del cambio climático, manifestadas principalmente en la alteración de sus regímenes de inundación, afectando la reproducción de peces, la disponibilidad de recursos hidrobiológicos y la productividad agrícola de las comunidades ribereñas, que dependen de los suelos fértiles de las llanuras. La pérdida de estos pulsos regulares compromete la estabilidad de los ecosistemas acuáticos, reduce la oferta de alimentos y pone en riesgo la economía familiar y la seguridad alimentaria regional.

Frente a esta problemática, se requiere una comprensión integrada de los procesos hidrológicos e hidrodinámicos que estructuran el paisaje fluvial y determinan la productividad biológica de la reserva. Sin embargo, persiste una limitada incorporación de herramientas de modelamiento hidrodinámico en la planificación ambiental, lo que restringe la capacidad institucional para anticipar, mitigar y gestionar los impactos de eventos hidrológicos extremos. La desconexión entre el conocimiento técnico-científico, las políticas climáticas nacionales y la gestión territorial contribuye a una mayor vulnerabilidad ecológica y social.

Es imperativo fortalecer los mecanismos de monitoreo, análisis y toma de decisiones basadas en evidencia, incorporando la dinámica fluvial en la planificación de actividades productivas sostenibles (pesca y agricultura), con el fin de garantizar la conservación de la RNPS, la seguridad hídrica y alimentaria y la resiliencia de las comunidades amazónicas frente al cambio climático.

