



Delft University of Technology

Procesos Morfodinámicos En Un Tramo Del Río Amazonas

Rios, Juan Daniel; Mosselman, Erik

Publication date
2024

Document Version
Final published version

Published in
XXXI Congreso Latinoamericano de Hidráulica

Citation (APA)

Rios, J. D., & Mosselman, E. (2024). Procesos Morfodinámicos En Un Tramo Del Río Amazonas. In B. A. Botero, J. Barco, R. Montoya, L. J. Montoya, J. C. Parra, J. I. Cadavid, L. A. Camacho, L. Posada, J. Zambrano, J. J. Vélez, & J. F. Barros (Eds.), *XXXI Congreso Latinoamericano de Hidráulica: Memorias del Evento* (pp. 1174-1179). IAHR.

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable).
Please check the document version above.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Green Open Access added to TU Delft Institutional Repository

'You share, we take care!' - Taverne project

<https://www.openaccess.nl/en/you-share-we-take-care>

Otherwise as indicated in the copyright section: the publisher is the copyright holder of this work and the author uses the Dutch legislation to make this work public.



XXXI Congreso Latinoamericano de Hidráulica

1 al 4 de octubre de 2024
Medellín, Colombia

MEMORIAS DEL EVENTO

ISBN: 978-90-834302-6-3





XXXI CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA MEDELLÍN-COLOMBIA OCTUBRE 01-04 2024

Procesos Morfodinámicos En Un Tramo Del Río Amazonas

Juan Daniel RIOS A.¹, Erik MOSSELMAN^{2,3}

¹ Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia

juan.riosar@campusucc.edu.co

^{2,3} Deltares y Delft University of Technology, Países Bajos

erik.mosselman@deltares.nl

RESUMEN

En el presente trabajo analizamos los procesos morfodinámicos actuantes en un tramo del mega río Amazonas, el análisis se enfoca en cinco (5) estructuras anastomosadas en vecindad de las ciudades de Leticia en Colombia y Tabatinga en Brasil. Para la detección de cambios hemos usado la herramienta Google Earth Engine (GEE) y el código en JavaScript Mapping River Change desarrollado por Ramadhan, encontrando las trayectorias de migración del río entre los años 1990 y 2020, tres décadas marcadas por dos grandes eventos de caudales máximos en la amazonia (1999 y 2012). Por otro lado, las imágenes disponibles en el Timelapse de Google Earth Engine (GEE) han permitido entender la trayectoria evolutiva del meandro al final del tramo de estudio (curva La Alegría), el cual se ha transformado en una estructura anastomosada. Concluimos que la herramienta Google Earth Engine (GEE) permite análisis rápidos y de bajo costo para entender los procesos morfodinámicos actuantes en mega ríos tropicales y que combinada con métodos tradicionales es replicable para otros casos de estudio.

1. Introducción

El río Amazonas se encuentra entre los 10 ríos más grandes del mundo en términos de caudal líquido y transporte de sedimentos (Latrubesse et al., 2005), tiene un área de drenaje de 6,000,000 km², una descarga media anual de 209,000 m³s⁻¹ y transporta un promedio de 1100-1300 × 10⁶ toneladas de sedimento por año (Meade, 1994). Mide a unos 7642 km de su cabecera en territorio peruano a su desembocadura en territorio brasileño. En términos de longitud es solo superado por el río Nilo en África.

Por otro lado, como propone Latrubesse (2008) los mega ríos (corrientes con caudal medio anual mayor que 17,000 m³s⁻¹) desarrollan patrones de alineamiento anastomosados, los cuales por su compleja hidrodinámica y distribución de sedimentos han recibido menos atención que los patrones rectos, meándricos o trenzados.

Análisis detallados de la morfodinámica fluvial de estructuras anastomosadas se han realizado en el río Amazonas en jurisdicción de Perú (Mendoza et al., 2016; Abad et al., 2022). Sin embargo, para el tramo colombiano los trabajos son escasos aún debido a la falta de información.

