

Análisis de la migración del río Ucayali y su influencia en los territorios de las comunidades del distrito Jenaro Herrera, Loreto, Perú

Analysis of the Migration of the Ucayali River and its Influence on the Territories of the Communities of the Jenaro Herrera District, Loreto, Peru

 Corina Isabel Caldas-Carrillo ^a

 Juan José Palacios-Vega ^a

 Roger Escobedo Torres ^a

 Ander Dávila Díaz ^a

 Dennis Del Castillo Torres ^a

^a Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP)

Cómo citar: Caldas Carrillo, C. I., Palacios-Vega, J. J., Escobedo Torres, R., Dávila Díaz, A., & del Castillo Torres, D. Análisis de la migración del río Ucayali y su influencia en los territorios de las comunidades del distrito Jenaro Herrera, Loreto, Perú. *Revista Kawsaypacha: Sociedad Y Medio Ambiente*, (16), D-015. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202502.D015>



Resumen: En el sector Supay-Sahua, del distrito Jenaro Herrera, la migración lateral del río Ucayali ha ido erosionando la ribera de la laguna Supay y durante la crecida de 2022 afectó bosques ribereños y cultivos. Por ello, esta investigación analiza la dinámica fluvial y migración anual de las curvas de meandros del río Ucayali, con imágenes de satélite del periodo 1985-2021, y plantea un escenario futuro, mediante análisis de regresión temporal con análisis geomorfológico fluvial, de los potenciales procesos fluviales. Los resultados indican que la migración lateral del río Ucayali se está incrementando en los meandros que rodean las lagunas Supay y Sahua. La curva de meandro Supay, con una migración de 36.4 m/a, podría erosionar, a mediano plazo, la ribera de la laguna Supay, afectando 137 ha de bosques ribereños y cultivos en las comunidades Once de Agosto y

Nuevo Pumacahua. Asimismo, la curva de meandro Lobillo, con una migración progresiva de 86.5 m/a, se dirige hacia la laguna Sahuá, y en un plazo estimado de 21 años podría modificar la llanura aluvial con potenciales pérdidas de 1013 ha de bosques ribereños y cultivos, forzando el reasentamiento de la comunidad Once de Agosto. Los cambios en el paisaje afectarían el transporte local.

Palabras clave: Migración lateral. Curva de meandro. Erosión. Bosques ribereños. Laguna Supay, Perú.

Abstract: In the Supay-Sahuá sector of the Jenaro Herrera District, the lateral migration of the Ucayali River has been eroding the banks of the Supay lagoon and during the 2022 flood it affected riparian forests and crops. Therefore, this research analyzes the fluvial dynamics and annual migration of the meander curves of the Ucayali River with satellite images from the period 1985-2021 and proposes a future scenario through temporal regression analysis and with fluvial geomorphological analysis. potential fluvial processes. The results indicate that lateral migration of the Ucayali River is increasing in the meanders surrounding the Supay and Sahuá lagoons. The Supay meander curve with a migration of 36.4 m/y could erode the shore of the Supay lagoon affecting 137 ha riparian forests and crops in the Once de Agosto and Nuevo Pumacahua communities in the medium term. Likewise, the Lobillo meander curve with a progressive migration of 86.5 m/a is heading towards Laguna Sahuá, and in an estimated period of 21 years it could modify the alluvial plain with potential losses of 1013 ha of riparian forests, crops and resettlement for the Once de Agosto community. The changes in the landscape would affect local transportation.

Keywords: River migration. Meander bend. Lateral erosion. Riparian forests. Lagoon Supay, Peru.

1. Introducción

Los ríos amazónicos son esenciales en la configuración del paisaje y la sostenibilidad de los ecosistemas (Peixoto et al., 2009). Su dinámica fluvial, caracterizada por inundaciones estacionales y procesos de migración meándrica, transforma constantemente el entorno físico-natural (Campos et al., 2024; Abad et al., 2022; Schwenk et al., 2015). Estos procesos pueden alterar la ubicación y distribución espacial de las comunidades ribereñas asentadas en las márgenes del río (Nagel et al., 2022).

La evolución de los ríos meándricos resulta de la interacción de factores ambientales y procesos internos del río, como factores hidrodinámicos, transporte de sedimentos, interacciones ecológicas e impactos antropogénicos (Gautier et al., 2010; Güneralp & Marston, 2012). Estos procesos provocan el desplazamiento del canal, formando relieves fluviales y causando el crecimiento y abandono de meandros de curvas individuales y complejas (Hooke, 2007; Laggase et al., 2004; Knighton, 1998), generando procesos de cortes y avulsión con cambio de cursos del canal, formando lagunas meándricas y canales

secundarios (Guo et al. 2021; Schwenk et al. 2015; Gautier et al., 2006). La erosión y cambios de canal pueden afectar la infraestructura y actividades económicas de las comunidades que dependen de los recursos fluviales (Nagel et al., 2022; Güneralp & Marston, 2012).

La teledetección mediante datos de sensores remotos permite analizar cambios morfológicos en ríos en distintas escalas espaciales y temporales a través de herramientas de geomática y geoestadística (Guo et al., 2021; Spada et al., 2018). La disponibilidad de imágenes del programa Landsat, desde 1984, ha permitido analizar el comportamiento dinámico de los ríos a través de series temporales (Constantine et al., 2014; Spada et al., 2018).

Las investigaciones sobre la predicción de desplazamiento del canal y su migración son escasas, a pesar de la importancia de comprender la dinámica futura para la gestión del territorio (Akhter et al., 2019). Para predecir la posición de la línea costera y calcular la erosión futura, se han empleado principalmente métodos estadísticos de regresión y modelado de datos históricos de series satelitales con sistemas de información geográfica (SIG) (Akhter et al., 2019; Deb & Ferreira, 2014; Laggase, 2004).

Diversos estudios han analizado la migración del río Ucayali en áreas cercanas, como Bagazán y el meandro de Jenaro Herrera, algunos previendo cambios de curso que podrían tener repercusiones sobre el transporte y la pesca (Abad et al., 2022; Quintana-Cobo et al., 2018). Sin embargo, no se ha investigado la migración en las lagunas Supay y Sahuá, ni el análisis de meandros individuales. Esta falta de información espaciotemporal detallada limita la comprensión integral de la dinámica futura del río Ucayali y sus impactos en el paisaje, los ecosistemas ribereños y, de manera preliminar, en las comunidades locales.

El objetivo de este estudio es analizar la migración del río Ucayali alrededor de las lagunas Supay y Sahuá, y prever su impacto futuro en el paisaje, los cuerpos de agua y las comunidades ribereñas. Para ello, se utilizará un enfoque multitemporal que abarca el periodo 1985-2021, empleando análisis de regresión, técnicas geoespaciales y geomorfológicas para proyectar el desplazamiento futuro del río y describir el impacto potencial en el territorio. La información generada no solo contribuirá al conocimiento sobre la dinámica fluvial, sino que también proporcionará herramientas útiles para la gestión del territorio en ríos amazónicos con condiciones similares.

