

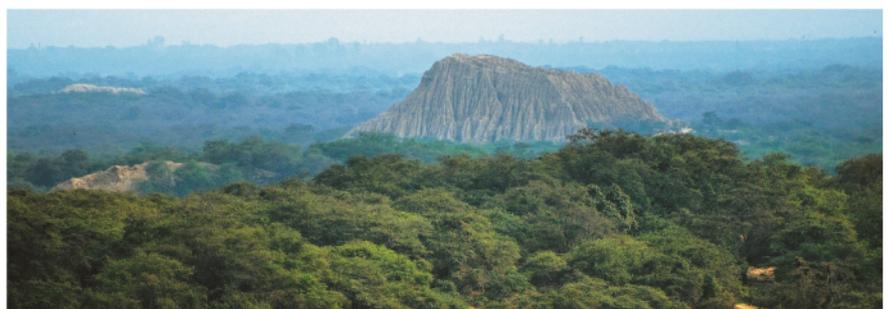
Policy brief

Diálogos académicos:
Aportes de la Academia a Nuestro Desafío Climático (NDC)



LA SANGRE TRANSPORTA NUTRIENTES Y LOS RÍOS SEDIMENTOS, NO LE ESTAMOS PREGUNTANDO AL RÍO SI NOS PUEDE DONAR SUS SEDIMENTOS

-Monitoreo de sedimentos en la cuencas andino-amazónicas como medida de adaptación al cambio climático-



**GRUPO IMPULSOR DE
ACCIÓN CLIMÁTICA
DE LA ACADEMIA**

Con el apoyo de:



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

LA SANGRE TRANSPORTA NUTRIENTES Y LOS RÍOS SEDIMENTOS, NO LE ESTAMOS PREGUNTANDO AL RÍO SI NOS PUEDE DONAR SUS SEDIMENTOS

-Monitoreo de sedimentos en la cuencas andino-amazónicas como medida de adaptación al cambio climático-

Leo Guerrero¹, Domenica Villena¹, Yulissa Estrada¹, David Barreto¹

Universidad De Ingeniería Y Tecnología (UTEC), Jr. Medrano Silva 165, Barranco, Lima, Perú

*Email: lguerrero@utec.edu.pe

¹Centro De Investigacion Y Tecnologia del Agua (CITA)

1. Descripción

Para entender la Amazonía, se necesita conocer esencialmente sus ríos, comprender su comportamiento dinámico e interpretarlos relacionando sus funciones, condiciones y parámetros físicos dentro de un entorno natural muy rico y valorado a nivel mundial. La naciente del río Amazonas discurre de oeste a este desde la Cordillera de los Andes en el Perú, el 76% del territorio peruano está conformado por esta cuenca, que fluye a lo largo de 1 771 km (ONU, 2009).

Los ríos amazónicos son reconocidos como la fuente sedimentaria continental más extensa del planeta (Brack Egg, W, 1994). Por lo tanto, se constituyen en el agente principal que contribuye a la dinámica fluvial e influye estructuralmente en el paisaje amazónico. Reconocer que estos ríos transportan agua y sedimentos refleja sus potencialidades para el ecosistema en los siguientes aspectos:

- **Conservan la conectividad de los ecosistemas.** La constitución de la forma natural de los ríos en cuencas andino-amazónicas, denominados ríos de flujo libre (Hydrolab, 2020), no se deben ver afectados ni alterados drásticamente por actividades antrópicas en su flujo y conectividad.
- **Aportan nutrientes en la llanura amazónica.** Los sedimentos más fértiles se encuentran en la planicie aluvial inundable (Gore Loreto, 2011), que al ser renovados anualmente, permiten moldear el comportamiento reproductivo y de alimentación de los peces (Perú, WCS, 2019).
- **Mantienen el sistema geoclimático andino-amazónico.** Puesto que concentra la variabilidad hidrológica que integra el entendimiento del nivel del agua, el caudal, la concentración de sedimentos, así como otros parámetros físico-químicos de la calidad del agua (IRD, 2018)

De acuerdo a estudios técnicos (Armijos et al., 2013; Santini et al., 2019), el transporte de sedimentos suspendidos en los ríos Ucayali, Huallaga, Marañón y Amazonas. En la Tabla 1 se calculó el transporte de sedimentos suspendidos en los ríos en mención, caracterizando zonas de monitoreo, los cuales son comparados por volquetes/año para conocer la magnitud y la importancia del transporte de sedimentos.

Tabla 1: Comparativo de volumen de transporte de sedimentos en ríos amazónicos.