El objetivo de este trabajo es analizar los procesos morfodinámicos actuantes en un tramo del río Amazonas que se compone de cinco (5) estructuras anastomosadas en vecindad de las ciudades de Leticia en Colombia y Tabatinga en Brasil (Fig. 1) con el fin de entender las dinámicas históricas y recientes de migración del río y contrastar estas contra los registros hidrométricos existentes.

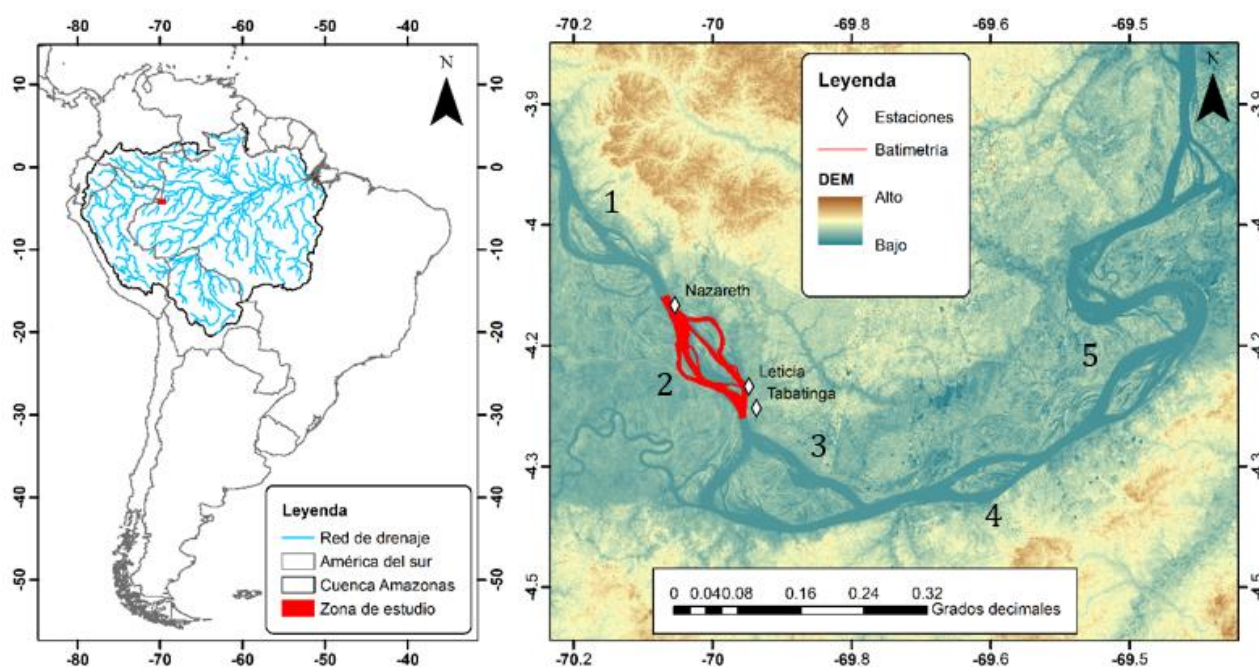


Figura. 1. Localización tramo de estudio. La red de drenaje corresponde a la elaborada por GRDC (2020). Fuente: elaboración propia.

2. Metodología

2.1. Teledetección y análisis SIG

Para la fase uno (1) se empleó la herramienta Google Earth Engine (GEE) desarrollada por Gorelick et al. (2017), la cual ha emergido como una de las plataformas con más éxito y capacidad para múltiples fines, disponiendo a escala planetaria de imágenes satelitales multispectrales y multitemporales. Para el análisis de ríos tropicales y subtropicales GEE ha sido usada por Tobón-Marín & Cañón Barriga (2020), Boothroyd et al. (2021), y Giri et al. (2021).