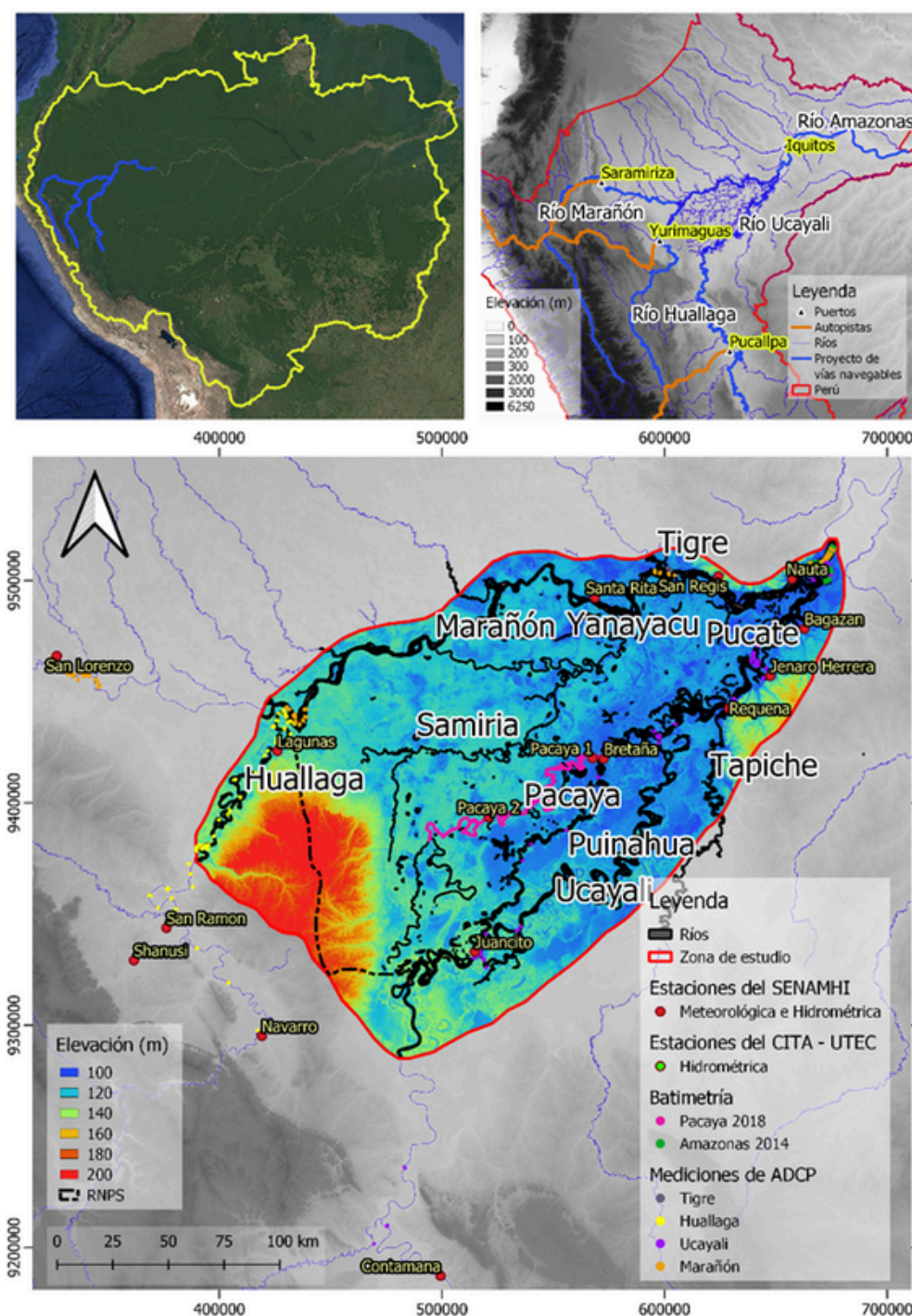


Figura 1. Ubicación y mediciones en la zona de estudio.

2. Hallazgos

El estudio implementó un modelo hidrodinámico bidimensional empleando el software HEC-RAS, calibrado con registros hidrométricos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y validado con imágenes satelitales de la plataforma Landviewer, que permitió simular con precisión el comportamiento de las inundaciones en la RNPS. Se identificaron zonas críticas de ingreso de agua, como el canal de Puinahua, y se estimó una superficie máxima inundada de 6,698.92 km², lo que representa el 19% del área total modelada, destacando un patrón de expansión lateral que refleja la morfodinámica activa del sistema fluvial amazónico y su rol en el transporte de materia orgánica y sedimentos finos hacia las zonas de cocha y várzea (Figura 2)¹. Los resultados del modelamiento ofrecen una herramienta clave para anticipar escenarios hidrológicos futuros y analizar el impacto potencial de alteraciones inducidas por el cambio climático, tales como crecidas extraordinarias o reducciones sostenidas en los caudales. Estas perturbaciones podrían alterar la frecuencia y magnitud de los pulsos de sedimentación, afectando la regeneración de hábitats y la productividad pesquera que sustenta la economía local.

Estudios previos en otros sistemas amazónicos (Latrubesse et al., 2017) han demostrado la utilidad de los modelos hidrodinámicos como soporte técnico para la toma de decisiones en la gestión de ecosistemas fluviales. Sin embargo, en el contexto peruano, persiste una limitada integración de estas herramientas en los planes de manejo ambiental y en las políticas regionales de adaptación al cambio climático. Esta desconexión reduce la capacidad institucional de respuesta ante eventos hidrológicos extremos y compromete la resiliencia del ecosistema y de las poblaciones que habitan la reserva.

¹Duración máxima que permanece inundada a 0.5 m de profundidad en la RNPS.

