



**Análisis De La Dinámica Fluvial Del Río Amazonas En El Municipio De Leticia Y Su
Incidencia En El Ordenamiento Territorial**

Maryory Pantevis Giron

Andrés Dario Eugenio

**Trabajo de Grado para optar el título de Maestría en Gestión Integral de Cuencas
Hidrográficas División de Ciencias y Tecnología**

Director:

Antonio Preziosi Ribero

**Maestría en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas División de Ciencias y Tecnología
Universidad Santo Tomás**



Contenido

Resumen.....	6
Abstract	7
Introducción	8
1. Planteamiento del Problema	9
1.1 Pregunta de Investigación	10
1.2 Justificación.....	11
1.3 Objetivos	12
1.3.1 Objetivo general.....	12
1.3.2 Objetivos específicos	12
1.4 Viabilidad de la Investigación.....	13
1.5 Hipótesis y Variables	14
1.6 Alcance y limitaciones.....	14
2. Marco Teórico.....	15
2.1 Antecedentes	15
2.2 Marco teórico y conceptual.....	18
2.2.1 Dinámica fluvial.....	18
2.2.2 Procesos geomorfológicos	19
2.2.3 Análisis multitemporal y teledetección.....	20
2.2.4 Susceptibilidad a inundación	21
2.2.5 Ordenamiento territorial y gestión integral de cuencas	22
2.3 Marco contextual	23
2.3.1 Contexto territorial de Leticia.....	23
2.3.2 Contexto fluvial y geomorfológico.....	24
2.4 Marco normativo e institucional	24
2.4.1 Ordenamiento territorial.....	24
2.4.2 Categorías del PBOT y resultados de la investigación	25
2.4.3 Determinantes ambientales	26
2.5 Síntesis conceptual de la investigación.....	27
3.1 Enfoque y tipo de investigación.....	28
3.1.1. Área de estudio	29
3.1.2. Unidades de análisis y selección de la información	31
3.2 Fase 1. Análisis multitemporal de la dinámica fluvial.....	32
3.2.1 Preparación y estandarización de la información	33



3.2.2 Digitalización del cauce y las geoformas fluviales.....	34
3.2.3 Comparación multitemporal	35
3.2.4. Enfoque multiescalar y dimensiones de análisis.....	36
3.3.1 Interpretación geomorfológica.....	37
3.3.2 Análisis de los procesos geomorfológicos.....	38
3.3.4 Relación con el ordenamiento territorial.....	39
3.4.1 Integración de criterios	41
3.5 Validación de la información.....	43
3.6 Técnicas de procesamiento y análisis	44
3.7 Software utilizado	45
3.7.1 Matriz metodológica	46
3.8 Productos metodológicos	47
La aplicación de las fases descritas permitió obtener los siguientes productos:.....	47
4. Resultados	49
4.1 Análisis multitemporal de la dinámica fluvial del río Amazonas (1970–2025)	49
4.3 Comparación 2002–2007	59
4.3.2 Análisis integral de la dinámica fluvial del río Amazonas durante el periodo 1970–2025	68
5.1.1 Análisis de la incidencia de la dinámica fluvial en el ordenamiento territorial.....	77
5.2 Diagnóstico territorial y problemáticas estructurales	81
6. Discusión.....	86
6.1 Dinámica fluvial y procesos geomorfológicos	87
6.2 Susceptibilidad relativa a inundación y contexto territorial	90
6.3 Dinámica fluvial y configuración urbana observada	92
6.4 Contraste con el PBOT e incidencia en el ordenamiento territorial	93
6.5 Aporte físico-territorial a la gestión de cuencas	95
6.6 Alcances, limitaciones y lectura crítica	97
Conclusiones	99
Recomendaciones	102
Referencias bibliográficas.....	104



Lista de tablas

Tabla 1. Imágenes utilizadas en el análisis multitemporal	32
Tabla 2. Criterios empleados para identificar las áreas susceptibles a inundación	41
Tabla 3. Criterios para la clasificación relativa de la susceptibilidad a inundación	41
Tabla 4. Matriz metodológica de la investigación	46
Tabla 5. Síntesis de los cambios geomorfológicos identificados entre 1970 y 2025	72
Tabla 6. Análisis por sector de las implicaciones del PBOT	84



Lista de figuras

	pág.
Figura 1. localización de Leticia, capital del departamento del Amazonas (Colombia)	30
Figura 2. Mapa satelital geográfico Rio Amazonas	31
Figura 3. Flujograma de la metodología	48
Figura 4. Dinámica fluvial 1970	50
Figura 5. Dinámica fluvial 1970–1984	50
Figura 6. Dinámica fluvial 1988	53
Figura 7. Dinámica fluvial 1988–1992	55
Figura 8. Dinámica fluvial 1999	56
Figura 9. Dinámica fluvial 1992–1999	57
Figura 10. Dinámica fluvial 1999–2002	59
Figura 11. Dinámica fluvial 2007–2012	61
Figura 12. Dinámica fluvial 2012–2015	62
Figura 13. Dinámica fluvial 2019	64
Figura 14. Dinámica fluvial 2015–2019	64
Figura 15. Dinámica fluvial 2025	66
Figura 16. Dinámica fluvial 2019–2025	66
Figura 17. Dinámica fluvial del río Amazonas – Leticia (1970–2025)	69
Figura 18. Areas susceptibles a inundación	81
Figura 19. Mapa geológico del municipio de Leticia	86
Figura 20. Geología de la zona de estudio (modificado de SGC, 2011)	88
Figura 21. Unidades geomorfológicas	90



Resumen

El presente documento expone el desarrollo de la tesis titulada “Análisis de la dinámica fluvial del río Amazonas en el municipio de Leticia y su incidencia en el ordenamiento territorial”, elaborada como requisito para optar al título de Magíster en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas. La investigación tiene como objetivo analizar la dinámica fluvial del río Amazonas y su relación con los procesos de ordenamiento territorial, con especial énfasis en la susceptibilidad a inundaciones en el casco urbano del municipio de Leticia.

Para el desarrollo del estudio se realizó un análisis multitemporal de la dinámica fluvial mediante la fotointerpretación de imágenes satelitales y cartografía histórica correspondientes a los últimos 55 años. A partir de la digitalización y georreferenciación de la información se identificaron cambios en la morfología del cauce, procesos de erosión y sedimentación, así como la formación y transformación de islas fluviales. Los resultados evidencian la presencia de un canal meándrico con una amplia llanura de inundación, caracterizado por curvas pronunciadas y procesos geomorfológicos que influyen en la dinámica del territorio y en la generación de zonas susceptibles a inundación.

Como resultado final, se elaboró una cartografía multitemporal de la dinámica fluvial y un mapa de susceptibilidad relativa a inundación. Los resultados fueron contrastados con la cartografía y las disposiciones del PBOT para reconocer coincidencias, diferencias y sectores que requieren actualización de la información o estudios de mayor detalle. Estos productos constituyen un insumo técnico-académico para el ordenamiento territorial y no reemplazan la zonificación oficial de amenaza ni definen usos del suelo, condiciones de ocupación o intervenciones sobre infraestructura.



Abstract

This document presents the development of the thesis entitled “Analysis of the Fluvial Dynamics of the Amazon River in the Municipality of Leticia and Its Influence on Territorial Planning”, prepared as a requirement to obtain the degree of Master in Integrated Watershed Management. The main objective of this research is to analyze the fluvial dynamics of the Amazon River and its relationship with territorial planning processes, with special emphasis on flood susceptibility in the urban area of the municipality of Leticia.