2. Material y métodos

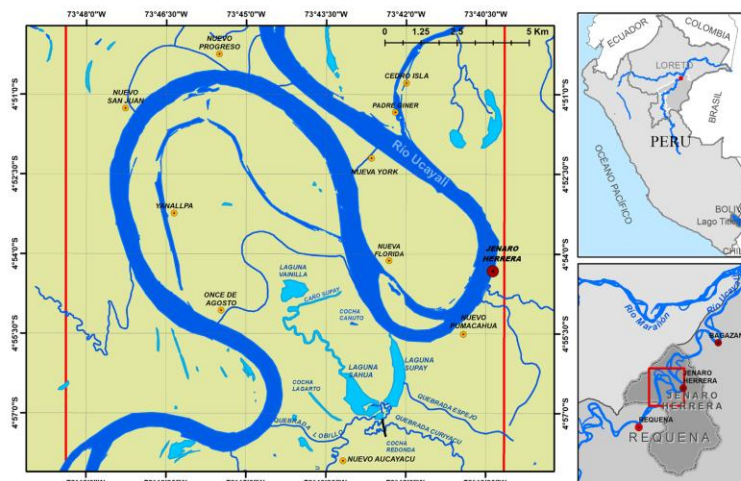
2.1 Área de estudio

El área de estudio corresponde al tramo del río Ucayali entre las coordenadas 73°48'23" longitud oeste, 4°49'41" latitud sur y 73°40'9" longitud oeste, 4°58'26" latitud sur en el distrito de Jenaro Herrera, provincia de Requena, Loreto (Figura 1). Las comunidades

influenciadas directamente son Once de Agosto (49 habitantes, 14 viviendas) y Nuevo Pumacahua (87 habitantes, 24 viviendas), ambas reconocidas con etnias Cocama-Cocamilla; y Nuevo Aucayacu (85 habitantes, 21 viviendas), reconocida etnia Matsés. También están Nueva Florida (8 habitantes, 4 viviendas), Nueva York (71 habitantes, 14 viviendas) y Nuevo Progreso (112 habitantes, 24 viviendas), que son centros poblados mestizos; y otras comunidades cercanas, como Cedro Isla (151 habitantes, 42 viviendas), Nuevo San Juan (91 habitantes, 19 viviendas) y Yanallpa (214 habitantes, 61 viviendas), también interactúan con el río Ucayali; todo ello, según la búsqueda realizada en el Sistema de Consulta de Centros Poblados del Instituto de Estadística e Informática (INEI), consultada en 2024, con datos del Censo Nacional de Población y Vivienda 2017.

Estas comunidades se dedican a la agricultura familiar (yuca, maíz, plátano, camu camu) en terrazas aluviales y barrizales, así como a la pesca y al comercio de frutos de camu camu (*Myrciaria dubia*) provenientes de rodales naturales y sembrados (Chung & Valencia, 2008). La infraestructura es limitada, el acceso al agua potable es deficiente y la energía eléctrica es parcial e intermitente y alcanza a menos del 15% de los hogares (INEI, 2018). El transporte es exclusivamente fluvial, con muelles vulnerables a la erosión, lo que restringe el acceso a mercados y servicios, especialmente en comunidades dispersas como Once de Agosto.

Figura 1. Sector de las lagunas Supay y Sahuá, río Ucayali, distrito de Jenaro Herrera, 2021



Fuente: Imagen Landsat OLI (2021) y cartografía base en formato *shapefile* no publicados, obtenidos mediante trámite documental del Gobierno Regional de Loreto (2018). Elaboración propia.

El área de estudio presenta un clima cálido y húmedo (SENAMHI, 2021). La temperatura media mensual es 26 °C; la precipitación promedio es 2724 mm/año, siendo más intensas durante los meses de noviembre y mayo (crecida), y descendiendo entre junio y setiembre (estiaje) (Honorio et al., 2008). El sector forma parte de la llanura de inundación del río Ucayali, con bosques ribereños, matorrales riparios y terrenos bajos con inundaciones estacionales. Las lagunas Supay, Sahuá y Vainilla, y otras menores, son alimentadas principalmente por las quebradas Aucayacu, Curiyacu y Espejo, que provienen de partes

altas planas y colinosas del distrito. La quebrada Lobillo es abastecida en época de estiaje por la quebrada Aucayacu y en las crecidas con parte del caudal del río Ucayali (Inga & Encarnación, 2012; Chung & Valencia, 2008). A la comunidad Once de Agosto le designaron 1100 ha como Área de Conservación privada (ACP), mediante Resolución Ministerial 179-2021-MINAM.

2.2 Fuente de datos

Se utilizaron imágenes de satélite Landsat TM 5 y Landsat OLI 8 de 30 m de resolución espacial, con 20% y 10% de nubosidad, tomadas en época de media vaciante y vaciante (estiaje) de los años 1985 (14 julio), 1991 (14 junio), 1995 (11 julio), 2001 (27 julio), 2005 (23 agosto), 2010 (07 octubre), 2015 (10 julio) y 2021 (09 agosto), que fueron recopiladas desde la plataforma Google Earth Engine. También se obtuvieron imágenes de alta resolución, fotos y videos con el equipo UAV Phantom 4 RTK/PRO, con una toma de altura de 100 m. Los límites de comunidades nativas en formato *shapefile* se recuperaron del Geovisor Visualizador de Mapas del Instituto del Bien Común, consultada en 2024. Las coordenadas de vértices del Área de Conservación Regional Once de Agosto se obtuvieron de la Resolución Ministerial 179-2021-MINAM. Los límites de rodales naturales de camu camu de las lagunas Supay y Sahuá se obtuvieron del estudio de Chung & Valencia (2008). Los datos de fisiografía y geomorfología en formato *shapefile* se obtuvieron de los archivos internos del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP), con autorización para su uso, en 2024. Estos datos provienen del proyecto de Zonificación Ecológica Económica de la Amazonía peruana desarrollado en 2009. Para la morfometría del río Ucayali se utilizó el Programa MStat V1.1 (Meander Statistics Toolbox, de Dominguez et al., 2021). Los análisis espaciales y producción de información cartográfica se realizaron con QGIS 3.4.15 y los análisis estadísticos con el programa BioStat versión 5.3 (Ayres, 2007).

2.3 Caracterización morfológica del río

Se analizaron los patrones de planta del cauce utilizando la imagen Landsat de 2021. Se midió la sinuosidad del río utilizando el método de líneas centrales (*talweg*) en el programa MStat, basado en la teoría de ondas para ríos meándricos (Domínguez et al., 2021). Además, se etiquetaron las curvas de meandros y se describieron las unidades morfológicas fluviales mediante imágenes satelitales, capas de fisiografía y geomorfología, y observaciones de campo (UAV) de 2021 y 2022 (Villota, 2005).