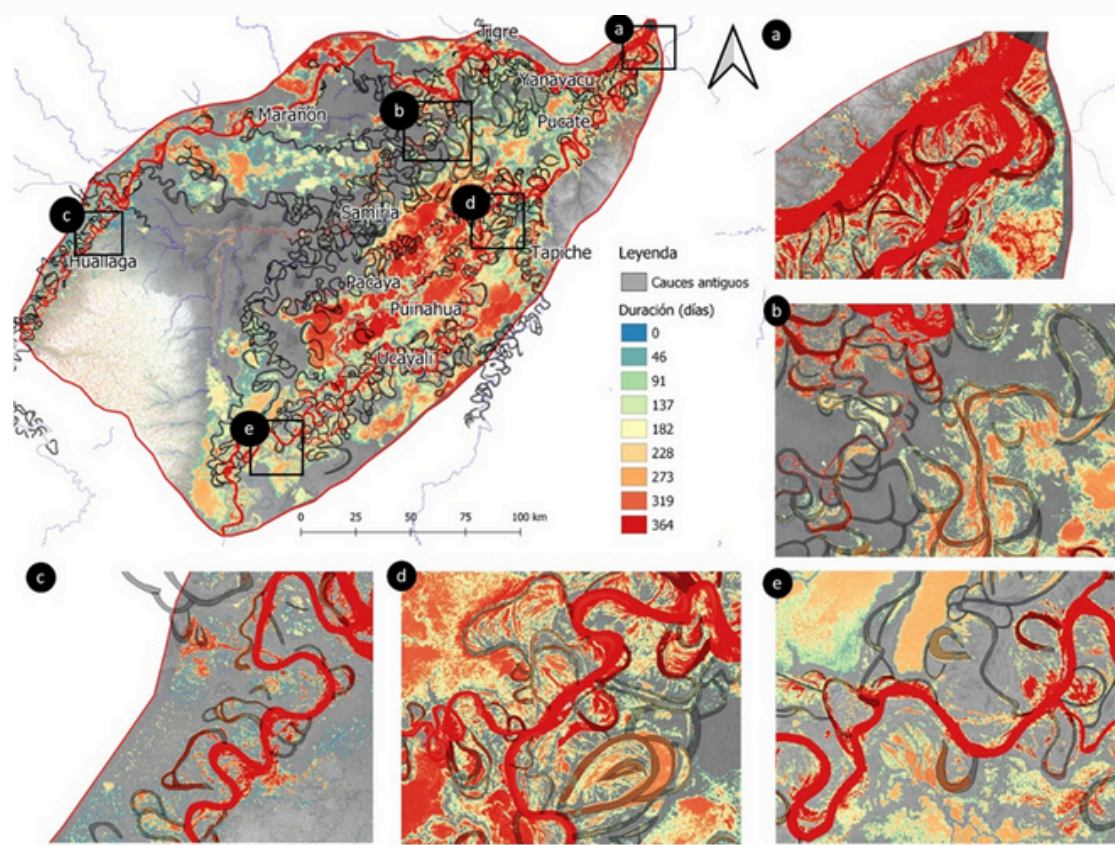


Figura 2. Duración máxima de la inundación (días) de los ríos Huallaga, Ucayali y Marañón en la Reserva Nacional Pacaya Samiria.²

Uno de los hallazgos más importantes durante el proceso de inundación, es que son controladas principalmente por los ríos y no por la lluvia generada en la planicie o llanura de inundación de la reserva. Esto significa que, durante las épocas de crecida, el incremento de los caudales de los ríos Huallaga, Marañón y Ucayali ocasionan la inundación y recarga de diversos cuerpos de agua como cochas, lagunas y canales antiguos (conocidos como Paleocauces) mediante la conectividad lateral, o por el desbordamiento de sus riberas, de las cuales, el canal de Puinahua y río Ucayali generan las mayores áreas de inundación hacia la subcuenca del río Pacaya.