Ríos Amazónicos	Estación	Caudal promedio anual (m ³ /s)	Transporte de sedimentos suspendidos (Toneladas por año)	Equivalente en carga por volquetes al año
Río Ucayali	Requena	11 415	359x10 ⁶	18 millones
Río Huallaga	Chazuta	5018	71x10 ⁶	3.6 millones
Río Marañón	San Regis	16175	144x10 ⁶	7.2 millones
Río Amazonas	Tamshiyacu + Bellavista	34 699	541x10 ⁶	27 millones

Fuente: (Armijos et al., 2013; Santini et al., 2019)

Las actividades antrópicas (cambio de uso de suelo, deforestación, expansión de prácticas agrícolas y la promoción de proyectos de infraestructura en ríos) pueden alterar el balance hídrico y sedimentológico. Si a ello, le sumamos los eventos climáticos extremos (sequías e inundaciones) en el sistema fluvial andino-amazónico, entonces incidirá drásticamente sobre el balance y la producción sedimentaria en los ríos, causando impactos directos e indirectos sobre el ecosistema. Ante este escenario, una de las soluciones es el monitoreo sistemático del componente de sedimentos para controlar y/o evitar alterar drásticamente el balance y la producción sedimentaria en los ríos, ya que los ríos dinamizan las actividades socio-económicas en la Amazonía peruana.

2. Hallazgos

Como fue expuesto líneas arriba, los sedimentos se constituyen en uno de los principales parámetros que definen el movimiento de los ríos y contribuyen a la sustentabilidad del ecosistema amazónico. En ese sentido, resulta necesario diferenciar el tipo de material sedimentario de los ríos amazónicos (Figura 1), para ello citaremos la clasificación efectuada según el Manual y Reporte de Ingeniería de Sedimentación del ASCE (García, 2008).

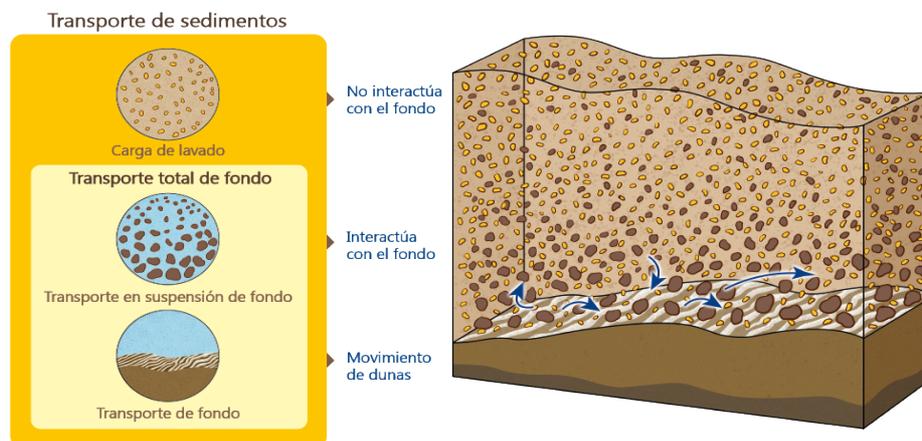
Tabla 2: Clasificación de transporte de sedimentos

Medio físico del río	
Carga de lavado	<p>Está constituida por un sedimento que casi nunca interactúa con el fondo del río, se compone de arcillas y limos (partículas menores a 62 µm). Este sedimento tiene poca inercia y sigue los patrones del fluido (agua) que los transporta.</p> <p>En época de creciente, los ríos aportan en la recarga de sedimentos finos provenientes de la parte alta de una cuenca, transportando los nutrientes y sustratos</p>

Transporte de sedimentos		necesarios para mantener la biodiversidad de la llanura inundable amazónica. Estos sedimentos son agentes dispersores de semillas, lo cual permite asegurar la riqueza vegetal. En ese marco, la carga de lavado juega un rol importante en la conectividad lateral del río y no en la morfología del lecho.
	Transporte en suspensión de fondo	Sedimento suspendido en la columna de agua; sin embargo, interactúa con el fondo. Este material está constituido, principalmente, por arenas (partículas mayores a 62 µm) que son constantemente resuspendidas y luego se depositan a una distancia aguas abajo de la cuenca.
	Transporte de fondo	Movimiento de masa de sedimentos en el fondo del río. En ríos de fondo de arena, se caracteriza por el movimiento de las dunas y rizos. En ríos de montaña es necesario cuantificar la capa de coraza que se forma ya que el transporte empieza cuando esta capa se rompe. El movimiento del fondo del río depende de las condiciones hidrológicas e hidráulicas y se desplazan a diferentes velocidades bajo características geométricas específicas.