To carry out the study, a multitemporal analysis of fluvial dynamics was conducted through the photointerpretation of satellite images and historical cartography corresponding to the last 55 years. Based on the digitization and georeferencing of this information, changes in channel morphology, erosion and sedimentation processes, as well as the formation and transformation of fluvial islands were identified. The results reveal the presence of a meandering channel with an extensive floodplain, characterized by pronounced bends and geomorphological processes that influence territorial dynamics and contribute to the development of flood-prone areas.

As a final result, a multi-temporal cartographic product was developed that integrates river dynamics, geomorphological interpretation, and their relationship to land-use planning. This product allows for the identification of areas susceptible to flooding and constitutes a technical input of an academic nature to support land-use planning and decision-making in the municipality of Leticia.



Introducción

La investigación se centró en analizar los cambios que ha presentado el río Amazonas en el sector de Leticia y la manera en que estos pueden relacionarse con el ordenamiento territorial. Para ello se compararon fotografías aéreas, imágenes satelitales y cartografía histórica correspondientes al periodo 1970–2025. Esta información permitió observar modificaciones en el cauce, las márgenes y las islas, además de reconocer procesos de erosión y sedimentación que han intervenido en la configuración del paisaje fluvial durante los últimos 55 años (Rozo et al., 2014).

A partir de los cambios identificados se analizaron los sectores que presentan una relación más directa con la dinámica del río. La clasificación de la susceptibilidad a inundación tuvo en cuenta las características geomorfológicas, la conexión con el cauce, las evidencias de ocupación por el agua observadas en las imágenes y la información recopilada durante los recorridos de campo. Este análisis permitió diferenciar sectores con susceptibilidad relativa alta, media y baja, sin que ello represente una zonificación oficial de amenaza o una evaluación de riesgo.

Como resultado se elaboró una cartografía multitemporal de la dinámica fluvial y un mapa de áreas con susceptibilidad relativa a inundación. Estos productos muestran los principales cambios registrados en el río y permiten contrastar la configuración observada entre 1970 y 2025 con la información utilizada por el PBOT. Su alcance corresponde a un insumo técnico-académico para la planificación territorial y no a una definición de usos del suelo o condiciones de ocupación.



1. Planteamiento del Problema

El río Amazonas y su llanura aluvial conforman un sistema dinámico que experimenta modificaciones continuas como consecuencia de los procesos de erosión, transporte y sedimentación. Estos procesos generan cambios en la configuración del cauce, el desplazamiento de las márgenes y la formación, transformación o desaparición de barras e islas fluviales (Posada García, 2005).

El municipio de Leticia se encuentra localizado sobre la margen izquierda del río Amazonas, en un territorio conformado por unidades geomorfológicas con diferentes condiciones de estabilidad. El casco urbano se asienta principalmente sobre la terraza de Leticia, mientras que la Isla de la Fantasía, las zonas bajas cercanas al muelle y otros sectores próximos al río forman parte de la llanura de inundación. Estas diferencias geomorfológicas condicionan la manera en que los distintos sectores pueden ser afectados por las crecientes y por los cambios en la configuración del cauce.

La dinámica fluvial también tiene implicaciones para el uso y la ocupación del territorio. En sectores como la Isla de la Fantasía existe presencia de viviendas, población e infraestructura en espacios directamente relacionados con la llanura de inundación y con el comportamiento estacional del río. Por su parte, las zonas bajas próximas al muelle concentran actividades portuarias, comerciales y de movilidad que requieren una relación directa con el sistema fluvial. Estas condiciones evidencian la necesidad de incorporar el conocimiento sobre la evolución del río en las decisiones de planificación territorial.



El Plan Básico de Ordenamiento Territorial de Leticia y otros instrumentos de planificación reconocen la existencia de sectores con condiciones de amenaza por inundación y establecen restricciones para determinados usos y formas de ocupación. Sin embargo, la información sobre la evolución espacial del cauce y de las geoformas fluviales requiere actualización periódica, debido a que el río Amazonas modifica continuamente la configuración de sus márgenes, islas, canales secundarios y llanura de inundación.

Aunque existen estudios sobre la dinámica fluvial y las inundaciones en Leticia, todavía es limitada la información que integra los cambios geomorfológicos ocurridos durante un periodo prolongado con sus implicaciones para el ordenamiento territorial. En consecuencia, se requiere analizar la evolución del río Amazonas entre 1970 y 2025 mediante información cartográfica, fotografías aéreas, imágenes satelitales y observaciones de campo, con el propósito de identificar los principales procesos geomorfológicos y delimitar áreas susceptibles a inundación.

La investigación se concentra en la identificación de condiciones relativas de susceptibilidad y en el análisis de sus implicaciones territoriales. Por tanto, no desarrolla una zonificación probabilística de amenaza, una evaluación formal de vulnerabilidad ni un análisis de riesgo por inundación. Sus resultados corresponden a un insumo técnico de carácter académico para apoyar la planificación y la gestión territorial preventiva del municipio de Leticia.

1.1 Pregunta de Investigación

La pregunta de investigación que se plantea para el presente estudio es ¿Cómo ha evolucionado la dinámica fluvial del río Amazonas en el municipio de Leticia durante el periodo 1970–2025 y



cuáles son sus implicaciones en la identificación de áreas susceptibles a inundación y en el ordenamiento territorial?

1.2 Justificación

Los grandes ríos cumplen un papel fundamental en la evolución del paisaje, ya que transportan importantes volúmenes de agua y sedimentos desde las cuencas continentales hasta los océanos. Estos procesos intervienen en la modificación del cauce, la formación de islas, la erosión de las márgenes y la acumulación de sedimentos, generando cambios permanentes en la configuración del territorio. (Rozo et al., 2014).

En el municipio de Leticia, la dinámica del río Amazonas ha influido históricamente en la transformación de la llanura aluvial y en las condiciones de ocupación de las áreas cercanas al cauce. Sin embargo, la información disponible sobre la evolución espacial del río y su relación con el ordenamiento territorial es limitada, lo que limita su incorporación en los procesos de planificación territorial y en la toma de decisiones relacionadas con el uso y la ocupación del suelo.

El análisis multitemporal, apoyado en imágenes satelitales y cartografía histórica, permite reconstruir la evolución del cauce e identificar los principales cambios geomorfológicos registrados durante el periodo de estudio. A partir de esta información es posible reconocer procesos propios de la dinámica fluvial del río Amazonas, como la erosión de las márgenes, la sedimentación y la formación de nuevas geoformas, los cuales constituyen elementos de apoyo para la planificación territorial.



Desde el punto de vista institucional, la investigación aporta información técnica que puede apoyar futuras revisiones del Plan Básico de Ordenamiento Territorial de Leticia, especialmente mediante la actualización de la lectura cartográfica del cauce, las islas, las márgenes y la llanura de inundación. El estudio no modifica las disposiciones del PBOT ni propone una nueva reglamentación de usos del suelo.

De igual manera, el estudio aporta una base de información que podrá ser utilizada en futuras investigaciones sobre amenaza y riesgo por inundación, así como en la formulación de estrategias orientadas a la adaptación frente a los cambios que experimenta el río Amazonas y su llanura de inundación

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general*

Analizar la dinámica fluvial del río Amazonas en el municipio de Leticia durante el periodo 1970–2025, mediante el análisis multitemporal de los procesos geomorfológicos, con el fin de establecer su incidencia en el ordenamiento territorial e identificar áreas susceptibles a inundación como insumo para la planificación y la gestión territorial preventiva.