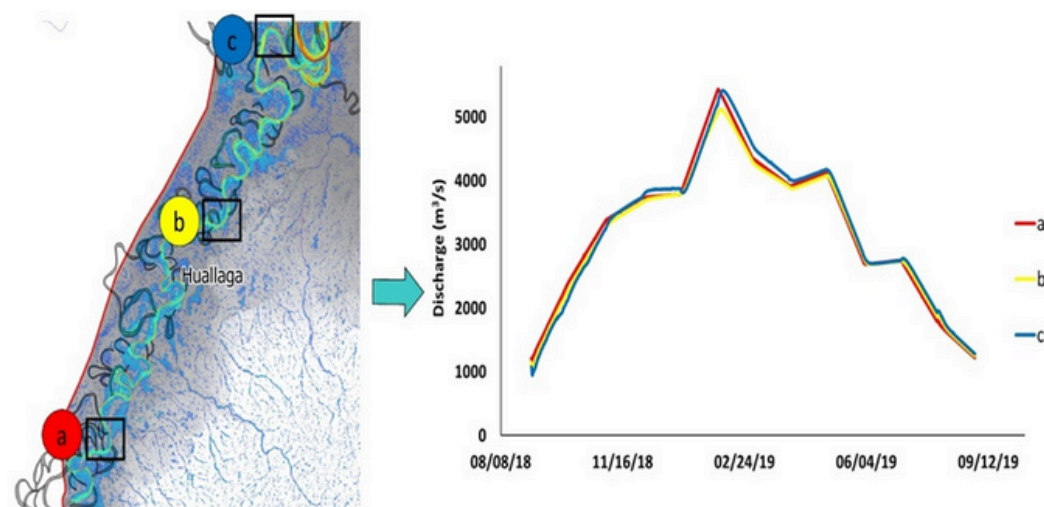


Figura 3. Hidrogramas de caudales en diversos tramos del río Huallaga.

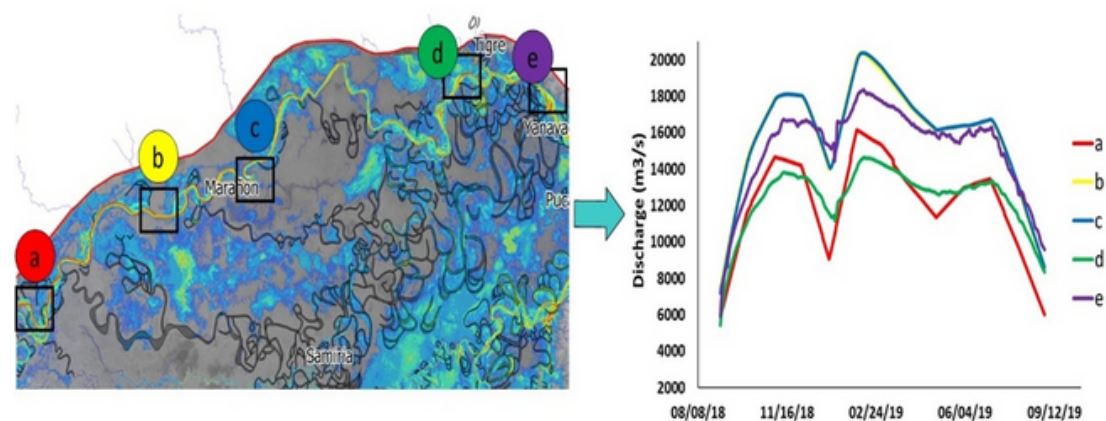


Figura 4. Hidrogramas de caudales en diversos tramos del río Marañón.

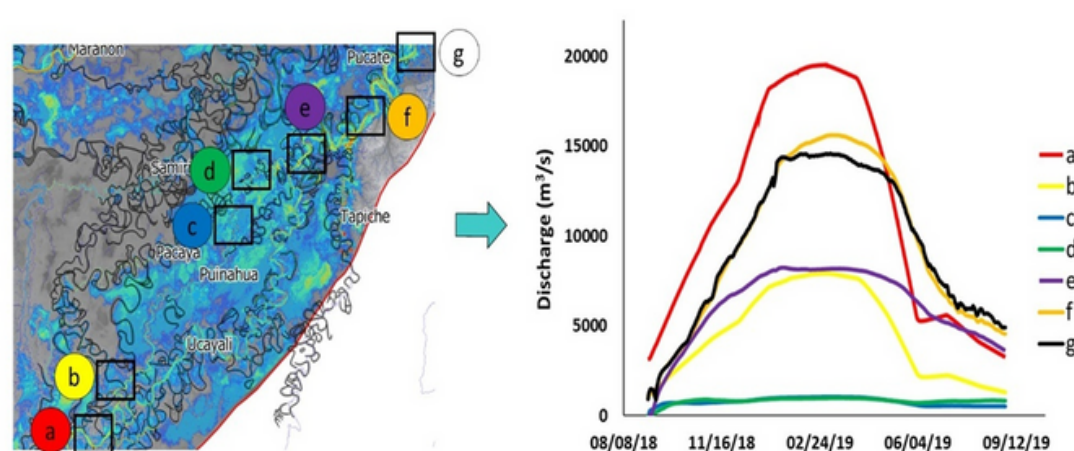


Figura 5. Hidrogramas de caudales en diversos tramos del río Ucayali.