De manera gráfica podemos diferenciar la clasificación de sedimentos, conforme se aprecia a continuación:

Figura 1: Transporte de sedimentos en los ríos según su clasificación

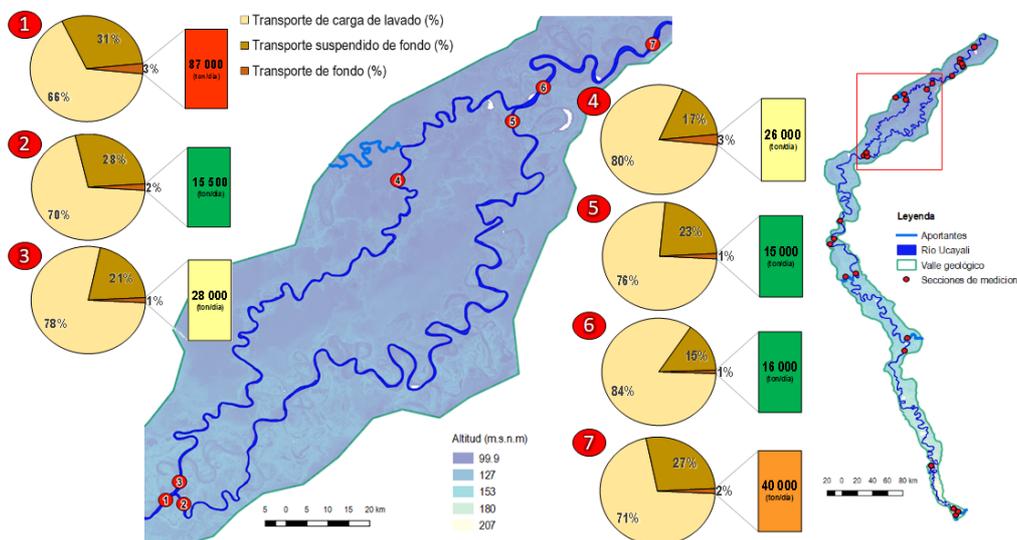


Nota: En la imagen se refleja la distribución de sedimentos en base a la clasificación para ríos de fondo de arena. Los puntos pequeños representan los sedimentos suspendidos o carga de lavado, el transporte de suspensión de fondo se encuentra en la base media del río y en el fondo, y el transporte de fondo se caracteriza por el movimiento de las dunas.

Considerando esta clasificación, entre los años 2017 al 2019, CITA-UTEC desarrolló mediciones en los ríos Huallaga, Marañón y Ucayali. En la Figura 2 se muestra los resultados de mediciones en el **río Ucayali y en el canal Puinahua**, que muestra cómo es la distribución del tipo de transporte de sedimentos. En este caso, se evidencian porcentajes mayores al 70% del material

fino (limos y arcillas) que corresponde a que el transporte de carga de lavado y valores entre 15% al 30% de material grueso (arenas) que sería el transporte suspendido de fondo. Finalmente, el transporte de fondo tiene valores muy pequeños entre 1% a 3%. Este material proviene desde los Andes hasta la llanura amazónica.

Figura 2: Mediciones de transporte de sedimentos en el río Ucayali, Febrero 2019.



Nota: Se destaca que es la primera vez que se presentan los resultados del estudio de transporte de sedimentos diferenciado en el río Ucayali. El trabajo plantea un interés adicional porque se relaciona con el conocimiento de la transferencia de sedimentos hacia la Reserva Nacional Pacaya Samiria.

Considerando las investigaciones en cada uno de los ríos y el aporte de sedimento según su clasificación, resulta necesario su entendimiento para conocer el aporte hacia los ecosistemas amazónicos. Si empezamos por el monitoreo de transporte de sedimentos, los datos obtenidos pueden contribuir en la toma de decisiones estratégicas en proyectos de inversión en los ríos (infraestructura) y adoptar las medidas de adaptabilidad necesarias en el contexto de cambio climático.

Efectos diferenciados del transporte de sedimentos a partir de su clasificación

La clasificación del transporte de sedimentos permite identificar los efectos diferenciados en caso se generen actividades antropogénicas (infraestructura) que pueden alterar drásticamente el balance sedimentario del río. **Ver Tabla 1**

Tabla 3: Clasificación de sedimentos y alteración del transporte de sedimentos por proyectos de infraestructura

Clasificación de sedimentos	Infraestructura	Alteración del transporte de sedimentos y posibles efectos
1 Carga de lavado o sedimento suspendido	Bocatomas (captación de agua para consumo energético)	Las estructuras de captación o bocatomas derivan agua y sedimentos, por lo tanto, generan un desbalance en el transporte de sedimentos que viaja como carga de lavado o suspendido de fondo. <i>Ver Caso 1.</i>

2	Transporte en suspensión de fondo	Centrales hidroeléctricas	Las presas sin ninguna estructura de descarga o limpieza de fondo genera que estos sedimentos se depositen en el embalse, evitando el paso de estos, lo cual, genera después del embalse erosiones del cauce. <i>Ver Caso 2.</i>
3	Transporte de Fondo	Dragado por hidrovía	El dragado sin considerar los cambios de fondo del río y su capacidad de transporte generarán que estas actividades se realicen de manera periódica sin mayor entendimiento del comportamiento del río. <i>Ver Caso 3.</i>

Estos efectos se reflejan en casos prácticos de proyectos de infraestructura que alteran o alterarían la dinámica natural de los ríos amazónicos y el balance sedimentológico de los mismos. Para ello, explicamos dos casos:

Caso 1: Central Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair, Ecuador

En el año 2010, se inició la construcción de la Central Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair, la más grande de Ecuador, que cuenta con una planta con una potencia de 1.500 megavatios y ocupa una superficie total de 3 700 km². Esta estructura de captación se ubicó a 17 km aguas arriba una cascada, llamada San Rafael, cerca de la confluencia de los principales tributarios del río Coca, los ríos Salado y Quijos en la Amazonía ecuatoriana. Los principales componentes de la central consisten en la obra de captación que permite transportar el caudal captado hacia el Embalse Compensador a través de un Túnel de Conducción (Figura 3).