Particularmente, para el caso de estudio aquí tratado se ha usado el código en JavaScript (Fig. 2) desarrollado por Ramadhan (<https://lnkd.in/gDz-PduS>) que permite clasificar imágenes Landsat 4, 5, 7, 8 y 9 para delimitar el río usando el MNDWI (índice de agua de diferencia normalizada modificado):

$$\text{MNDWI} = \frac{(\text{Green} - \text{SWIR})}{(\text{Green} + \text{SWIR})} \quad (1)$$

donde:

Green = valores de píxeles de la banda verde

SWIR = valores de píxeles de la banda infrarroja

El código Mapping River Change desarrollado por Ramadhan permite obtener los cambios quinquenales observados en corrientes naturales y superpone estos sobre el mapa base de Google. Además, hemos usado las imágenes del Timelapse de Google Earth Engine (GEE) para mostrar la evolución del meandro al final del tramo de estudio (curva La Alegría), el cual se ha cortado y transformado en una estructura anastomosada.

2.2. Mediciones de campo

Para la fase dos (2) se emplearon los datos de las estaciones hidrométricas operadas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) en la zona de estudio (Tabla 1). Particularmente, para describir el régimen hidrológico que varía entre 11,000 y 66,000 m³s⁻¹ hemos usado los datos de caudal líquido registrados en la estación Nazareth durante el período 1988 a 2020 (Fig. 3), coincidente con el posterior análisis morfodinámico. La estación Nazareth se encuentra ubicada en un estrecho (nickpoint) justo aguas arriba del inicio de la estructura anastomosada número dos (Fig. 1) donde se localiza la triple frontera Colombia-Perú-Brasil y la cual será de especial interés en este trabajo.

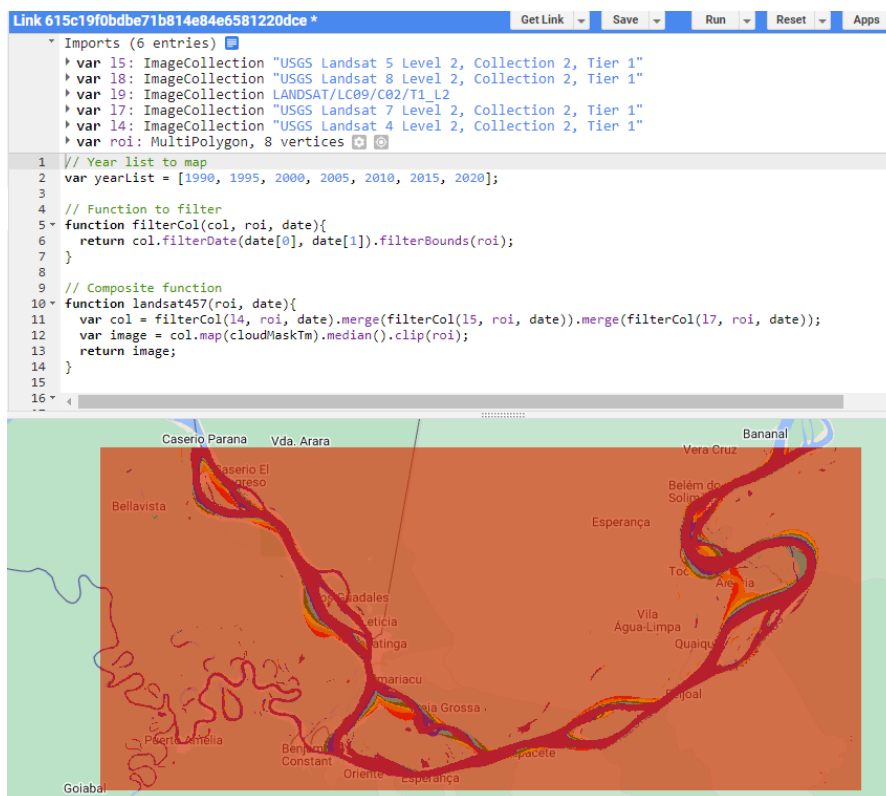


Figura. 2. Apariencia código JavaScript y zona de estudio. Fuente: elaboración propia en Google Earth Engine (GEE).