Los resultados muestran que los caudales de los ríos Huallaga, Marañón y Ucayali presentan fuertes variaciones a lo largo de sus tramos, lo que también se traduce en diferencias en el balance de sedimentos suspendidos y de fondo, cruciales para mantener la conectividad morfológica entre cauce principal y planicies aluviales. En el Huallaga, la disminución de caudal alcanza hasta un 8%, lo que evidencia pérdidas de agua en su recorrido. En el Marañón, en cambio, se observan incrementos de hasta 16%, lo que refleja aportes de afluentes y una mayor presión sobre las zonas bajas durante las crecidas. El caso más crítico es el del Ucayali, donde se registran reducciones extremas superiores al 90% en algunos tramos, lo que indica una alta inestabilidad hidrológica y mayor vulnerabilidad de las áreas conectadas a su red fluvial.

Estos patrones confirman que la dinámica de las inundaciones en la Reserva Nacional Pacaya Samiria depende directamente de los grandes ríos, y no tanto de la lluvia local. Por ello, comprender y anticipar estas fluctuaciones es clave para prevenir impactos sobre la pesca, la economía local y la seguridad alimentaria de las comunidades. Comprender este comportamiento es fundamental para anticipar los impactos que podrían generar tanto la construcción de diversas infraestructuras hidráulicas, particularmente aquellas que alteran los gradientes de energía y sedimentación, como diques, puertos o dragados, afectando la conectividad fluvial y los procesos ecológicos asociados.; o como los cambios repentinos de caudales asociados al cambio climático. Por ello, resulta urgente establecer normas y protocolos de seguridad para las zonas más vulnerables, ya que estas variaciones afectarían directamente a la pesca, a la economía local y a la calidad de vida de los centros poblados.

Tabla 1. Variación de caudales en diferentes tramos para los ríos Huallaga, Marañón y Ucayali.

Ríos	Tramos	Caudal	Variación (%)
Huallaga	Qimax	5583.59	--
	a	5428.65	-2.77
	b	5115.86	-8.38
	c	5411.43	-3.08
Marañón	Qimax	17518.97	--
	a	16117.23	-8.00
	b	20390.78	16.39
	c	20386.24	16.37
	d	14636.55	-16.45
	e	18365.23	4.83
Ucayali	Qimax	21624.53	--
	a	19516.71	-9.75
	b	7897.73	-63.48
	c	1030.59	-95.23
	d	968.74	-95.52
	e	8228.12	-61.95
	f	15609.00	-27.82
	g	14577.27	-32.59

² a) Confluencia de los ríos Marañón y Ucayali, b) Cauces antiguos entre los ríos Samiria y Marañón, c) Cauce principal del río Huallaga, d) Confluencia del río Ucayali y el canal de Puinahua, y e) bifurcación entre el río Ucayali y el canal Puinahua.

3. Opciones de acción

→ Promover estudios aplicados sobre la relación entre los ciclos hidrológicos, la hidrodinámica de los ríos, el transporte y deposición de sedimentos, el cambio climático y sus impactos en la economía local y la calidad de vida de los pobladores, con el propósito de fortalecer las políticas de adaptación mediante la incorporación de herramientas de modelamiento hidrodinámico en los instrumentos de planificación de la Reserva Nacional Pacaya Samiria. Esto permitirá anticipar escenarios de inundación bajo condiciones climáticas extremas y diseñar estrategias de conservación adaptativa, fortaleciendo la capacidad de respuesta ante eventos hidrológicos y promoviendo una gestión basada en evidencia, en un esfuerzo articulado entre el SERNANP, la Autoridad Nacional del Agua, centros de investigación y la academia.