Figura 3. Erosión regresiva del río Coca (Ecuador)



Nota: En este esquema se muestran diferentes vistas de la erosión regresiva de la cascada San Rafael y la ubicación de las estructuras principales de la Central.

Durante el año 2020, el río Coca enfrentó un evento geodinámico importante, el colapso de la cascada San Rafael que trajo consigo sucesivos eventos de erosión regresiva del lecho del río Coca. Este proceso es asumido por el gobierno ecuatoriano y especialistas como un fenómeno de origen natural. Sin embargo, otro sector especializado mantiene como hipótesis que el

colapso de la cascada San Rafael guarda relación con la operación de la central hidroeléctrica por la ubicación de la presa de captación y el desarenador que retira sedimentos para el funcionamiento del proyecto (Paz Cardona, A. MONGABAY, 2020). En cualquiera de los dos supuestos, las consecuencias de este evento está generando la erosión regresiva, modificando el sedimentograma de los ríos y los hábitats de especies endémicas, además de poner en riesgo a poblaciones locales y otras obras de infraestructura dentro del área de influencia, asimismo viene afectando el corte de carreteras y guarda influencia con derrames de hidrocarburos en la zona, lo cual afecta la dinámica social de las comunidades locales.

Caso 2: Central Hidroeléctrica de Chaglla, Perú.

La central hidroeléctrica Chaglla, ubicada en el departamento de Huánuco, cuenta con un sistema operativo que permite aprovechar el recurso hídrico disponible del río Huallaga. Este proyecto está en operación desde el año 2016 y cuenta con estudios técnicos ambientales. Esta central hidroeléctrica mantiene su operación con un nivel de elevación del embalse de 1 196 m.s.n.m., con una potencia de 456 MW.

El caudal de diseño de la Central Hidroeléctrica es $132.79\text{m}^3/\text{s}$; y tiene una presa de 199 m de altura (Walsh Perú S.A., 2011). El diseño de esta presa no considera estructuras de descarga de fondo para el paso de sedimentos, lo cual, genera que estos se acumulen en el embalse, causando la pérdida de almacenamiento, un desequilibrio en la morfología del río, el transporte de sedimentos y la morfología del cauce, los cuales generan cambios aguas arriba y abajo del embalse, además de los impactos sobre la biodiversidad. A nivel de proyecto, la gestión de sedimentos es sumamente importante, puesto que de no advertirse buenas prácticas al respecto, se incrementaría los costos de operación.

Figura 4. Vista de la presa de la CH Chaglla



Nota: Una vista desde aguas abajo, de la presa de la CH Chaglla

Caso 3: Hidrovía Amazónica, Perú.

La Hidrovía Amazónica es un proyecto de infraestructura fluvial que tiene por objetivo mejorar las condiciones de navegabilidad en los ríos Huallaga, Marañón, Ucayali y Amazonas en una extensión aproximada de 2 687 km. Para ello, se dispone identificar zonas de poca profundidad o “*malos pasos*”, que dificultan el tránsito de las embarcaciones en el canal de navegación. Por lo tanto, se ha planteado dragar para remover, succionar, transportar y descargar los sedimentos; y posteriormente ser depositados en otra zona del mismo río. El proyecto plantea dos etapas para esta actividad: i) el dragado de apertura, al inicio de las operaciones y ii) el dragado de mantenimiento, que se llevaría a cabo una vez al año durante los 20 años de concesión.

Los *malos pasos* identificados en los estudios técnicos del proyecto (Estudio de Impacto Ambiental y el Estudio de Ingeniería) demuestran la variabilidad y los cambios en la morfología de los ríos de la hidrovía en el tiempo. Por ello, antes de realizar el dragado, se requiere desarrollar una **línea base** completa que permita entender la dinámica fluvial, de esta forma se pueda evaluar periódicamente los efectos de la hidrovía en el medio físico. Dado que el dragado remueve los sedimentos de fondo y vierte los mismos sobre el cauce, se requiere del monitoreo sistemático del transporte de **sedimentos suspendidos y de fondo**. Por ello es relevante analizar la correlación y el equilibrio del balance hídrico y sedimentario (también llamado caudal líquido y sólido) de los ríos para prever futuros comportamientos y mitigar los impactos (CITA-UTEC, 2019).