Tabla 1. Estaciones hidrométricas. Fuente: elaboración propia a partir de datos IDEAM.

Estación	Latitud [S]	Longitud [W]	Caudal	Nivel
Nazareth	4.12	70.04	Si	Si
Leticia	4.22	69.94	No	Si

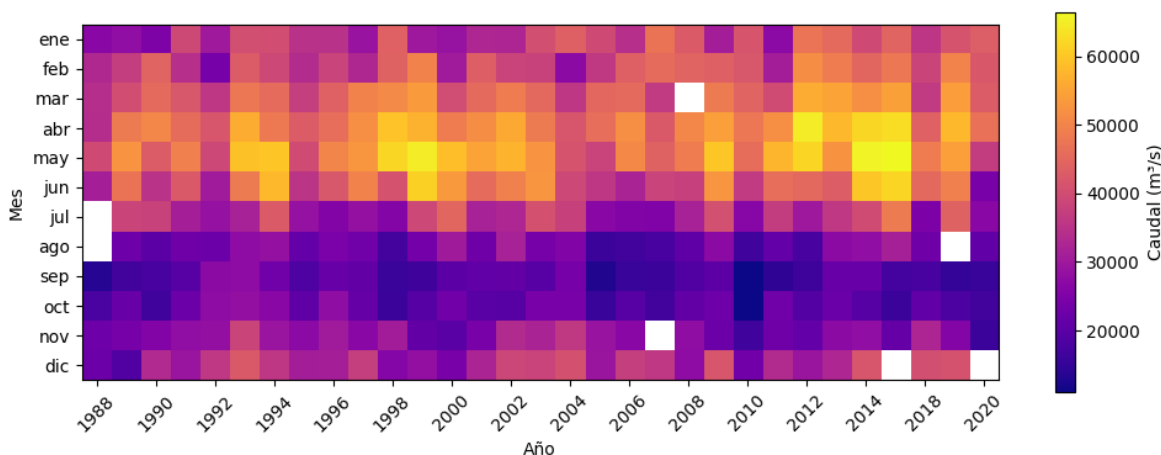


Figura. 3. Heatmap de caudales medios en la estación Nazareth período 1988 a 2020, las áreas blancas significan que los datos no están disponibles. Fuente: elaboración propia a partir de datos IDEAM.

3. Resultados

3.1. Planform Dynamics and Hydrology

De los resultados obtenidos del análisis morfodinámico del período 1990-2020 (Fig. 4) se destacan procesos erosivos concentrados en las estructuras anastomosadas dos y tres (2 y 3), en la dos, zona de triple frontera la erosión se localiza hacia la orilla peruana (sector suroccidental) y la sedimentación hacia la orilla colombiana (sector nororiental). Además, se observa el corte del meandro al final de la zona de estudio (territorio brasileño) en el año 2012 coincidente con el gran evento de inundación que sufrió la cuenca del río Amazonas (Fig. 5),

reportado por Mendoza et al. (2016). Además, se observa que en el periodo 2012-2015 el caudal medio anual superó el caudal medio multianual ($35,209 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$), presentándose la mayor racha consecutiva de caudales por encima del medio multianual, coincidente con los mayores cambios morfológicos observados (Fig. 4).