1.3.2 *Objetivos específicos*

- Analizar la dinámica fluvial del río Amazonas en el municipio de Leticia durante el periodo comprendido entre 1970 y 2025, mediante el análisis multitemporal del comportamiento del cauce.



- Identificar los principales procesos geomorfológicos asociados con la dinámica fluvial del río Amazonas, con el fin de analizar su incidencia en el ordenamiento territorial del municipio de Leticia.
- Identificar y delimitar las áreas con susceptibilidad relativa a inundación en el municipio de Leticia mediante la integración del análisis multitemporal y la interpretación geomorfológica, y contrastar los resultados con la cartografía y las disposiciones del PBOT, como insumo técnico-académico para el ordenamiento territorial.

1.4 Viabilidad de la Investigación

La investigación fue viable desde el punto de vista técnico, metodológico e institucional, debido a la disponibilidad de información cartográfica, imágenes satelitales, documentos de planificación territorial y herramientas de análisis geoespacial que permitieron desarrollar el estudio de la dinámica fluvial del río Amazonas en el municipio de Leticia.

El análisis se fundamentó en el uso de imágenes satelitales Landsat y Sentinel-2, información cartográfica oficial, Sistemas de Información Geográfica (SIG), el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) y otras fuentes técnicas e institucionales, las cuales facilitaron el análisis multitemporal de los cambios del cauce, los procesos geomorfológicos y la delimitación de áreas susceptibles a inundación. (United States Geological Survey [USGS], 2024; SUHET, 2013; IGAC, 2023).

La viabilidad de la investigación también se sustentó en la pertinencia del tema para el municipio de Leticia, donde la dinámica fluvial influye en la configuración del territorio. Los resultados



pueden apoyar futuras revisiones del PBOT al aportar una línea base multitemporal y señalar sectores donde se requiere actualización cartográfica o estudios de mayor detalle.

1.5 Hipótesis y Variables

La dinámica fluvial del río Amazonas durante el periodo 1970-2025 ha generado cambios en la configuración del cauce, las márgenes y las islas fluviales, produciendo diferencias espaciales en la estabilidad geomorfológica y en la susceptibilidad relativa a inundación. Se espera que los sectores pertenecientes a la llanura de inundación y con evidencias de ocupación por el agua presenten mayor susceptibilidad, mientras que unidades geomorfológicamente más estables, como la terraza de Leticia, presenten menor susceptibilidad. Estas diferencias pueden ser contrastadas con la información del PBOT para reconocer coincidencias, vacíos de actualización y necesidades de estudios complementarios.

1.6 Alcance y limitaciones

La investigación se orientó a la identificación de áreas susceptibles a inundación mediante el análisis multitemporal, geomorfológico y territorial. No se realizó una zonificación probabilística de amenaza, ni un análisis de riesgo, debido a que estos componentes requieren información y procedimientos técnicos que exceden el alcance y los objetivos del estudio. En consecuencia, la identificación de la población, infraestructura y actividades económicas presentes en algunos sectores se utilizó únicamente para reconocer las implicaciones territoriales de la inundación y no constituye una evaluación formal de vulnerabilidad. De igual manera, las recomendaciones



formuladas corresponden a lineamientos preventivos para el ordenamiento territorial y no a medidas de mitigación derivadas de un estudio detallado de riesgo.

2. Marco Teórico

Este capítulo reúne los antecedentes, conceptos, características territoriales e instrumentos de planificación que orientan la investigación. Su organización responde a cuatro componentes relacionados: dinámica fluvial, procesos geomorfológicos, análisis multitemporal y susceptibilidad a inundación. Estos elementos se articulan posteriormente con el ordenamiento territorial del municipio de Leticia.

2.1 Antecedentes

Rozo, Nogueira y Soto (2014) analizaron los cambios en la configuración del río Amazonas durante el periodo 1986–2006 mediante imágenes Landsat y técnicas de procesamiento digital. Los autores identificaron modificaciones en las márgenes, desplazamientos del cauce y transformaciones en las islas fluviales. Este trabajo constituye un antecedente directo para la presente investigación porque demuestra la utilidad de los sensores remotos para reconstruir la evolución espacial de un sistema fluvial de gran tamaño.

El aporte de Rozo et al. (2014) se concentra en la observación de los cambios en planta del río. Sin embargo, la identificación de una modificación espacial no explica por sí sola el proceso que la produce. Para complementar esta lectura, Posada García (2005) aborda la dinámica de los paisajes aluviales a partir de los procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimentos. Ambos planteamientos son complementarios: el primero permite identificar dónde se producen



los cambios, mientras que el segundo contribuye a interpretar los procesos geomorfológicos asociados con esos cambios.

Jaramillo, Parra y Rangel (2011) estudian las variaciones climáticas registradas en la estratigrafía de la Amazonía colombiana durante el Neógeno y el Cuaternario. Su investigación muestra que las formaciones superficiales de la región conservan evidencias de cambios ambientales ocurridos en escalas temporales amplias. Este antecedente aporta elementos para comprender la evolución geológica de la Amazonía, aunque su escala temporal y su enfoque estratigráfico son diferentes de los utilizados en la presente investigación, que se concentra en los cambios superficiales del cauce ocurridos entre 1970 y 2025.

En una escala local, la Universidad Nacional de Colombia desarrolló en 2002 estudios geológicos, geomorfológicos y fluviales relacionados con el muelle flotante Victoria Regia, en Leticia. Estos estudios aportaron información sobre las condiciones físicas del sector y evidenciaron la necesidad de considerar la dinámica del río en el diseño y localización de infraestructura próxima al cauce. Su alcance estuvo orientado principalmente a una intervención específica, mientras que la presente investigación amplía el análisis espacial y temporal mediante la comparación de fotografías aéreas, imágenes satelitales y cartografía histórica.

Los antecedentes revisados permiten identificar tres aproximaciones principales. La primera corresponde al análisis de los cambios espaciales del cauce mediante sensores remotos; la segunda se relaciona con la explicación geomorfológica de los procesos de erosión y sedimentación; y la tercera examina las condiciones locales del río frente a obras e infraestructura. A pesar de estos aportes, continúa siendo limitada la información que integre la evolución del cauce durante un periodo aproximado de 55 años con la identificación de áreas



susceptibles a inundación y sus implicaciones para el ordenamiento territorial de Leticia. Este vacío orienta el desarrollo de la presente investigación.

Como complemento de los antecedentes anteriores, se revisó literatura científica reciente (2020–2025) relacionada con dinámica fluvial, geomorfología, teledetección y susceptibilidad a inundación. Nagel et al. (2023) realizaron una revisión de estudios sobre migración de meandros mediante sensores satelitales y encontraron una amplia aplicación de series Landsat, incluidos estudios en la cuenca amazónica. Este antecedente respalda la utilidad del análisis multitemporal empleado en la presente investigación, aunque también señala limitaciones asociadas con la resolución espacial y la cobertura de nubes. Por otra parte, Vázquez-Tarrío et al. (2024) resaltan que el transporte de sedimentos influye en la erosión, la acreción y la estabilidad del cauce durante eventos de inundación, aspecto que permite fortalecer la interpretación conjunta de los cambios geomorfológicos identificados. Finalmente, Oo y Humphries (2025), mediante una revisión sistemática de estudios sobre modelación de inundaciones y cambios de cobertura y uso del suelo, muestran la importancia de integrar información de teledetección y SIG con variables hidrológicas cuando se busca avanzar desde una aproximación de susceptibilidad hacia evaluaciones de amenaza. Estos estudios complementan los antecedentes locales y permiten ubicar la presente investigación dentro de los desarrollos recientes, manteniendo su alcance centrado en la susceptibilidad relativa y no en una modelación probabilística de amenaza.