3. Opciones de acción

3.1 Metodología para el monitoreo diferenciado de los sedimentos en ríos amazónicos

Comprender la dinámica de los ríos amazónicos es un gran reto. Considerando que cada río cuenta una historia diferente, y muchas veces tienen condiciones únicas, la estandarización será la única manera de optimizar y contextualizar procedimientos. Por ello, es necesario definir una metodología específica para los grandes ríos de la cuenca amazónica compatible con la amplitud y particularidades de esta zona.

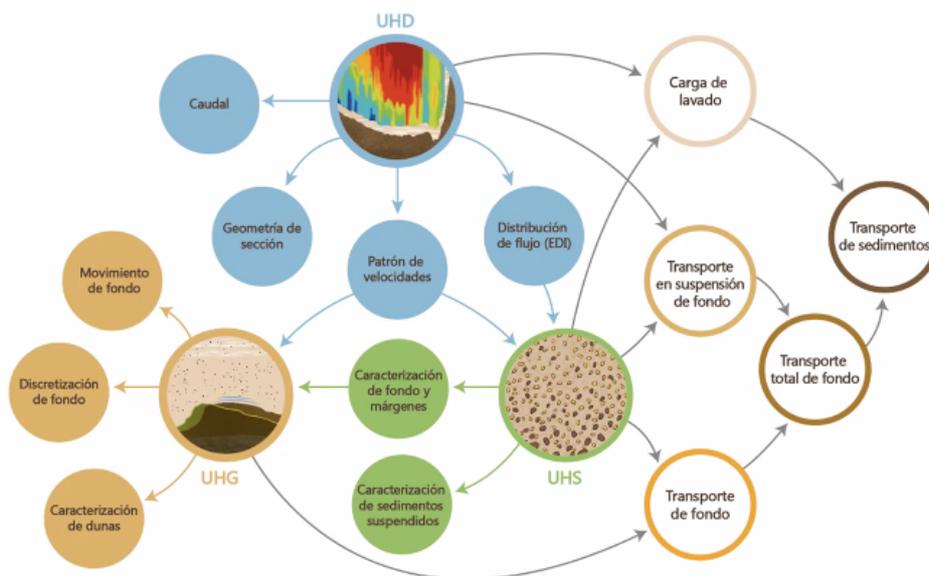
Con la finalidad de tener un mejor orden sobre la metodología, la cual involucra el uso de una serie de equipos y procesos, el trabajo se ha dividido en tres unidades de medición complementarias y está basada en experiencias de otros ríos de similares condiciones fluviales (Jr, 2010; Latosinski et al., 2014; Mueller et al., 2013; Mueller & Wagner, 2007; Oberg & Mueller, 2007; Parsons et al., 2013).

- **Unidad Hidrodinámica (UHD):** su principal objetivo es conocer los patrones de velocidades y el caudal líquido del río o cuerpo de agua. Esta unidad permite conocer el comportamiento de las velocidades tridimensionales (principales y secundarios) que se desarrollan en las estructuras geomorfológicas.
- **Unidad Hidrosedimentológica (UHS):** permite conocer la concentración y granulometría de los sedimentos suspendidos y de fondo en el río. Esta unidad es una de las más complejas, ya que presenta tres etapas: la de campo, la de laboratorio en campo y finalmente, la de laboratorio.

- **Unidad Hidrogeomorfológica (UHG):** se enfoca en la caracterización del fondo del río, empezando por la representación del cauce, transporte de fondo y finalmente, la estadística de las dunas.

La aplicación de estas unidades de medición permite obtener parámetros físicos de análisis como velocidades del agua, profundidades, distribución y concentración de sedimentos, altura de duna, entre otros, que en conjunto tienen como resultado final determinar la velocidad y la cantidad de transporte de agua y sedimentos a diferentes profundidades (Figura 4). Estos parámetros representan un escaneo instantáneo del río (como una fotografía), Estas mediciones representarán el comportamiento del río, el cual al replicarlo de forma permanente/periódica permitirá desarrollar un monitoreo adecuado para comprender la dinámica y comportamiento del río a escala local, espacial y temporal, lo cual ayuda a comprender la naturaleza física del río durante todo su ciclo hidrológico. Asimismo, todos estos datos en su conjunto sirven para desarrollar modelos tanto numéricos como físicos, que permiten predecir impactos en el ecosistema.

Figura 5: Unidades de medición para entender los procesos físicos del río con enfoque en sedimentos



Nota: A partir de cada unidad se conoce los componentes físicos del río. Los resultados de cada unidad permiten calcular el transporte de sedimentos. De esta manera, se visualiza como se relacionan las unidades.

3.2 Incidencia a nivel de políticas públicas e infraestructura en ríos amazónicos

Para la gestión de los ríos amazónicos y la propuesta de inversiones en infraestructura, se plantea como eje central el *monitoreo del transporte de sedimentos en los ríos amazónicos*. Propuesta que tiene por objetivo conocer los cambios en la dinámica física de los ríos, el aporte de nutrientes de los sedimentos para los ecosistemas amazónicos y la variación de carga de sedimentos según la variabilidad climática. Ello, permitirá entender su correlación con las actividades antrópicas, que entran en conflicto espacial, puesto que podrían traer graves consecuencias a nivel de sostenibilidad de ecosistemas y medios de vida en la Amazonía.