2.4 Dinámica fluvial y análisis de migración

Se analizaron imágenes de satélite históricas Landsat (1985-2021); aplicando el Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI) (propuesto por McFeeters, 1996), se clasificaron cuerpos de agua, playas e islas, convirtiéndolas a formato vectorial. Las capas vectoriales se integraron en intervalos multianuales (1985-1991, 1991-2001, 2001-2005, 2005-2010, 2010-2015, 2015-2021) y del periodo 1985-2021. Se cuantificaron

superficies de erosión/deposición y tasa de migración media anual con el método de áreas desplazadas (Micheli et al., 2004; Constantine et al., 2009). Se midió la distancia de migración en los ápices multianuales de las curvas de meandro Supay, Nuevo Progreso, Lobillo y Santa Rosa, que representan la máxima distancia de erosión (Lagasse et al., 2004; Quintana Cobo, 2015; Abad et al., 2022), así como las secciones más estrechas del istmo Jenaro Herrera.

2.5 Análisis tendencial de la migración

El escenario tendencial futuro de la ribera del río se proyectó mediante un análisis de regresión de ajuste de curvas (Spearman), seleccionando la regresión con probabilidad ≤ 0.05 y el mayor coeficiente de ajuste para la distancia de migración lateral de las curvas de meandros en los seis intervalos de 1985 a 2021. Este análisis permitió extrapolar hasta 36 años, aplicándose a meandros con correlación significativa en distribuciones no normales (Spearman) de migración lateral con tendencia al incremento en el tiempo; pues en condiciones naturales los meandros libres evolucionan alcanzando alta sinuosidad, produciendo cortes de meandros (Gautier et al., 2006; Hooke, 2007). En casos de migraciones laterales que presentan variación significativa, no se observa una correlación lineal (Hooke, 2007); por lo tanto, no se pueden modelar. Esto sugiere que su comportamiento y predictibilidad están influenciados por factores locales, como los canales secundarios, el control geológico y las variaciones hidroclimáticas sedimentarias (Dumont, 1992; 1996; Gautier et al., 2006; Schwenk et al., 2015; Abad et al., 2022).

Para representar el desplazamiento de las orillas de cada curva de meandro, se creó una capa vectorial utilizando como base la línea de orilla del río del año 2021. Las líneas de desplazamiento se generaron con las distancias de migración proyectadas utilizando herramientas de edición del programa QGIS (Deb & Ferreira, 2014; Lagasse et al., 2004; Knighton, 1998), con las distancias de migración proyectadas para las curvas Lobillo, Santa Rosa y Supay, basándose en criterios geomorfológicos fluviales aplicados a meandros libres (Villota, 2005; Gautier et al., 2006; Hooke, 2007). Además, se generó una capa de usos y organización del territorio con las fuentes de datos para analizar la potencial afectación del desplazamiento proyectado.

3. Resultados

3.1 Caracterización de la morfología, año 2021

El análisis visual de la imagen satelital de 2021 muestra que el río Ucayali presenta un canal principal con dirección de suroeste a noreste y con anchos de 400 m a 1200 m. La geometría de planta muestra un curso meándrico asimétrico, según la clasificación de Brice (1975) y Kellerhals et al. (1976), con presencia de canales secundarios e islas. Asimismo, las curvas de meandro Santa Rosa, Lobillo, Nuevo Progreso 1 (aguas arriba), Supay y Nuevo Progreso 2 (aguas abajo) exhiben diferente amplitud, ancho y dirección,

con sinuosidades entre 1.1 y 2.9, lo que indica una mayor elongación, amplitud y actividad erosiva (Figura 2 y Tabla 1).

Las curvas de meandro Santa Rosa y Nuevo Progreso tienen canales secundarios e islas en la parte interna. La ribera interna de la curva de meandro Supay está conformada por orillares con bosques ribereños maduros. La ribera interna de la curva de meandro Lobillo presenta orillares con vegetación riparia y canales alargados recientemente abandonados en proceso de sedimentación.

Tabla 1. Sinuosidad, migración (m/año) y superficies erosionadas para cada curva de meandro sector Supay-Sahua por periodos: 1985-2021 y 2015-2021

Curva de meandro	Sinuosidad 2021	Distancia migración 2015-2021 (m/año)	Superficie erosionada 2015-2021 (ha)	Migración media 1985-2021 (m/año)	Superficie erosionada 1985-2021 (ha)
Santa Rosa	1,2	103.6	437.1	29.1	874.4
Lobillo	2.1	86.0	256.1	34.5	844.6
Nuevo Progreso 1	2.9	41.1	215.8	14.5	1051.5
Supay	2.5	36.3	75.3	6.6	202.0
Nuevo Progreso 2	1.1	47.5	98.8	11.2	382.5

Elaboración propia

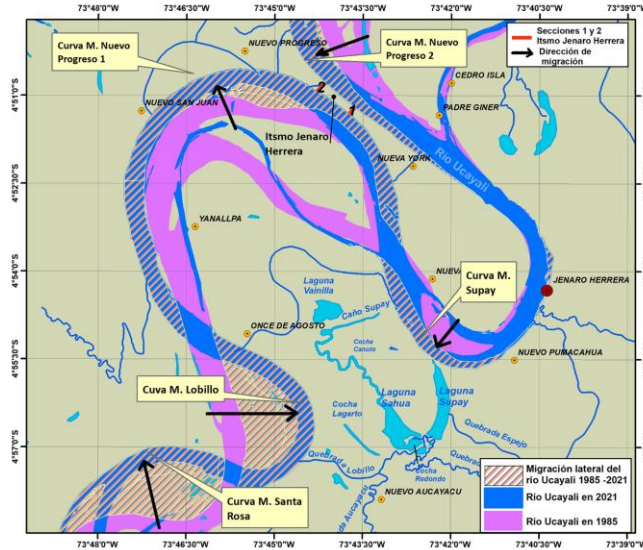
3.2 Dinámica fluvial y análisis de migración del río Ucayali, periodo 1985-2021

Encontramos que la migración de las curvas de meandros Lobillo y Santa Rosa se ha incrementado progresivamente. En la curva de meandro Supay, la migración ha sido gradual desde 1991. Por otro lado, en las curvas de meandros Nuevo Progreso, la migración ha mostrado variabilidad; en Nuevo Progreso 1 la mayor migración sucedió entre 1985 y 1995, disminuyendo luego hasta 2005; mientras que en Nuevo Progreso 2 se incrementó entre 1985 y 2001, luego disminuyó hasta 2010. Asimismo, desde 2010, los valores de migración de las curvas de meandros Nuevo Progreso (1 y 2) y Supay son similares, mostrando una tendencia al incremento en la actualidad (ver Figura 3).