→ Desarrollar e implementar un sistema de alerta temprana en el canal de Puinahua y otras áreas críticas de ingreso de agua, combinando el uso de sensores remotos, monitoreo hidrométrico y sedimentológico (turbidez, sólidos suspendidos), junto con vigilancia participativa con las comunidades locales. Esta medida permitirá reducir los riesgos asociados a crecidas y vaciantes inesperadas, además de fortalecer la gestión territorial con un enfoque inclusivo, en coordinación entre el Gobierno Regional de Loreto, el SENAMHI, organizaciones comunales y ONGs locales.

→ Formular proyectos de adaptación basada en ecosistemas que integren la restauración ecológica de planicies de inundación y promuevan la pesca artesanal regulada en armonía con los ciclos hidrológicos, así como prácticas agrícolas sostenibles. Estas acciones fortalecerán los medios de vida locales y aumentarán la resiliencia climática de las comunidades, asegurando la conectividad de los ríos con lagunas, cochas y humedales que sostienen la biodiversidad y la seguridad alimentaria. Esta labor deberá ser liderada por el MINAM y el SERNANP, en estrecha coordinación con las comunidades locales.

→ Incorporar la dinámica real de las inundaciones en la evaluación de proyectos hidráulicos, portuarios y viales, a fin de prevenir impactos negativos sobre la población y el ecosistema. Asimismo, garantizar que la planificación respete la conectividad lateral e hidráulico-sedimentaria de los ríos y proteja los cuerpos de agua que sostienen la biodiversidad y la pesca local. Esta acción deberá ser implementada por la Autoridad Nacional del Agua, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el SERNANP y los Gobiernos Regionales.

→ Revisar y actualizar la normativa nacional para incluir explícitamente la gestión del riesgo hidrológico y los impactos del cambio climático en las áreas naturales protegidas, incluyendo la RNPS. Esta actualización normativa permitirá mejorar la gobernanza ambiental y facilitar la integración de medidas de adaptación en todos los niveles de gestión territorial, liderada por el Congreso de la República, la Presidencia del Consejo de Ministros y el MINAM.

4. Referencias bibliográficas

- Bodmer, F., Tula, P., Antunez, M., & Bodmer, K. C. (2013). *Cambio climático y fauna silvestre en la Amazonía peruana. Impacto de la sequía e inundaciones intensas en la Reserva Nacional Pacaya Samiria*. <https://keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Ecosistemas/30.pdf>
- Junk, W. J., Bayley, P. B., & Sparks, R. E. (1989). The flood pulse concept in river-floodplain systems. In D. P. Dodge (Ed.), *Proceedings of the International Large River Symposium* (pp. 110–127). Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, 106.
- Latrubesse, E. M., & Park, E. (2017). Remote sensing and field control assessed the hydrogeomorphologic complexity of the lower Amazon River floodplain and hydrological connectivity. *Remote Sensing of Environment*, 198, 321–332. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.021>
- US Army Corps of Engineers. (2022). HEC-RAS User's Manual. <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/rasum/atest>
- Santillan, B., Oré, L. E., Valdivia, G., Frías, C., Loarte, W. C., & Bustamante, E. O. (2023). Modelación hidrodinámica e hidrológica de las inundaciones fluviales en la llanura de la Reserva Nacional Pacaya. Samiria, periodo 2018–2019. *Fitovida*, 2(1). <https://doi.org/10.56275/fitovida.v2i1.19>
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP). (2009). Plan Maestro Reserva Nacional Pacaya Samiria 2009–2013. https://old.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/biblioteca/publicaciones/RN_Pacaya/Plan%20Maestro%202009-2014%20RN%20Pacaya%20Samiria%20ver%20pub.pdf
- SERFOR. (2017). Mapa de vulnerabilidad de ecosistemas y hábitats críticos frente al cambio climático de la Amazonía peruana. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. http://www.serfor.gob.pe/programaforestal/wpcontent/uploads/2018/10/1_INFORME-NACIONAL-MAPA-DEVULNERABILIDAD-DE-ECOSITEMAS.pdf
- Wildlife Conservation Society. (2017). El recurso pesquero en la cuenca del Pacaya. D&S Graf Amazonia E.I.R.L. <https://library.wcs.org/doi/ctl/view/mid/33065/pubid/DMX337760000.aspx>