Esta propuesta se plantea como una nueva medida de adaptación al cambio climático, propiciando tres aspectos sustanciales:

- Promover la adopción de medidas preventivas con el conocimiento del transporte de sedimentos en los ríos amazónicos a través del monitoreo
- Fomentar el diseño, desarrollo, construcción y despliegue de infraestructura e instalaciones más apropiadas, en términos de resistencia y versatilidad, a fin de adaptarlas mejor a los efectos actuales y proyectados del cambio climático.
- Impulsar la generación de una plataforma para el monitoreo de sedimentos para difundir información sobre la dinámica física de los ríos amazónicos.

Como parte de las iniciativas o componentes de adaptación dentro de las contribuciones determinadas a nivel nacional es necesario plantear y formular nuevas medidas que contribuyan con la respuesta mundial al cambio climático. El Estado peruano tiene el compromiso de contribuir a la meta global de adaptación mediante la reducción de los daños, las posibles alteraciones y las consecuentes pérdidas actuales y futuras, generadas por los peligros asociados al cambio climático sobre las poblaciones y sus medios de vida; sobre las cuencas, los ecosistemas y los territorios; y **sobre la infraestructura**, los bienes y los servicios del país.

Para el diseño de infraestructura, desde la etapa de planificación hasta la implementación, se debe tomar en cuenta el monitoreo de transporte de sedimentos considerando los usos y actividades que se impulsen en la Amazonía. La definición de los proyectos de infraestructura con intervención en ríos deben responder al análisis de costo/beneficio y los riesgos asociados, considerando criterios ambientales y las repercusiones ante la posible alteración de la dinámica física de los ríos, que incluyan el componente de cambio climático y el desarrollo de infraestructura sostenible. A continuación, Tabla 2, identificamos las medidas de adaptación con las cuales se relaciona esta propuesta:

Tabla 4: Identificación de medidas identificadas en el Catálogo de Medidas de Adaptación al Cambio Climático

MAC AGUA	DENOMINACIÓN
AGU 9	Aprovechamiento eficiente de la energía hidroeléctrica en cuencas vulnerables al cambio climático
AGU 10	Implementación de un servicio de soporte para la evaluación de la afectación del recurso hidroenergético debido a los efectos del cambio climático con fines de planificación
AGU 29	Implementación de una Red Hidrométrica de captación y distribución de agua en infraestructuras hidráulicas
AGU 30	Implementación de servicios de información para la planificación y la gestión multisectorial de los recursos hídricos
MAC AGRICULTURA	DENOMINACIÓN
AGRI 4	Implementación de tecnologías de manejo y control de erosión de suelos

	en zonas vulnerables a peligros asociados al cambio climático.
--	--

Propuesta de gestión institucional

La medida de adaptación planteada estaría liderada por el Senamhi, para lo cual deberá contar con el respaldo e involucramiento de aquellos sectores responsables en la planificación, gestión, fiscalización ambiental, así como de las entidades competentes en la gestión de los ríos en la Amazonía peruana.

La Dirección de Hidrología del Senamhi realiza el monitoreo y la predicción hidrológica en las diferentes escalas de tiempo y desarrollan estudios e investigaciones del impacto del clima en los recursos hídricos. En particular monitorean las sequías y los impactos del cambio climático en recursos hídricos a través de la actualización de la información climática sobre tendencias históricas, eventos extremos y proyecciones de escenarios climáticos nacionales que sirven de insumos para los estudios integrados de impacto, vulnerabilidad, riesgo y adaptación al cambio climático en el país. Estos pronósticos permiten predecir las condiciones hidrológicas en el futuro, lo cual se vincula con los cambios hidrogeomorfológicos de los ríos, especialmente de aquellos que recorren la Amazonía.

Conexión con políticas sectoriales vinculadas al sector energía y transportes:

Esta propuesta contribuye con las medidas técnicas establecidas en el **sector transportes** (Decreto Supremo N.º 004-2017-MTC) que señala la necesidad de medidas de protección de los recursos hídricos para el control de escorrentía de lluvia, sedimentos y erosión dentro del instrumento de gestión ambiental, asimismo, implementar medidas de control para los sedimentos producto de actividades de dragado que se depositen en fondos de canales, ríos o lagos. En el **sector energía** (Decreto Supremo N.º 014-2019-EM) indica la purga de sedimentos asociada al agua utilizada para la actividad de generación hidroeléctrica, en función de la capacidad de dilución y transporte del cuerpo receptor.

Por su parte, **en el marco del SEIA**, los Lineamientos para la incorporación de la adaptación al cambio climático dentro del Estudio de Impacto Ambiental detallado a cargo de Senace, identifican la vulnerabilidad de sectores económicos frente al cambio climático, en ese marco establece necesario revisar la posible afectación por el incremento de sedimentos en la infraestructura hidroeléctrica, asimismo, en el sector agricultura se señala la necesidad del aumento de la variabilidad climática (sequías, otros).