El análisis de imágenes de satélite del periodo 1985 y 2021 revela que entre 1985 y 1991 la ribera de la curva de meandro Supay experimentó deposiciones de sedimentos alrededor de la ribera del caño Supay, ganando terreno hacia el río Ucayali. Sin embargo, a partir de 1991 ha migrado gradualmente hacia la laguna Supay, erosionando los terrenos entre la laguna y la margen derecha del río (dique). En este contexto, para el año 2021 la desembocadura del caño Supay se ha sedimentado por la acción erosiva-deposición del río Ucayali (Villota, 2005; Quintana Cobo et al., 2018), y por ello la laguna Supay ha cortado el dique, con el fin de descargar sus aguas en el río Ucayali formando un nuevo canal de desagüe (Figura 4). Entre 2015 y 2021, la distancia de migración de la curva de meandro Supay fue de 36.4 m/año. Durante el periodo 1985-2021, se han

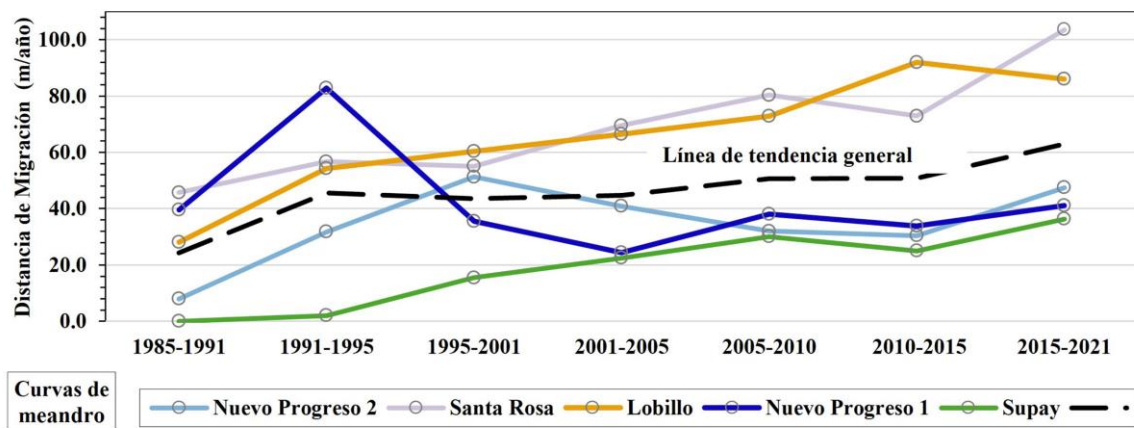
erosionado alrededor de 202 ha de bosques ribereños en las comunidades Nuevo Pumacahua y Once de Agosto (Figura 2 y Tabla 1).

Figura 2. Morfología del año 2021 y migración del río Ucayali, periodo 1985-2021



Fuente: Imágenes Landsat TM de 1985 y Landsat OLI de 2021. Elaboración propia.

Figura 3. Distancias de migración (m/año) para curva de meandro activo por desplazamiento sector Supay-Sahua por periodo 1985 y 2021

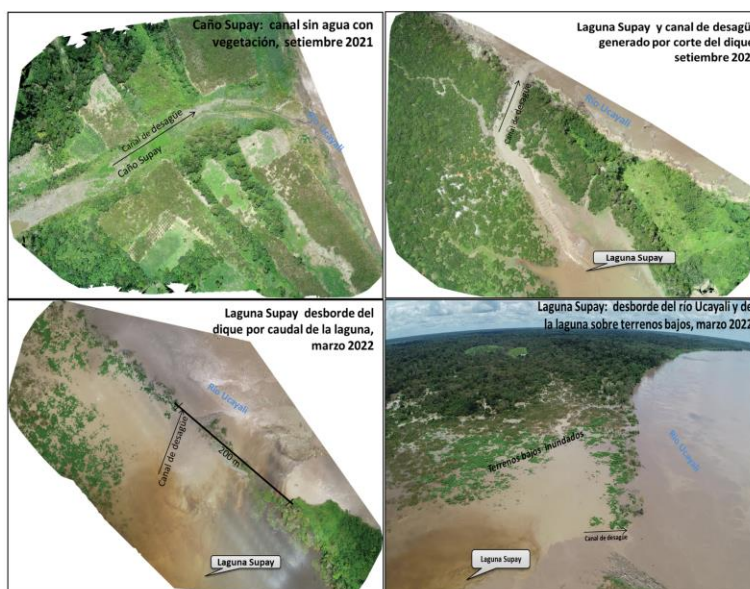


Elaboración propia.

La curva de meandro Lobillo se ha desplazado progresivamente hacia los terrenos de la margen derecha del río Ucayali durante el periodo 1985 y 2021. En el intervalo 2015-2021 se ha incrementado una distancia de migración de 86 m/año. Durante el periodo se han erosionado alrededor de 844.6 ha de bosques inundables en la comunidad Once de Agosto y sobre los alrededores de la laguna Sahuá (Figura 2 y Tabla 1).

Las curvas de meandro Nuevo Progreso 1 y Nuevo Progreso 2 han experimentado una migración variable no continua. En el intervalo 2015 y 2021, la distancia de migración fue de 41.1 m/año y de 47.5 m/año, respectivamente. Asimismo, en el periodo 1985-2021 se erosionaron alrededor de 1051 ha de bosques ribereños y áreas de cultivos, mientras que en Nuevo Progreso 2 se erosionaron 382 ha (Figura 2 y Tabla 1). Además, el istmo Jenaro Herrera (dique ubicado entre las comunidades Nuevo Progreso y Nueva York) ha experimentado erosión y estrechamiento entre 1985 y 2021, perdiendo más de 850 metros de ancho, con una distancia de migración promedio de 30.9 m/año entre sus secciones 1 y 2 (Figuras 2 y 5f).