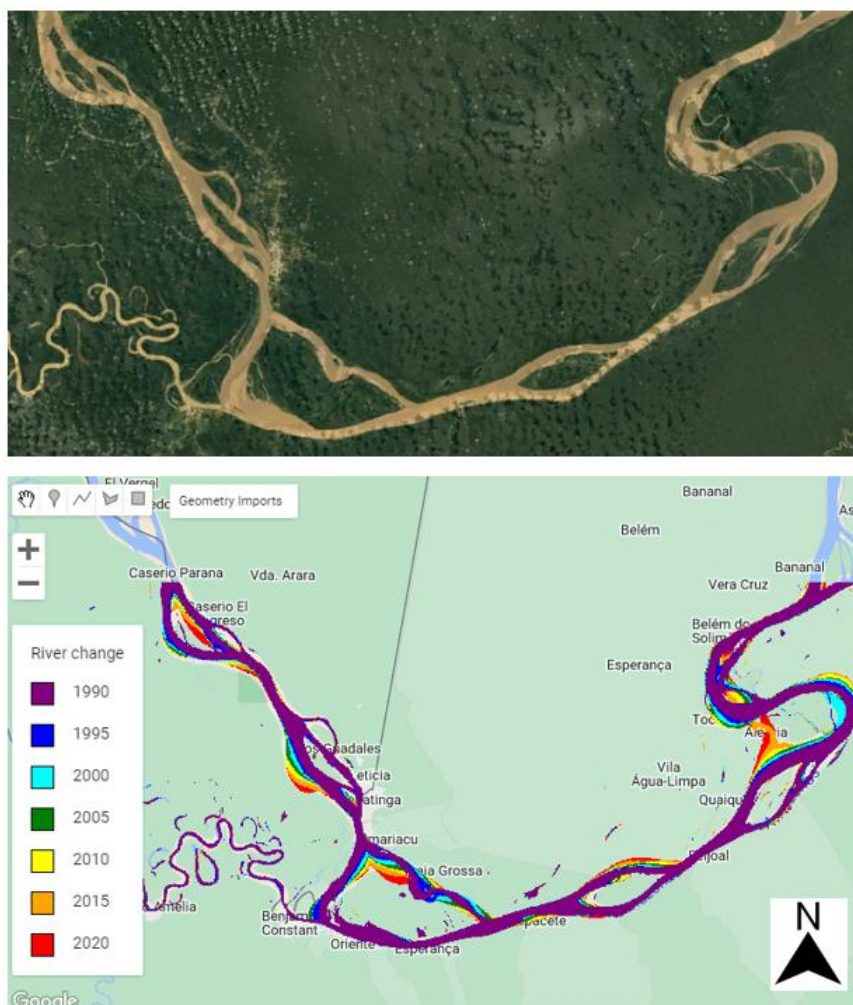


Figura. 4. Tramo de estudio y resultados del análisis morfodinámico período 1990-2020. Fuente: elaboración propia en Google Earth Engine (GEE).

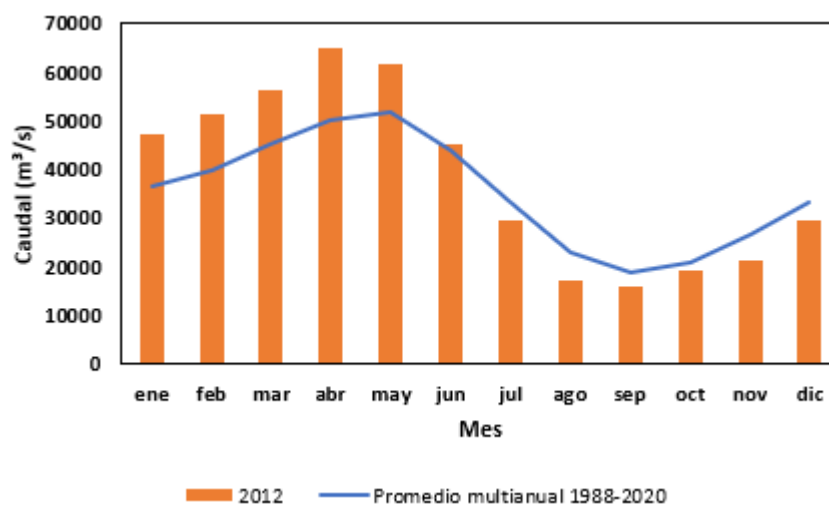


Figura. 5. Ciclo anual de caudales estación Nazareth período 1988-2020 con evento de inundación de 2012. Fuente: elaboración propia a partir de datos IDEAM.