En conjunto, la revisión muestra que los estudios recientes han avanzado principalmente en el uso de series de imágenes satelitales, SIG y metodologías de análisis espacial para estudiar la evolución de los cauces y las inundaciones. Sin embargo, estos enfoques no siempre integran en un mismo análisis la evolución geomorfológica de largo plazo y su relación con el ordenamiento territorial a escala local. En este sentido, la presente investigación articula el análisis multitemporal del río



Amazonas con la interpretación geomorfológica y el contraste con el PBOT de Leticia, constituyendo el principal vacío que se busca abordar.

2.2 Marco teórico y conceptual

2.2.1 Dinámica fluvial

La dinámica fluvial comprende los procesos mediante los cuales un río modifica su cauce, sus márgenes y las geoformas asociadas a lo largo del tiempo. Entre estos procesos se encuentran la erosión, el transporte y la sedimentación, cuya interacción produce cambios en la posición del cauce, la formación de barras e islas y la apertura o cierre de canales secundarios (Knighton, 2014; Ollero et al., 2011).

Los ríos aluviales presentan una configuración cambiante porque sus cauces se desarrollan sobre materiales que pueden ser erosionados, transportados y depositados nuevamente. La estabilidad de un margen o de una isla no debe entenderse como una condición permanente, sino como el resultado temporal del equilibrio entre los procesos que actúan sobre el sistema.

Rozo et al. (2014) analizan la dinámica del río Amazonas a partir de los cambios en su configuración espacial y destacan la movilidad de los márgenes y las islas fluviales. Posada García (2005), por su parte, explica estas transformaciones desde el comportamiento de los sedimentos y la evolución de los paisajes aluviales. Los dos enfoques coinciden en reconocer que el cauce amazónico no es un elemento fijo del territorio. La diferencia se encuentra en que Rozo et al. aportan una lectura espacial apoyada en imágenes satelitales, mientras que Posada García permite interpretar los procesos físicos asociados con las modificaciones observadas.



En esta investigación se integran ambas aproximaciones. El análisis multitemporal permite establecer dónde y cuándo se presentaron cambios entre 1970 y 2025, mientras que la interpretación geomorfológica permite relacionarlos con procesos de erosión, sedimentación, transformación de islas y reorganización de canales secundarios. Esta integración constituye la base para diferenciar unidades relativamente estables de sectores sometidos a una dinámica fluvial más activa.

2.2.2 Procesos geomorfológicos

La geomorfología fluvial estudia las formas del relieve relacionadas con los ríos y los procesos responsables de su origen y transformación. Las geoformas fluviales son el resultado de la interacción entre el flujo, los sedimentos, las características geológicas y la configuración del terreno. En los sistemas aluviales pueden reconocerse, entre otras formas, llanuras de inundación, terrazas, barras, islas, cauces abandonados y canales secundarios (Segura, 2013; Knighton, 2014).

La erosión produce la remoción de materiales en las márgenes y puede generar desplazamientos laterales del cauce. La sedimentación ocurre cuando disminuye la capacidad de transporte del flujo y los materiales se acumulan en barras, playas o islas. La actuación simultánea de ambos procesos explica que un mismo sector pueda perder material en una margen y acumularlo en otra.

El Servicio Geológico Colombiano diferencia las unidades geomorfológicas de acuerdo con su origen, forma y dinámica. Para este estudio resulta especialmente importante distinguir entre las unidades relativamente estables y aquellas relacionadas directamente con la actividad reciente



del río. La terraza de Leticia corresponde a una superficie más estable frente a los cambios observados en la llanura aluvial, mientras que las islas, barras y canales secundarios mantienen una relación más directa con los procesos actuales de erosión y sedimentación.

Esta diferenciación no se utiliza únicamente para describir el relieve. También proporciona criterios para interpretar la susceptibilidad a inundación y las posibilidades de ocupación del territorio. Las unidades conectadas con el cauce y sujetas a modificaciones frecuentes requieren un tratamiento territorial diferente del aplicado a las superficies que han mostrado mayor estabilidad durante el periodo analizado.

2.2.3 Análisis multitemporal y teledetección

El análisis multitemporal consiste en comparar información espacial obtenida en diferentes fechas para identificar cambios en la superficie terrestre. Las imágenes satelitales y las fotografías aéreas permiten reconstruir configuraciones anteriores del territorio y reconocer tendencias que no pueden observarse a partir de una sola fecha (Ruiz, Savé y Herrera, 2013).

En los estudios fluviales, esta técnica permite comparar la posición del cauce, las márgenes, las islas y los canales secundarios. Su aplicación requiere considerar las diferencias de resolución, escala, calidad y fecha de adquisición de los insumos. Una variación observada entre dos imágenes no debe interpretarse automáticamente como un cambio real, pues también puede originarse en diferencias de georreferenciación, resolución espacial o condiciones de adquisición.

Rozo et al. (2014) demostraron la utilidad de las imágenes Landsat para analizar cambios en la configuración del río Amazonas. La presente investigación retoma esta aproximación y la amplía



mediante la incorporación de una fotografía aérea histórica, imágenes Landsat, una imagen Sentinel-2 y fuentes de apoyo para el periodo 1970–2025.

El procedimiento no se basó en una clasificación automática de coberturas. Se aplicaron técnicas de fotointerpretación visual, georreferenciación, digitalización manual y superposición de capas. Por ello, el análisis multitemporal se utiliza para identificar cambios espaciales en el sistema fluvial y no para establecer las causas hidrológicas que los originaron.

2.2.4 Susceptibilidad a inundación

La inundación corresponde a la ocupación temporal por el agua de sectores que normalmente permanecen secos. Su distribución espacial se relaciona con la configuración del cauce, las características geomorfológicas del terreno, la conexión con la red de drenaje y la dinámica propia de la llanura de inundación.

En esta investigación, la susceptibilidad se entiende como la condición relativa de un sector para ser ocupado por el agua, de acuerdo con su localización geomorfológica, su conexión con el cauce y las evidencias identificadas en el registro multitemporal. Esta definición permite diferenciar espacialmente sectores con susceptibilidad alta, media y baja a partir de los insumos disponibles.

La susceptibilidad no es equivalente a la amenaza. La evaluación de amenaza requiere establecer la probabilidad, frecuencia o intensidad con la que puede presentarse un fenómeno, generalmente mediante registros hidrológicos, periodos de retorno o modelaciones.



La adopción del concepto de susceptibilidad responde al alcance de la investigación. Debido a que no se utilizaron series continuas de niveles o caudales, periodos de retorno ni modelación hidráulica, el producto obtenido no constituye una zonificación probabilística de amenaza. Tampoco corresponde a una evaluación de vulnerabilidad o riesgo. Se trata de una clasificación relativa orientada a reconocer diferencias espaciales y analizar sus implicaciones para el ordenamiento territorial.