Enfoques transversales de gestión que se relacionan con esta nueva medida de adaptación:

Gestión basada en cuencas hidrográficas, permitiría proteger y gestionar de manera sostenible el ciclo hidrológico y los sistemas hídricos existentes en los ríos amazónicos, a través de una gestión y ordenamiento del territorio con enfoque de cuencas, que prevea su vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático.

Gestión basada en la planificación territorial, la medida contribuye en la planificación territorial a escala regional y local; considerando el diseño y adaptación de infraestructura según su nivel de exposición y vulnerabilidad ante eventos climáticos extremos, promoviendo procesos constructivos sostenibles, desarrollo de capacidades técnicas y profesionales e innovación tecnológica.

Gestión de riesgos climáticos. El monitoreo de transporte de sedimentos junto con el enfoque de riesgos climáticos en la formulación de proyectos de inversión, conjuntamente con la variable de riesgos de desastres, resiliencia y vulnerabilidad al cambio climático, permitiría contar con una gestión preventiva y planificada ante los impactos y riesgos.

4. Agradecimientos

La investigación reflejada en este documento, forma parte del proyecto denominado “Evaluación científica de la forma y el flujo de los ríos: información de referencia para los lineamientos de infraestructura en la Amazonía peruana”, financiado por la Fundación Gordon & Betty Moore. Tiene como objetivo apoyar a las instituciones gubernamentales en cubrir vacíos de información científica sobre la dinámica de los ríos amazónicos, fomentar la divulgación del conocimiento, y fortalecer las capacidades técnicas y las iniciativas de investigación.

5. Referencias bibliográficas

Armijos, E., Crave, A., Vauchel, P., Fraizy, P., Santini, W., Moquet, J.-S., Arevalo, N., Carranza, J.,

& Guyot, J.-L. (2013). Suspended sediment dynamics in the Amazon River of Peru.

Journal of South American Earth Sciences, 44, 75-84.

<https://doi.org/10.1016/j.jsames.2012.09.002>

Brack Egg, W. (1994). *Experiencias agroforestales exitosas en la Cuenca Amazónica*.

García, M. (2008). *Sedimentation Engineering*. American Society of Civil Engineers.

<https://doi.org/10.1061/9780784408148>

Gobierno Regional de Loreto. (2011). *Evaluación Ambiental Estratégica al Plan de Desarrollo*

Regional Concertado (PDRC) del departamento de Loreto al 2021.

González Molina, S., Vacher, J. J., & Grégoire, A. (2018). *El Perú frente al cambio climático:*

Resultados de investigaciones franco-peruanas.

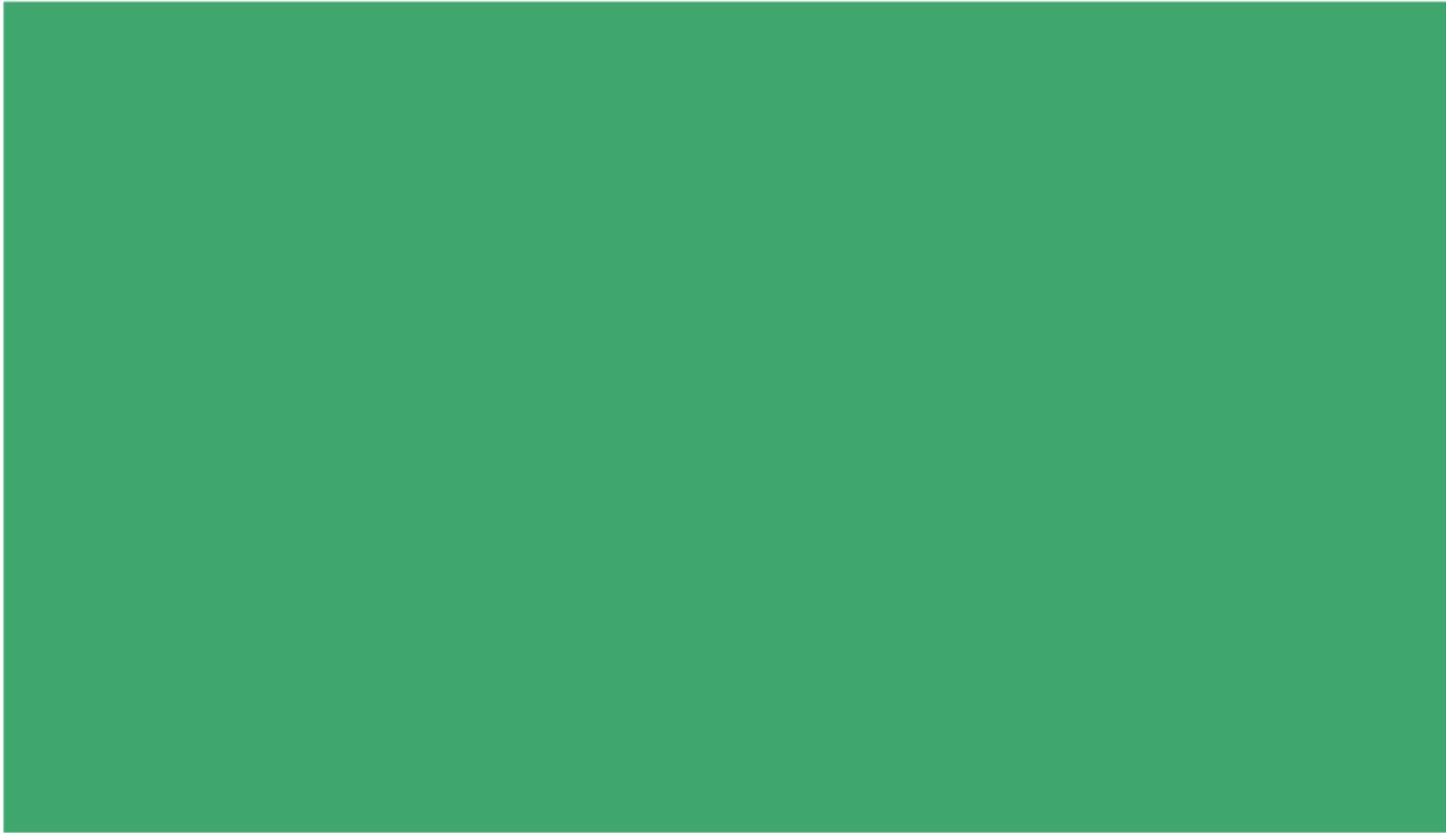
Jr, R. R. H. (2010). *Measurement of bedload transport in sand-bed rivers: A look at two indirect sampling methods*. 236-252.