Figura 4. Cambios en la morfodinámica de las lagunas Supay y Sahuá 2021-2022

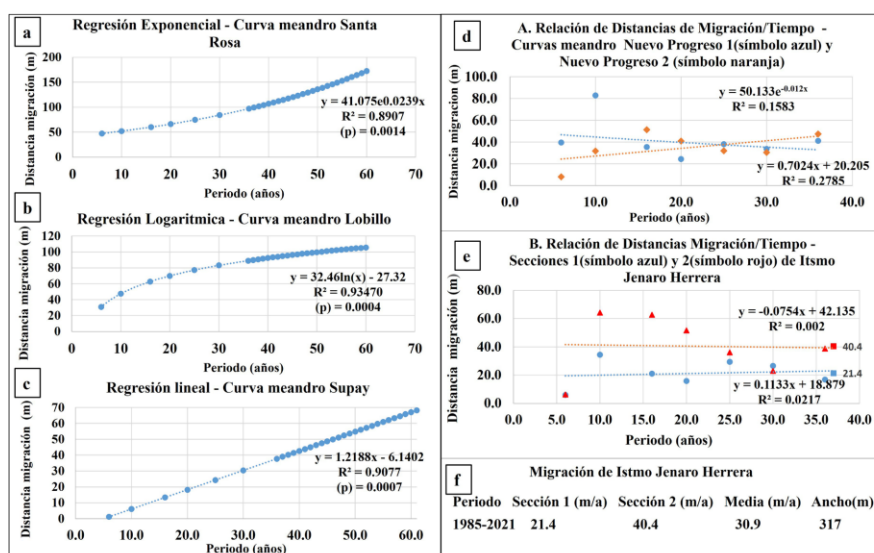


Fuente propia: Fotos UAV de 2021-2022

3.3 Escenario tendencial futuro de la migración sobre los componentes ambientales del territorio

El análisis de regresión de las distancias de migración de las curvas de meandros Santa Rosa, Lobillo y Supay, evaluadas por intervalos en el periodo 1985-2021, presentaron correlaciones significativas. Esto permitió ajustar modelos de distribución exponencial para la curva Santa Rosa, logarítmico para la curva Lobillo y lineal para la curva Sypay, permitiendo la proyección de valores futuros de migración (Figura 5a, 5b, 5c). En contraste, las curvas de meandro Nuevo Progreso y el istmo Jenaro Herrera no mostraron correlaciones significativas, debido a sus comportamientos migratorios altamente variables y poco predecibles (Figura 5d, 5e).

Figura 5. Proyección de migración y relación de distancias de migración por curva de meandro del sector Supay-Sahua

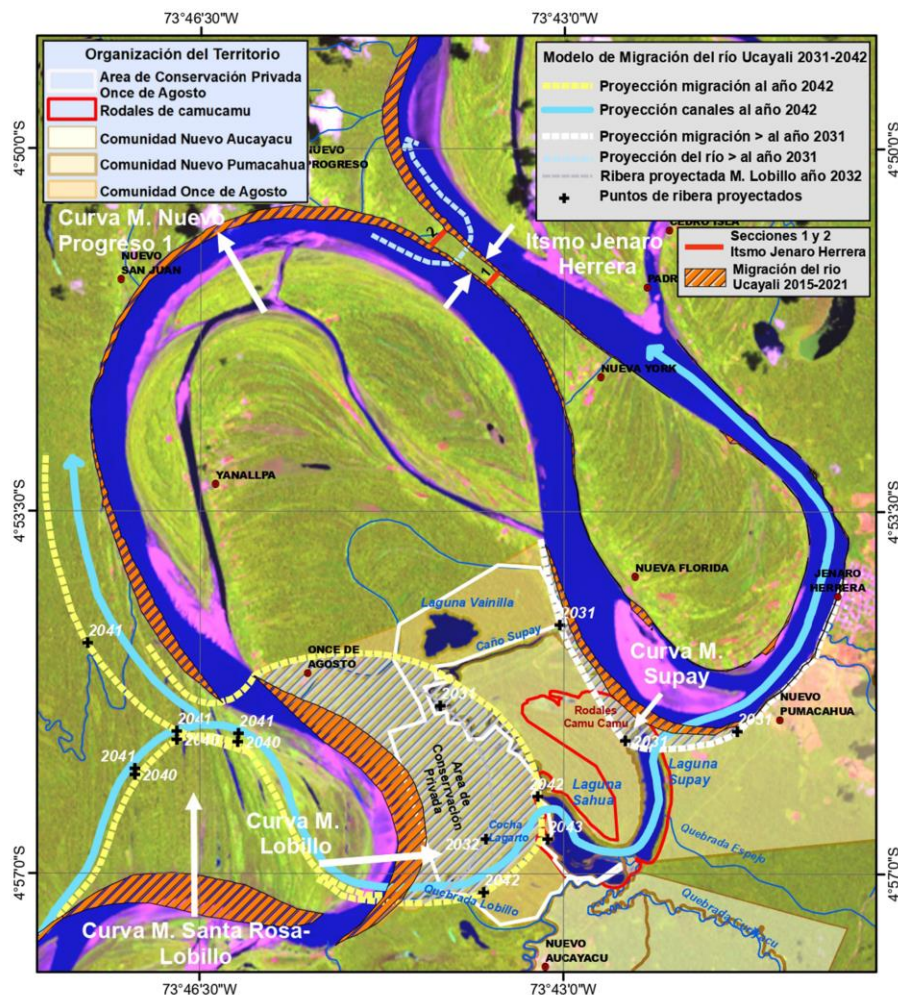


Elaboración propia.

La curva del río Ucayali en la laguna Supay se está desplazando hacia la ribera, lo que podría provocar la erosión de esta en corto plazo (entre 3 y 5 años) y generar deposición de sedimentos en los alrededores de la ribera con cada inundación (Villota, 2005). Este proceso reduciría parte de la superficie de la laguna, pérdida de cobertura vegetal en los alrededores de bosques ribereños y cultivos. A mediano plazo (10 años), la erosión podría eliminar aproximadamente 137 hectáreas de terrenos en las comunidades Once de Agosto y Nuevo Pumacahua (Figura 6).

La curva de meandro Lobillo se desplaza progresivamente hacia las quebradas Lobillo y Supay (el caño), bosques ribereños y las lagunas Cocha Lagarto y Sahua. De persistir las condiciones de migración y la tendencia al incremento en el mediano plazo (entre 10 y 21 años), el paisaje tendría nuevas formaciones fluviales, como playas, orillares, canales, lagunas abandonadas y el propio canal del río. También se observarían etapas iniciales de sucesión de la vegetación (Puhakka et al., 1992), modificaciones en la forma de las lagunas y quebradas mencionadas, así como perturbaciones y adaptaciones de las comunidades vegetales por el incremento de sedimentos (Neiff, 1997; Inga & Encarnación, 2012). Esto podría afectar aproximadamente 1013 ha de bosques ribereños, terrenos cultivados, el reasentamiento y el ACP de la comunidad Once de Agosto.

Figura 6. Modelo de migración del sector Supay-Sahua al periodo 2031-2042



Fuente: Imagen Landsat OLI 8, setiembre 2021. Falso color 654; agua en azul, playas en rosado, bosque en verde. Elaboración propia.

A mediano plazo (mayor a 19 años), las curvas de meandro Santa Rosa y Lobillo podrían experimentar un corte de canal y cambio de curso del río. En este escenario, el canal principal del río Ucayali se dirigiría hacia Nuevo Progreso, siguiendo su recorrido actual, mientras que la curva Lobillo dejaría de migrar al este, transformándose en un lago abandonado que se integraría a las lagunas Supay y Sahua. No obstante, en este mismo contexto espacio/temporal, la migración de la curva de meandro Lobillo podría formar un canal secundario a través de la quebrada Lobillo y las lagunas Sahua y Supay, desembocando en el río Ucayali cerca de Nuevo Pumacahua, conectando directamente con el poblado Jenaro Herrera, generando cambios en el transporte local (Figura 6).