2.2.5 Ordenamiento territorial y gestión integral de cuencas

El ordenamiento territorial orienta el uso, la ocupación y la transformación del suelo de acuerdo con sus condiciones ambientales, sociales y económicas. En municipios ribereños, las decisiones territoriales deben considerar que el río no constituye un límite fijo, sino un sistema que modifica las márgenes y las áreas asociadas con su llanura aluvial.

Desde esta perspectiva, la dinámica fluvial aporta criterios para diferenciar usos compatibles e incompatibles con las condiciones físicas del territorio. Las unidades relativamente estables pueden ofrecer mejores condiciones para la consolidación urbana, mientras que los sectores conectados con la llanura de inundación requieren controles sobre la ocupación permanente y un seguimiento periódico de los cambios del cauce.

La gestión integral de cuencas plantea la necesidad de articular los procesos físicos del agua con los ecosistemas, los usos del territorio y las decisiones institucionales. El aporte de esta investigación se concentra en la dimensión físico-territorial y en las escalas local y municipal. El análisis no constituye una evaluación integral de toda la cuenca amazónica, pero muestra cómo la evolución del cauce debe ser incorporada en la planificación territorial de Leticia.



La escala local comprende las márgenes, islas, canales secundarios y sectores como la Isla de la Fantasía y las zonas bajas próximas al muelle. La escala municipal se relaciona con los usos del suelo y las disposiciones del PBOT. La escala regional se reconoce como contexto debido a que el tramo estudiado forma parte de un sistema fluvial fronterizo compartido con Perú y Brasil, aunque sus relaciones hidrológicas e institucionales no fueron evaluadas en detalle.

2.3 Marco contextual

2.3.1 Contexto territorial de Leticia

El municipio de Leticia se localiza en el extremo sur de Colombia, sobre la margen izquierda del río Amazonas y en la zona fronteriza con Brasil y Perú. Su relación con el río es física, económica y funcional, debido a que buena parte de las actividades portuarias, comerciales y de movilidad regional dependen del sistema fluvial.

El área de estudio comprende sectores con características geomorfológicas diferentes. El casco urbano se localiza principalmente sobre la terraza de Leticia, mientras que la Isla de la Fantasía, las zonas bajas próximas al muelle y otros espacios asociados con el río forman parte de la llanura aluvial. Esta diferencia permite comprender por qué la dinámica fluvial tiene implicaciones distintas dentro del municipio.

El crecimiento y consolidación de la ciudad se ha desarrollado principalmente sobre las superficies relativamente estables. Sin embargo, también existe presencia de viviendas, infraestructura y actividades en sectores próximos al cauce. La investigación utiliza esta



información para analizar las implicaciones territoriales de las condiciones físicas observadas, sin desarrollar una evaluación formal de vulnerabilidad o riesgo.

2.3.2 Contexto fluvial y geomorfológico

El río Amazonas se caracteriza por transportar grandes volúmenes de agua y sedimentos, lo que favorece la formación y transformación de barras, islas y canales secundarios. En el sector de Leticia, estos procesos se expresan principalmente en la llanura aluvial y en la margen opuesta al casco urbano.

La terraza de Leticia presenta condiciones de mayor estabilidad relativa frente a los cambios identificados en la llanura. Por su parte, la Isla de la Fantasía mantiene una relación directa con el sistema fluvial debido a su origen aluvial, su posición y su conexión con el cauce. Las zonas próximas al muelle también requieren una lectura particular porque combinan funciones portuarias y comerciales con condiciones físicas asociadas al río.

Estas diferencias constituyen el contexto territorial dentro del cual se interpretan los resultados. La investigación no parte de la idea de que todo el municipio presenta las mismas condiciones, sino de la existencia de unidades con distintos grados de estabilidad y susceptibilidad.

2.4 Marco normativo e institucional

2.4.1 Ordenamiento territorial

La Ley 388 de 1997 establece que el ordenamiento territorial debe orientar el desarrollo físico del territorio y regular los usos del suelo. También dispone que los municipios incorporen



determinantes ambientales y consideraciones relacionadas con la prevención de desastres en sus instrumentos de planificación.

El Plan Básico de Ordenamiento Territorial de Leticia constituye el principal referente municipal para analizar el uso y la ocupación del suelo. Sus componentes general, urbano y rural contienen lineamientos relacionados con la protección de la estructura ecológica, la regulación de la expansión urbana y el manejo de sectores con restricciones ambientales.

Para esta investigación son especialmente relevantes las disposiciones del PBOT relacionadas con la llanura de inundación, las zonas próximas al río, la localización de viviendas e infraestructura y el seguimiento de las condiciones ambientales del municipio. Los demás componentes del instrumento se consideran como contexto general, pero no forman parte del análisis central.

2.4.2 Categorías del PBOT y resultados de la investigación

Los documentos técnicos del PBOT utilizan categorías de amenaza por inundación para establecer restricciones y orientaciones sobre el uso del suelo. Estas categorías tienen un carácter normativo dentro del proceso de ordenamiento municipal.

La investigación no reproduce ni sustituye esa clasificación. El mapa elaborado presenta grados relativos de susceptibilidad derivados del análisis multitemporal y geomorfológico. Por esta razón, las categorías del PBOT y los resultados del estudio se utilizan como fuentes complementarias, pero no equivalentes.



El contraste permite examinar si los sectores identificados mediante el análisis de la dinámica fluvial coinciden con las áreas que el instrumento municipal reconoce como sujetas a restricciones. También permite señalar la necesidad de actualizar periódicamente la información cartográfica, considerando que el cauce, las islas y la llanura aluvial cambian con el tiempo.

2.4.3 Determinantes ambientales

Las determinantes ambientales son normas y criterios de superior jerarquía que deben ser incorporados en los instrumentos de ordenamiento territorial. Para el municipio de Leticia incluyen disposiciones relacionadas con la protección de ecosistemas estratégicos, el recurso hídrico, las áreas con restricciones ambientales y la prevención de ocupaciones incompatibles con las condiciones naturales.

En el contexto de esta investigación, las determinantes ambientales respaldan la necesidad de considerar la dinámica del río en las decisiones territoriales. Su función dentro del estudio es proporcionar un marco institucional para interpretar las implicaciones de la susceptibilidad identificada, no definir directamente las categorías del mapa elaborado.

El POMCA de la quebrada Yahuaraca también constituye un referente de planificación ambiental para el municipio. Su alcance espacial y sus objetivos son diferentes de los de esta investigación, pero aporta lineamientos sobre la relación entre el agua, los ecosistemas y los usos del territorio.



2.5 Síntesis conceptual de la investigación

La revisión de antecedentes y conceptos permite establecer que la evolución del río Amazonas debe analizarse mediante la relación entre procesos físicos, cambios espaciales y decisiones territoriales. La dinámica fluvial explica el carácter cambiante del cauce; la geomorfología permite interpretar las formas y procesos observados; y el análisis multitemporal muestra su evolución durante el periodo 1970–2025.

A partir de esta integración se identifican las áreas con diferente susceptibilidad relativa a inundación. La susceptibilidad expresa una condición física y espacial, pero no constituye por sí sola una evaluación de amenaza, o riesgo. Por esta razón, la presencia de viviendas, población, infraestructura y actividades se utiliza únicamente para reconocer implicaciones territoriales. Los resultados se contrastan posteriormente con el PBOT y las determinantes ambientales.