Latosinski, F. G., Szupiany, R. N., García, C. M., Guerrero, M., & Amsler, M. L. (2014). Estimation of Concentration and Load of Suspended Bed Sediment in a Large River by Means of Acoustic Doppler Technology. *Journal of Hydraulic Engineering*, 140(7), 04014023.

[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0000859](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000859)

Mueller, D. S., & Wagner, C. R. (2007). Correcting Acoustic Doppler Current Profiler Discharge

- Measurements Biased by Sediment Transport. *Journal of Hydraulic Engineering*, 133(12), 1329-1336. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(2007\)133:12\(1329\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(2007)133:12(1329))
- Mueller, D. S., Wagner, C. R., Rehmel, M. S., Oberg, K. A., & Rainville, F. (2013). Measuring discharge with acoustic Doppler current profilers from a moving boat. En *Measuring discharge with acoustic Doppler current profilers from a moving boat* (USGS Numbered Series N.º 3-A22; Techniques and Methods, Vols. 3-A22, p. 116). U.S. Geological Survey. <https://doi.org/10.3133/tm3A22>
- Oberg, K., & Mueller, D. S. (2007). Validation of Streamflow Measurements Made with Acoustic Doppler Current Profilers. *Journal of Hydraulic Engineering*, 133(12), 1421-1432. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(2007\)133:12\(1421\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(2007)133:12(1421))
- Parsons, D. R., Jackson, P. R., Czuba, J. A., Engel, F. L., Rhoads, B. L., Oberg, K. A., Best, J. L., Mueller, D. S., Johnson, K. K., & Riley, J. D. (2013). Velocity Mapping Toolbox (VMT): A processing and visualization suite for moving-vessel ADCP measurements. *Earth Surface Processes and Landforms*, 38(11), 1244-1260. <https://doi.org/10.1002/esp.3367>
- Paz Cardona, A. MONGABAY. (2020). *San Rafael: ¿Cómo la cascada más alta de Ecuador desapareció repentinamente el 2 de febrero?* <https://es.mongabay.com/2020/02/cascada-san-rafael-desaparecio-en-ecuador/>
- Perú, WCS. (2019). *La Hidrovía Amazónica y sus impactos en la pesca*.
- Santini, W., Camenen, B., Le Coz, J., Vauchel, P., Guyot, J.-L., Lavado, W., Carranza, J., Paredes, M. A., Pérez Arévalo, J. J., Arévalo, N., Espinoza Villar, R., Julien, F., & Martinez, J.-M. (2019). An index concentration method for suspended load monitoring in large rivers of the Amazonian foreland. *Earth Surface Dynamics*, 7(2), 515-536. <https://doi.org/10.5194/esurf-7-515-2019>
- Wlash Perú S.A. (2011). *Resumen ejecutivo de la modificación del estudio de impacto ambiental de la central hidroeléctrica Chaglla*.



**Diálogos académicos:
Aportes de la Academia a Nuestro Desafío Climático (NDC)**



**GRUPO IMPULSOR DE
ACCIÓN CLIMÁTICA
DE LA ACADEMIA**

Con el apoyo de:



PERÚ

Ministerio
del Ambiente