4. Discusión

El análisis de la dinámica fluvial del río Ucayali durante el periodo 1985-2021 evidencia una aceleración significativa de los procesos de migración lateral en los meandros circundantes a las lagunas Supay y Sahua, con tasas máximas de migración que alcanzaron

103.6 m/año en Santa Rosa y 86.0 m/año en Lobillo durante 2015-2021. Este incremento en la actividad erosiva ha ocasionado la pérdida de aproximadamente 3355 ha de cobertura terrestre, incluyendo bosques ribereños y áreas agrícolas. Estos resultados concuerdan con los de Schwenk et al. (2015), Quintana Cobo (2015) y Gautier et al. (2006), que destacan la variabilidad espacial y temporal de la migración, y reportan patrones similares de migración y erosión en sistemas de alta dinámica sedimentaria de ríos meándricos amazónicos como Ucayali y Beni (Bolivia).

Los procesos de migración lateral del río Ucayali durante 1985 y 2021 han generado una pérdida territorial de 2098 ha, distribuidas heterogéneamente entre los sectores de Nuevo Progreso 1, Lobillo y el sistema lagunar Supay-Sahua. Esta pérdida ha afectado bosques ribereños y suelos agrícolas en cuatro comunidades, además de reconfigurar la conectividad hidrológica del sistema lagunar Supay-Sahua mediante la formación de un nuevo canal de desagüe. Este proceso, impulsado por presión erosiva, es comparable a casos de desagüe forzado donde la sedimentación y erosión reconfiguran sistemas lagunares (Quintana Cobo et al., 2018), generando aislamiento de sistemas acuáticos, reduciendo la funcionalidad ecológica y las poblaciones de peces que sustentan los medios de vida locales (Moraga et al., 2022), mientras que la erosión y pérdida vegetal disminuyen la productividad agrícola, forzando adaptaciones comunitarias que pueden incrementar la pobreza e inseguridad alimentaria (Cao et al., 2023).

Las proyecciones de migración fluvial revelan escenarios territoriales de modificación del paisaje para el sistema Ucayali. Los modelos correlacionales sugieren que la laguna Supay, en 5 años, experimentará una erosión ribereña y, a mediano plazo, la potencial reducción de 137 ha en las comunidades Once de Agosto y Nuevo Pumacahua. Por su parte, en Lobillo se proyecta la formación de nuevos canales secundarios y pérdidas de 1013 ha de cobertura forestal y agrícola entre 10 a 21 años, comprometiendo el Área de Conservación Privada y el reasentamiento comunitario de Once de Agosto; estos resultados son consistentes con los reportados por Abad et al. (2022). Además, en un escenario a 19 años, un corte del canal en Santa Rosa y Lobillo podría redirigir el curso del río hacia Nuevo Progreso, convirtiendo el canal Lobillo en un lago abandonado conectado al complejo lagunar Supay-Sahua. Sin embargo, la alta variabilidad observada en Nuevo Progreso 1 y 2, así como en el istmo Jenaro Herrera, limita la predictibilidad, evidenciando la influencia de factores no modelados que controlan la variabilidad espaciotemporal de la migración (Schwenk et al., 2015), como los canales secundarios en Yanallpa (Abad et al., 2022), la captación en época de creciente de parte del flujo de agua del río Ucayali por la quebrada Lobillo y las lagunas Supay y Sahua, terrenos altos consolidados y fallas geológicas en la margen derecha del Ucayali (Dumont, 1992; Dumont et al., 1996; INGEMMET, 1999), y variaciones hidroclimáticas sedimentarias (Gautier et al., 2006; Constantine et al., 2014).

Por otra parte, el potencial corte y cambio del curso del río en el istmo Jenaro Herrera, según la modelación realizada, interrumpiría la migración de la curva de meandro Supay. Nuestros resultados indican que si la migración promedio de 30.9 m/año de las secciones 1 y 2 persiste, es posible que a mediano plazo (10 años) el río Ucayali erosione el dique y

modifique su curso, estimación conservadora que no considera la variabilidad temporal de la erosión; estos resultados son consistentes con las predicciones de Dauer (2015) y Abad et al. (2022). Dichas proyecciones sugieren impactos ecológicos (Moraga et al., 2022) y sociales significativos, incluyendo alteraciones en rutas de transporte y conectividad.

La metodología basada en imágenes Landsat de 30 m y extrapolación de tendencias históricas, aunque útil para estudiar la dinámica fluvial del río Ucayali, presenta limitaciones al detectar cambios finos en áreas heterogéneas y omite factores como la intensidad de crecientes, estiajes y sedimentos, procesos geomorfodinámicos y cortes externos, dinámica previa e intervenciones antrópicas, lo que afecta la precisión de las proyecciones. Por ello, se recomienda monitoreo de campo y utilizar imágenes de mayor resolución, datos hidrológicos *in situ* y análisis batimétricos. Además, la evaluación de impactos sociales en comunidades como Nuevo Pumacahua y Once de Agosto, basada en datos secundarios (Chung & Valencia, 2008), no fue un objetivo del presente estudio, limitando el análisis socioeconómico; se sugiere realizar estudios participativos con entrevistas, talleres y análisis de medios de vida para cuantificar pérdidas, evaluar adaptación y desarrollar planes de manejo territorial.

5. Conclusiones

De manera general, el río Ucayali experimenta intensificación erosiva con impactos territoriales diferenciados, donde la reconfiguración hidrológica mediante nuevos canales de desagüe y la variabilidad temporal controlada por factores múltiples proyectan transformaciones paisajísticas que requerirán estrategias de adaptación territorial para más de 1150 ha adicionales y reasentamiento poblacional en el mediano plazo.

Con respecto a la morfología del río Ucayali en el sector de estudio, presenta un patrón meandriforme asimétrico con sinuosidades y anchos variables, donde las curvas de mayor sinuosidad indican mayor actividad erosiva, mientras que la presencia de canales secundarios e islas evidencia la evolución morfológica compleja del sistema, específicamente en Nuevo Progreso y Supay.

La migración lateral intensificada en Santa Rosa y Lobillo, durante 2015-2021, junto con la migración gradual en Supay y la variabilidad cíclica en Nuevo Progreso, resultó en la pérdida de 3355 ha de bosques ribereños y áreas agrícolas, afectando cuatro comunidades y alterando la conectividad del sistema lagunar Supay-Sahua.

Las proyecciones indican erosión intensiva en Supay y Lobillo-Santa Rosa, con potencial pérdida de 137 ha en Supay, 1013 ha en Lobillo, con reasentamiento comunitario (de 10 a 21 años) y posible avulsión hacia Nuevo Progreso (superior a 19 años), mientras que la baja predictibilidad en Nuevo Progreso y el istmo Jenaro Herrera evidencia la influencia de factores no modelados en la migración fluvial.