3. Metodología

La metodología se estructuró en tres fases articuladas con los objetivos específicos de la investigación. La primera fase estuvo orientada al análisis multitemporal de la dinámica fluvial del río Amazonas entre 1970 y 2025; la segunda, a la identificación de los procesos geomorfológicos y al análisis de su incidencia en el ordenamiento territorial; y la tercera, a la delimitación de áreas susceptibles a inundación mediante la integración de información geomorfológica y de campo.

La validación de la información se desarrolló de manera transversal durante las tres fases, mediante recorridos de campo, revisión de imágenes de alta resolución y contraste con



información cartográfica y técnica oficial. Esta estructura metodológica permitió mantener una correspondencia directa entre los objetivos, los procedimientos aplicados y los resultados obtenidos.

3.1 Enfoque y tipo de investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque predominantemente cuantitativo, orientado al análisis espacial y temporal de la dinámica fluvial del río Amazonas mediante el uso de fotografías aéreas, imágenes satelitales, cartografía histórica y Sistemas de Información Geográfica —SIG—. Este enfoque permitió comparar la posición del cauce en diferentes años, identificar cambios geomorfológicos y establecer diferencias espaciales en las condiciones relativas de susceptibilidad a inundación.

De manera complementaria, se incorporó información cualitativa obtenida durante los recorridos de campo y mediante las apreciaciones de habitantes de sectores ribereños. Esta información fue empleada como apoyo interpretativo para reconocer las condiciones de ocupación del territorio y las formas de relación de las comunidades con la dinámica del río, pero se utilizó únicamente como apoyo interpretativo y no como criterio independiente para establecer los grados relativos de susceptibilidad a inundación.

Por su alcance, la investigación fue de tipo descriptivo y analítico. Fue descriptiva porque permitió caracterizar la evolución del cauce, las geoformas fluviales y las áreas susceptibles a inundación; y analítica porque integró la dinámica fluvial, la geomorfología y la información del ordenamiento territorial para explicar las diferencias observadas dentro del área de estudio.



El estudio se desarrolló bajo un diseño no experimental, longitudinal y retrospectivo. Fue no experimental porque no se modificaron las condiciones naturales del río; longitudinal porque se analizaron distintos momentos comprendidos entre 1970 y 2025; y retrospectivo porque se empleó información histórica para reconstruir la evolución del sistema fluvial.

3.1.1. Área de estudio

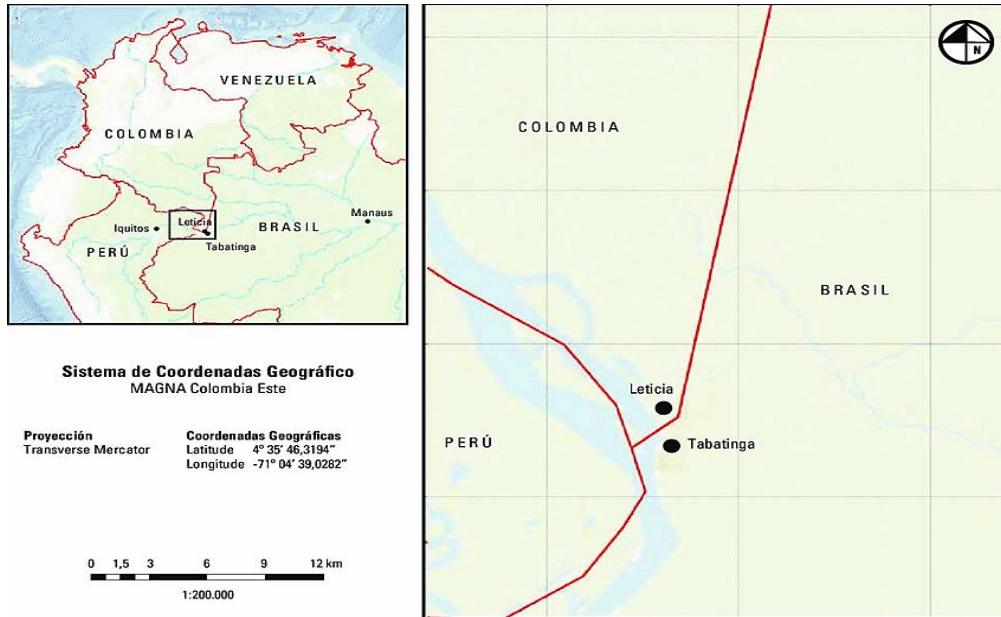
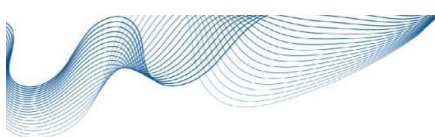
El área de estudio se localiza en el municipio de Leticia, departamento del Amazonas, al sur de Colombia, sobre la margen izquierda del río Amazonas y en la zona fronteriza con Brasil y Perú. Comprende sectores de la terraza de Leticia, la llanura aluvial, las islas fluviales, los canales secundarios y otras geoformas relacionadas con la dinámica del río. (Ver figura 1)

El área fue delimitada mediante un polígono definido por las siguientes coordenadas geográficas: (1) 4°5'51.16" S, 70°1'17.81" W; (2) 4°14'1.80" S, 69°54'11.21" W; (3) 4°17'29.40" S, 69°58'27.12" W; y (4) 4°9'5.94" S, 70°6'5.43" W. (Ver figura 2)

Esta delimitación comprende los sectores donde se presentan los principales procesos de migración lateral, erosión, sedimentación, formación de islas e inundación, así como las áreas de interacción entre el río y el casco urbano de Leticia.

Figura 1.

La localización de Leticia, capital del departamento del Amazonas (Colombia), en la frontera triple entre Colombia, Brasil y Perú. (MPA)



Fuente: Sistema MAGNA

Figura 2.
Mapa satelital geografía río Amazonas-ubicación del área de estudio



Fuente: Google Earth 2025



3.1.2. Unidades de análisis y selección de la información

La principal unidad espacial de análisis estuvo conformada por el corredor fluvial del río Amazonas incluido dentro del polígono de estudio. Dentro de este corredor se analizaron el cauce principal, las márgenes, los brazos secundarios, las barras, las islas fluviales, la llanura de inundación y la terraza de Leticia.

La unidad temporal estuvo conformada por las fechas para las cuales se dispuso de información cartográfica o de sensores remotos con condiciones adecuadas para la interpretación. Se analizaron los años 1970, 1984, 1988, 1992, 1999, 2002, 2007, 2012, 2015, 2019 y 2025.

La selección fue no probabilística e intencional, determinada por la disponibilidad, cobertura, resolución espacial, nivel de nubosidad y calidad de la información. Siempre que fue posible, se priorizaron imágenes correspondientes a periodos durante temporadas de niveles bajos o intermedios del río, con el propósito de reducir las diferencias generadas únicamente por la variación estacional.

Las fuentes utilizadas se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1. *Imágenes utilizadas en el análisis multitemporal*

Año	Fuente	Sensor	Resolución espacial
1970	Fotografía aérea IGAC	Fotografía aérea	Variable
1984	Landsat 5	TM	30 m
1988	Landsat 5	TM	30 m
1992	Landsat 5	TM	30 m
1999	Landsat 7	ETM+	30 m
2002	Landsat 7	ETM+	30 m
2007	Landsat 5	TM	30 m
2012	Landsat 7	ETM+	30 m



2015	Landsat 8	OLI	30 m
2019	Landsat 8	OLI	30 m
2025	Sentinel-2	MSI	10 m

Fuente: Elaboración propia con base en fotografías aéreas del IGAC (1970), imágenes Landsat (USGS, 2024) y Sentinel-2 (SUHET, 2013).