3.2. Cut-Off Processes

La Fig. 6 proporciona la secuencia de imágenes satelitales anuales durante el proceso de corte del meandro de la curva La Alegría (2012) y su transición a estructura anastomosada (2013-2016). Consideramos este sector un claro ejemplo de la trayectoria evolutiva de un mega río como el Amazonas, donde pensamos que en un estado de madures los patrones de alineamiento simples tienden a volverse complejos y adquieren un patrón anastomosado.



Figura. 6. Evolución temporal de la curva La Alegría, estado de Amazonas (Brasil). Fuente: elaboración propia a partir de imágenes Google Earth Engine (GEE).

4. Conclusiones

Se concluye que la herramienta Google Earth Engine (GEE) permite análisis rápidos y de bajo costo para entender los procesos morfodinámicos actuantes en ríos tropicales, además, se considera que esta puede ser usada para planificar estudios de detalle como batimetrías y mediciones hidrométricas de campo como aforos y muestreos de sedimentos. Por otro lado, la combinación de esta herramienta para análisis de tendencias de migración combinada con métodos tradicionales es replicable para otros casos de estudio.

Por último, consideramos el uso de Google Earth Engine (GEE) un insumo fundamental para entender procesos morfodinámicos en mega ríos donde predominan las complejas estructuras anastomosadas.

Agradecimientos

Se agradece a la Universidad Cooperativa de Colombia sede Medellín por el tiempo y los recursos computacionales suministrados para el desarrollo de este trabajo. Además, se agradece al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) por los datos suministrados y se agradece a Ramadhan por compartir el código en JavaScript Mapping River Change.

Referencias

- Abad, J. D., 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*, 14(19). <https://doi.org/10.3390/w14193059>
- Boothroyd, R. J., Williams, R. D., Hoey, T. B., Barrett, B., & Prasojo, O. A. (2021). Applications of Google Earth Engine in fluvial geomorphology for detecting river channel change. *WIREs Water*, 8(1), e21496. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/wat2.1496>
- Giri, S., Thompson, A., Donchyts, G., Oberhagemann, K., Mosselman, E. & Alam, J. (2021), Stabilization of the Lower Jamuna River in Bangladesh – Hydraulic and morphological assessment. *Geosciences*, Vol.11, 389, <https://doi.org/10.3390/geosciences11090389>.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27.
- GRDC. (2020). GRDC Major River Basins. Global Runoff Data Centre. 2nd, rev. ed. Koblenz: Federal Institute of Hydrology (BfG).
- Latrubesse, E. M. (2008). Patterns of anabranching channels: The ultimate end-member adjustment of mega rivers. *Geomorphology*, 101(1), 130–145. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.05.035>
- Latrubesse, E. M., Stevaux, J. C., & Sinha, R. (2005). Tropical rivers. *Geomorphology*, 70(3), 187–206. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2005.02.005>
- Meade, R. H. (1994). Suspended sediments of the modern Amazon and Orinoco rivers. *Quaternary International*, 21, 29–39. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/1040-6182\(94\)90019-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/1040-6182(94)90019-1)
- Mendoza, A., Abad, J. D., Frias, C. E., Ortals, C., Paredes, J., Montoro, H., Vizcarra, J., Simon, C., & Soto-Cortés, G. (2016). Planform dynamics of the Iquitos anabranching structure in the Peruvian Upper Amazon River. *Earth Surface Processes and Landforms*, 41(7), 961–970. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/esp.3911>
- Tobón-Marín, A., & Cañón Barriga, J. (2020). Analysis of changes in rivers planforms using google earth engine. *International Journal of Remote Sensing*, 41(22), 8654–8681. <https://doi.org/10.1080/01431161.2020.1792575>