Referencias

- Abad, J.; Mendoza, A.; Arceo, K.; Torres, Z.; Valverde, H.; Medina, G.; Frias, C. & Berezowsky, M. (2022) Planform Dynamics and Cut-Off Processes in the Lower Ucayali River, Peruvian Amazon. *Water-MDPI*. <https://doi.org/10.3390/w14193059>
- Akhter, S.; Eibeka, K.; Islama, S.; Reza A.; Islama, T.; Chub R. & Shuangheb, S. (2019). Predicting spatiotemporal changes of channel morphology in the reach of Teesta River, Bangladesh using GIS and ARIMA modeling. *Quaternary International*, 513, 80-94. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.01.022>
- Ayres, M. (2007). BioStat V 5.3. <https://bioestat.software.informer.com/5.0>
- Brice, J. C. (1975). *Air photo interpretation of the form and behaviour of alluvial rivers*. Final Report to the US Army Research Office.
- Campos, V.; Pearl M. & Prestes Carneiro, G. (2024). Terras crescidas e terras antigas: novas aplicações do sensoriamento remoto à prospecção de sítios arqueológicos em várzeas amazônicas. *Boletim Do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Humanas*, 19(1). <https://doi.org/10.1590/2178-2547-bgoeldi-2022-0059>
- Cao, J.; Chen, Y.; Hu, Y.; Zhang, J.; Chen, Y.; Yang, B. ... & Wu, S. (2023). Spatiotemporal trends of forest carbon stock and its response to environmental factors in the yangtze river basin during 2005-2020. *Forests*, 14(9), 1793. <https://doi.org/10.3390/f14091793>
- Chung, S. & Valencia, W. (2008). Plan de negocio de «camu camu» del Comité Autónomo Ramón Sánchez Lozano, de bosque local. IIAP, Proyecto Focal Bosques. Iquitos. *Revista Folia Amazónica*. IIAP.
- Constantine, C.; Dunne, T. & Hanson, G. (2009), Examining the physical meaning of the bank erosion coefficient used in meander migration modeling. *Geomorphology*, 106, 242-252. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.11.002>
- Constantine, J. A.; Dunne, T.; Ahmed, J.; Legleiter, C. J. & Lazarus, E. D. (2014). Sediment supply as a driver of river meandering and floodplain evolution in the Amazon Basin, *Nat. Geosci*, 7(12), 899-903. DOI:10.1038/NGEO2282
- Dauer, K. (2015) Dynamic and static characterization of the planimetry of the Ucayali River, Peru [Thesis Master of University of Pittsburgh]. <http://d-scholarship.pitt.edu/id/eprint/24152>
- Deb, M. & Ferreira, F. (2014) Planform channel dynamics and bank migration hazard assessment of a highly sinuous river in the north-eastern zone of Bangladesh. *Environ Earth Sci*. <http://dx.doi.org/10.1007/s12665-014-3884-3>
- Dominguez, L.; Naito, K.; Roger, R.; Szupiany, R. & Abad, J. (2021) Meander Statistics Toolbox (MStaT): A toolbox for geometry characterization of bends in large meandering channel. *SoftwareX*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2021.100674>
- Dumont, J.-F.; Mering, C.; Parrot, J.-F. & Hind Taud, H. (1996). Morphological and mathematical analysis of asymmetrical fluvial pattern: A study case from the Ucayali River (Peru). *Zeitschrift für Geomorphologie, Neue Folge*, (103), 269-282. 010006115.pdf (ird.fr)
- Dumont, J.-F. (1992). Rasgos morfoestructurales de la llanura amazónica del Perú: efecto de la neotectónica sobre los cambios fluviales y la delimitación de las provincias morfológicas. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, 21(3), 801-833.
- Gautier, E.; Brunstein, D.; Vauchel, P.; Jouanneau, J.; Roulet, M.; García, C. ... & Castro, M. (2010). Channel and floodplain sediment dynamics in a reach of the tropical meandering rio beni (bolivian amazonia). *Earth Surface Processes and Landforms*, 35(15), 1838-1853. <https://doi.org/10.1002/esp.2065g>
- Gautier, E.; Brunstein, D.; Vauchel, P.; Roulet, M.; Fuertes, O.; Guyot, J.; Darozzes, J. & Bourrel, L. (2006). Temporal relations between meander deformation, water discharge and sediment fluxes in the floodplain of the Rio Beni (Bolivian Amazonia). *Earth Surf. Process. Landforms*, 248, 230-248. <http://dx.doi.org/10.1002/esp.1394>
- Güneralp, İ. & Marston, R. (2012). Process-form linkages in meander morphodynamics. *Progress in Physical Geography Earth and Environment*, 36(6), 718-746. <https://doi.org/10.1177/0309133312451989>
- Guo, X.; Gao, P. & Li, Z. (2021). Morphological characteristics and changes of two meandering rivers in the Qinghai-Tibet Plateau, China. *Geomorphology* 379, 107626 [10.1016/j.geomorph.2021.107626](https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.107626)