Además de las fotografías aéreas y las imágenes satelitales presentadas en la Tabla 1, se empleó cartografía base del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) como referencia espacial y apoyo para la georreferenciación. La información geológica y geomorfológica del Servicio Geológico Colombiano (SGC) fue utilizada para interpretar las unidades físicas relacionadas con la dinámica fluvial.

Los documentos técnicos y la cartografía del Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) de Leticia se utilizaron para contrastar los resultados del análisis multitemporal con las disposiciones sobre uso y ocupación del territorio. El PBOT no fue utilizado como fuente para asignar los grados relativos de susceptibilidad obtenidos en la investigación.

Los documentos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales se consultaron únicamente como referentes conceptuales sobre inundaciones. No se utilizaron registros de niveles, caudales, periodos de retorno ni información hidrológica del IDEAM como insumos para la clasificación. Google Earth Pro se empleó como apoyo para la verificación visual de los elementos interpretados.

3.2 Fase 1. Análisis multitemporal de la dinámica fluvial

Esta fase respondió al primer objetivo específico, orientado a analizar la dinámica fluvial del río Amazonas durante el periodo 1970–2025.



3.2.1 Preparación y estandarización de la información

Las fotografías aéreas, imágenes satelitales y demás insumos cartográficos fueron organizados por año y verificados en cuanto a cobertura, resolución y calidad visual. Posteriormente, la información fue georreferenciada y ajustada a un mismo sistema de referencia espacial, con el propósito de garantizar la correspondencia geométrica entre las diferentes fechas.

Las imágenes fueron recortadas de acuerdo con el polígono del área de estudio y organizadas en una base de datos geográfica. Debido a las diferencias de resolución entre las fuentes utilizadas, la interpretación se realizó teniendo en cuenta la escala y el nivel de detalle disponible para cada año.

3.2.1.1 Parámetros cartográficos y control de incertidumbre

La estandarización cartográfica se efectuó con parámetros comunes para todas las fechas y con reglas explícitas de interpretación. La referencia espacial corresponde a la proyección Transverse Mercator MAGNA-SIRGAS / Colombia Este (EPSG:3118), indicada en la cartografía base de la Figura 1. Los insumos se conservaron en su resolución nativa y no se aplicaron remuestreos destinados a aumentar artificialmente el detalle. La ficha siguiente resume los parámetros necesarios para reproducir el procedimiento.

Los mapas finales se elaboraron a escala 1:30.000. El nivel efectivo de detalle estuvo condicionado por la resolución espacial de cada insumo, por lo que no se interpretaron como concluyentes los cambios inferiores al tamaño del píxel cuando no existía evidencia complementaria



Ficha metodológica de parámetros cartográficos y reglas de interpretación

Parámetro	Especificación aplicada
Sistema de referencia	MAGNA-SIRGAS / Colombia Este, proyección Transverse Mercator, EPSG:3118.
Cobertura temporal	1970, 1984, 1988, 1992, 1999, 2002, 2007, 2012, 2015, 2019 y 2025; comparación por diez intervalos consecutivos y síntesis 1970-2025.
Resolución de entrada	Landsat: 30 m; Sentinel-2: 10 m; fotografía aérea de 1970: resolución variable y sin metadatos técnicos completos.
Escala de trabajo y salida	La visualización se ajustó a la resolución de cada fuente, sin interpretar detalle subpíxel. Los mapas finales se configuraron a escala 1:30.000.
Regla de digitalización	Delimitación manual del cauce activo, márgenes, islas, barras, brazos y cauces abandonados. Cada geometría se revisó para detectar discontinuidades, superposiciones y errores topológicos.
Umbral interpretativo	En Landsat no se consideraron concluyentes los desplazamientos inferiores a un píxel (30 m) cuando no existía confirmación morfológica o apoyo de otra fuente. Para 1970, los cambios se interpretaron de forma relativa y no se asignó precisión métrica absoluta.
Validación	Contraste con imágenes de mayor resolución de Google Earth Pro, cartografía del IGAC y del SGC, registros fotográficos y puntos georreferenciados de campo, y revisión de coherencia entre fechas consecutivas.
Clasificación	C1-C4 con ponderación binaria e igual peso: presencia = 1; ausencia = 0. Alta: 3-4; media: 2; baja: 0-1.

3.2.2 Digitalización del cauce y las geoformas fluviales

Para cada fecha se realizó la delimitación manual del cauce activo mediante fotointerpretación y digitalización vectorial en ArcGIS Pro. Se identificaron y representaron espacialmente:

- El cauce principal.
- Las márgenes del río.
- Los brazos secundarios.
- Las barras laterales y de mitad de canal.
- Las islas fluviales.
- Los cauces abandonados.



- Las áreas de sedimentación.
- Los sectores correspondientes a la llanura de inundación.

Las capas obtenidas para cada año fueron revisadas para corregir posibles errores de geometría y asegurar su consistencia espacial.

3.2.3 Comparación multitemporal

Las capas vectoriales correspondientes a los diferentes años fueron superpuestas mediante herramientas de análisis espacial. Esta comparación permitió identificar cambios en la posición y configuración del cauce, especialmente:

- Migración lateral.
- Erosión de las márgenes.
- Acreción lateral.
- Sedimentación.
- Formación, crecimiento, reducción, desplazamiento y fusión de islas.
- Aparición o desaparición de brazos secundarios.
- Procesos de anabanch.
- Cambios en la extensión del cauce activo y de la llanura de inundación.

Cuando la resolución de la información lo permitió, se realizaron mediciones de desplazamiento lateral, longitud de islas y variación en la posición de las márgenes. Los resultados fueron organizados cronológicamente y representados mediante mapas por periodo, comparaciones espaciales y una línea de tiempo correspondiente a 1970–2025.



El producto de esta fase fue el análisis multitemporal de la dinámica fluvial, que constituyó la base para identificar los procesos geomorfológicos y áreas susceptibles a inundación.

3.2.4. Enfoque multiescalar y dimensiones de análisis

El análisis se desarrolló desde una perspectiva multiescalar. En la escala local se examinaron los cambios en el cauce, las márgenes, las islas, los canales secundarios y las áreas susceptibles a inundación. En la escala municipal se analizaron las implicaciones de estos cambios para el uso y la ocupación del suelo y se contrastaron los resultados con el PBOT de Leticia.

La escala regional o de cuenca se incorporó únicamente como contexto para reconocer que el tramo estudiado forma parte del sistema fluvial amazónico y se localiza en un espacio fronterizo compartido con Perú y Brasil. La investigación no realizó un análisis integral de toda la cuenca amazónica ni evaluó procesos hidrológicos, ecológicos o institucionales en escala regional.

También se consideraron tres dimensiones relacionadas entre sí: la dimensión física y ambiental, representada por la dinámica fluvial y los procesos geomorfológicos; la dimensión cartográfica, asociada con la delimitación de la susceptibilidad relativa; y la dimensión territorial, desarrollada mediante el contraste de los resultados con la cartografía y las disposiciones del PBOT. No se evaluaron de manera sistemática los usos del suelo, la infraestructura, la vulnerabilidad ni la gestión institucional

3.3 Fase 2. Identificación de los procesos geomorfológicos y análisis de su incidencia territorial

Esta fase respondió al segundo objetivo específico, relacionado con la identificación de los principales procesos geomorfológicos y el análisis de su incidencia en el ordenamiento territorial del municipio de Leticia.