- Hooke, J. (2007). Complexity, self-organisation and variation in behaviour in meandering rivers. *Geomorphology*, 91, 236-258. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.04.021>
- Honorio, E.; Pennington, T.; Freitas, L.; Nebel, G. & Baker, T. (2008). Análisis de la composición florística de los bosques de Jenaro Herrera, Loreto, Perú. *Rev. Perú. biol.*, 15(1), 53-60. Ciencias Biológicas UNMSM. DOI:10.15381/rpb.v15i1.1670
- Instituto del Bien Común (2024). *Comunidades nativas georreferenciadas en campo*. IBC-SIGNA. <https://ibcperu.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=ffb473dc2294415abad2b46299320dd8>
- INEI (2018). Loreto: Resultados Definitivos Censo Nacionales de Población y Vivienda, 2017. Tomo IX. Lima, Perú. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1561/16TOMO_09.pdf
- INEI (2024). Sistema de Consulta de Centros Poblados [Base de datos]. <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>
- Inga, H. & Encarnación, F. (2012). Ecología de poblaciones naturales de camu camu (*Myrciaria dubia* Mc Vaugh) en los lagos Sahuá y Supay, inmediaciones de Jenaro Herrera, Río Ucayali. *Revista Xilema*, 25.
- INGEMMET (1999). Geología de los cuadrángulos. *Boletín geológico*, (134). Serie A: Carta Geológica Nacional. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/95>
- Kellerhals, R.; Church, M. & Bray, D. I. (1976). Classification and analysis of river processes. Journal of the Hydraulics Division. *American Society of Civil Engineers*, 102, 813-829. In *Treatise on Geomorphology*, Volume 9. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00263-3>
- Knighton, D. (1998). *Fluvial Forms and Processes. A New Perspective*. Londres, Inglaterra: Hodder Arnold Publication.
- Lagasse, P. F.; Spitz, W. J.; Zevenbergen, L. W. & Zachman, D. W. (2004). *Methodology for Predicting Channel Migration*. Fort Collins, Colorado. Cooperative Highway Research Program - NCHRP. Web-Only Document 67 (Project 24-16).
- McFeeters, S. K. (1996) The Use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the Delineation of Open Water Features. *International Journal of Remote Sensing*, 17, 1425-1432. <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>
- Micheli, E. R.; Kirchner, J. W. & Larsen, E. W. (2004). Quantifying the effect of riparian forest versus agricultural vegetation on river meander migration rates, central Sacramento River, California, USA. *River Research and Applications*, 20(5), 537-548. DOI:10.1002/rra.756
- Moraga, D.; Vivancos, A.; Ruíz, V.; Rojas, O.; Díaz, G.; Manosalva, A. ... & Habit, E. (2022). A century of anthropogenic river alterations in a highly diverse river coastal basin: effects on fish assemblages. *Frontiers in Environmental Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.943586>
- Nagel, G. W.; de Moraes Novo, E. M. L.; Martins, V. S.; Campos-Silva, J. V.; Barbosa, C. C. F. & Bonnet, M. P. (2022). Impacts of meander migration on the Amazon riverine communities using Landsat time series and cloud computing. *Science of the Total Environment*, 806, 150449. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150449>
- Neiff, J. (1997). *El régimen de pulsos en ríos y grandes humedales de Sudamérica*. In book: *Tópicos sobre grandes humedales sudamericanos*. Edition: 1st. Chapter. Email: neiff@arnet.com.ar
- Peixoto, J.; Nelson, B. & Wittmann, F. (2009). Spatial and temporal dynamics of river channel migration and vegetation in central amazonian white-water floodplains by remote-sensing techniques. *Remote Sensing of Environment*, 113(10), 2258-2266. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.06.015>
- Puhakka, M.; Kalliola, R.; Rajasilta, M. & Salo, J. (1992). River types, site evolution and successional vegetation patterns in Peruvian Amazonia. *Journal of Biogeography*, 19(6), 651-665. doi:10.2307/2845707
- Quintana Cobo, I. (2015) *Dinámica de meandros del Alto* [Tesis Doctoral, Universidad de Cantabria]. <http://hdl.handle.net/10902/8110>
- Quintana-Cobo, I.; Moreira-Turcq, P.; Cordeiro, R.; Aniceto, K.; Crave, A.; Fraizy, P.; Moreira, L.; Duarte, M. & Turcq, B. (2018). Dynamics of floodplain lakes in the Upper Amazon Basin during the late Holocene. *C. R. Geoscience*. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2017.10.004>

Schwenk, J.; Khandelwal, A.; Fratkin, M.; Kumar, V. & Foufoula-Georgiou (2015). High spatio-temporal resolution of river planform dynamics from Landsat: the RivMAP toolbox and results from the Ucayali River. *Earth and Space Science*, 4(2), 46-75 doi: 10.1002/2016EA000196

Spada, D.; Molinari, P.; Bertoldi, W.; Vitti, A. & Zolezzi, G. (2018) Multi-Temporal Image Analysis for Fluvial Morphological Characterization with Application to Albanian Rivers. *International Journal of Geo-Information* 7, 314. <https://doi.org/10.3390/ijgi7080314>

SENAMHI (2021). Climas Del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional-Departamento de Loreto. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01404SENA-4.pdf>

Villota, H. (2005) *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras. Geomorfología de zonas montañosas, colinadas y onduladas*. Santa Fe de Bogotá: Instituto Agustín Codazzi (IGAC). <https://www.scribd.com/document/359781447/>

Declaración de posibles conflictos de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

Rol en la investigación según la clasificación (CRediT):

- **Corina Isabel Caldas Carrillo**
Análisis formal, investigación, metodología, escritura-borrador original y redacción-revisión y edición.
- **Juan José Palacios Vega**
Investigación, metodología y redacción-revisión y edición.
- **Roger Escobedo Torres**
Conceptualización y redacción-revisión y edición.
- **Ander Dávila Díaz**
Curación de datos e investigación.
- **Dennis Del Castillo Torres**
Conceptualización y redacción-revisión y edición.

Corina Isabel Caldas Carrillo

Ingeniera Geógrafa por la Universidad Nacional Federico Villareal, con Máster en Gestión de Sistemas de Información Geográfica por la Universidad de Girona, España. Especialista en cambio climático y gestión de riesgos de desastres en la Dirección de Investigación en Manejo Integral del Bosque y Servicios Ambientales del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Con experiencia en ordenamiento territorial, zonificación ecológica económica (ZEE) en la Amazonía y cambio climático.

Correo: ccaldas@iiap.gob.pe

Juan José Palacios Vega

Ingeniero Geógrafo por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, con estudios de maestría en Tecnologías de la Información Geográfica en la Universidad Nacional Federico Villareal. Especialista en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección en la Dirección de Investigaciones en Sociedades Amazónicas del IIAP. Con experiencia en investigaciones sobre cambios en la cobertura y uso del suelo, y su impacto en servicios ecosistémicos y culturales de comunidades indígenas amazónicas.

Correo: jpalacios@iiap.gob.pe

Roger Escobedo Torres

Ingeniero Agrónomo por la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Especialista en inventarios y evaluación de suelos mediante sensores remotos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Colombia. Investigador de la Dirección de Investigaciones en Sociedades Amazónicas del IIAP, especializado en fisiografía, suelos y capacidad de uso mayor de la tierra. Con amplia experiencia en la elaboración de mapas temáticos de fisiografía y suelos para la ZEE en la Amazonía peruana.

Correo: rescobedo@iiap.gob.pe

Ander Dávila Díaz

Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales por la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Especialista en Sistemas de Información Geográfica y fotogrametría con drones para el monitoreo ambiental en la Amazonía peruana, con experiencia como piloto licenciado en la Dirección de Investigación en Manejo Integral del Bosque y Servicios Ambientales del IIAP. Ha participado en proyectos de investigación en silvicultura, evaluaciones forestales y restauración.

Correo: adavila@iiap.gob.pe

Dennis del Castillo Torres

Ingeniero Agrónomo por la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Ph. D. en Ciencias del Suelo por la Mississippi State University, Estados Unidos. Director de la Dirección de Investigación en Manejo Integral del Bosque y Servicios Ambientales del IIAP. Experto en investigación participativa con comunidades locales, gestión de suelos y bosques, conservación de la biodiversidad y uso sostenible de recursos naturales en países amazónicos y africanos.

Correo: ddelcastillo@iiap.gob.pe

Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente.

N° 16 julio – diciembre 2025. E-ISSN: 2709 – 3689

Cómo citar: Caldas Carrillo, C. I., Palacios-Vega, J. J., Escobedo Torres, R., Dávila Díaz, A., & del Castillo Torres, D. Análisis de la migración del río Ucayali y su influencia en los territorios de las comunidades del distrito Jenaro Herrera, Loreto, Perú. *Revista Kawsaypacha: Sociedad Y Medio Ambiente*, (16), D-015. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202502.D015>