3.3.1 Interpretación geomorfológica

La interpretación geomorfológica se realizó a partir de las fotografías aéreas, imágenes satelitales, cartografía geológica del SGC, observaciones de campo y resultados del análisis multitemporal.

Se identificaron las principales unidades y geoformas presentes dentro del área de estudio, entre ellas:

- Terraza de Leticia.
- Llanura de inundación.
- Cauces activos y abandonados.
- Islas fluviales.
- Barras de sedimentación.
- Canales secundarios.
- Sectores de erosión y socavación lateral.
- Áreas de acreción y acumulación de sedimentos.

Para cada unidad se analizaron sus características físicas, su estabilidad relativa y su relación con la dinámica del río. Esta interpretación permitió diferenciar la estabilidad geomorfológica de la margen izquierda, asociada con la terraza de Leticia, de la mayor movilidad de las islas, la margen derecha y la llanura aluvial.



3.3.2 Análisis de los procesos geomorfológicos

Los cambios identificados mediante el análisis multitemporal fueron clasificados de acuerdo con el proceso geomorfológico predominante. Se consideraron principalmente la erosión lateral, la sedimentación, la acreción, la migración del cauce, la formación y transformación de islas y el desarrollo de canales secundarios.

La identificación de estos procesos se sustentó en evidencias como el retroceso o avance de las márgenes, la modificación de la forma y extensión de las islas, la aparición de barras, la ocupación de antiguos cauces y la redistribución de los brazos del río.

3.3.3 Procesamiento de la información geoespacial

Las técnicas empleadas fueron la georreferenciación, la fotointerpretación visual, la digitalización manual, la superposición de capas y la comparación multitemporal. Mediante la fotointerpretación se identificaron el cauce activo, las márgenes, las islas, las barras de sedimentación y los brazos secundarios visibles en cada imagen.

Posteriormente, estos elementos fueron digitalizados y convertidos en capas vectoriales. La superposición de las capas correspondientes a los diferentes años permitió reconocer cambios en la configuración del cauce, la posición de las márgenes y la formación o transformación de geoformas fluviales.

No se aplicaron técnicas de clasificación supervisada o no supervisada, índices espectrales automatizados, modelación hidrológica, modelación hidráulica ni análisis estadístico de



frecuencias de inundación. La identificación de los cambios se sustentó en la interpretación visual y espacial de la información disponible.

3.3.4 Relación con el ordenamiento territorial

Para establecer la incidencia de la dinámica fluvial en el ordenamiento territorial, los resultados geomorfológicos fueron contrastados con la cartografía y los documentos técnicos del PBOT de Leticia.

La comparación se orientó a identificar:

- Sectores con restricciones para la ocupación permanente.
- Áreas urbanas asentadas sobre unidades geomorfológicamente estables.
- Ocupaciones localizadas en la llanura de inundación.
- Coincidencias y diferencias entre la información obtenida y la cartografía del PBOT.
- Sectores en los que la dinámica fluvial puede condicionar los usos del suelo.

El PBOT fue utilizado como instrumento de contraste territorial y no como fuente para asignar los grados relativos de susceptibilidad establecidos en la investigación.

Como resultado de esta fase se elaboraron los mapas geológico y geomorfológico, la caracterización de los procesos fluviales y el análisis de sus implicaciones sobre la ocupación y planificación del territorio.

3.4 Fase 3. Identificación de áreas susceptibles a inundación



Esta fase respondió al tercer objetivo específico y se desarrolló mediante la integración de los resultados del análisis multitemporal y la interpretación geomorfológica. Las observaciones de campo y las imágenes de mayor resolución se utilizaron como apoyo para la validación. Una vez obtenida la clasificación, los resultados fueron contrastados con la cartografía y las disposiciones del PBOT.

Inicialmente se identificaron los sectores que, durante el periodo 1970–2025, presentaron ocupación recurrente por el agua, conexión directa con el cauce activo, modificaciones en la configuración de las márgenes, presencia de cauces abandonados o condiciones propias de la llanura de inundación.

Posteriormente, se analizaron las características geomorfológicas de cada sector y su relación con las evidencias multitemporales de ocupación por el agua y transformación fluvial. A partir de esta integración se establecieron tres grados relativos de susceptibilidad:

- **Susceptibilidad alta:** sectores pertenecientes a la llanura de inundación, con evidencias recurrentes de ocupación por el agua, conexión directa con el cauce y presencia de procesos activos de erosión, sedimentación o migración fluvial.
- **Susceptibilidad media:** sectores de transición que presentan evidencias ocasionales de inundación o que pueden resultar afectados durante crecientes de mayor magnitud.
- **Susceptibilidad baja:** sectores geomorfológicamente más estables donde el análisis multitemporal no evidenció ocupación recurrente por el agua durante el periodo estudiado.

La clasificación obtenida representa condiciones relativas de susceptibilidad dentro del área de estudio y no corresponde a una zonificación probabilística de amenaza ni a una evaluación



de vulnerabilidad o riesgo. Posteriormente, los resultados fueron contrastados con la cartografía y los documentos técnicos del PBOT para reconocer coincidencias, diferencias y sectores que requieren actualización de la información o estudios complementarios.

Como producto de esta fase se elaboró el mapa de áreas susceptibles a inundación y se identificaron los sectores donde la dinámica fluvial presenta mayores implicaciones para la planificación territorial.

3.4.1 Integración de criterios

La delimitación de las áreas susceptibles a inundación se realizó a partir de los resultados obtenidos en esta investigación, sin reproducir la zonificación oficial de amenaza contenida en el PBOT de Leticia. Para ello se integraron cuatro criterios derivados de la interpretación geomorfológica, el análisis multitemporal y las observaciones efectuadas durante los recorridos de campo. Los criterios aplicados se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Criterios empleados para identificar las áreas susceptibles a inundación

Código	Criterio de clasificación	Condición verificada
C1	Unidad geomorfológica	Localización dentro de la llanura de inundación o en una unidad de transición asociada con la dinámica fluvial.
C2	Conexión con el cauce	Presencia de conexión directa o parcial con el cauce activo o con brazos secundarios.
C3	Evidencia multitemporal	Ocupación por el agua identificada en una o más fechas del registro multitemporal disponible.
C4	Procesos geomorfológicos	Evidencias de erosión, sedimentación, migración de márgenes o transformación de islas y barras fluviales.

A cada criterio identificado se le asignó un valor de uno (1), mientras que su ausencia recibió un valor de cero (0). Para cada unidad espacial se calculó $S = C1 + C2 + C3 + C4$. La clasificación fue: susceptibilidad alta para S entre 3 y 4; media para S igual a 2; y baja para S entre 0 y 1. Los



criterios tuvieron igual ponderación y el PBOT no intervino en el puntaje; su cartografía se utilizó posteriormente como elemento de contraste territorial.

Tabla 3. Criterios para la clasificación relativa de la susceptibilidad a inundación

Grado relativo de susceptibilidad	Puntuación	Criterios geomorfológicos y multitemporales
Alta	3–4	Sectores generalmente pertenecientes a la llanura de inundación, con conexión con el cauce, evidencias de ocupación por el agua en el registro multitemporal y presencia de procesos activos de erosión, sedimentación o migración fluvial.
Media	2	Sectores de transición que presentan conexión parcial con el sistema fluvial, evidencias localizadas o discontinuas de ocupación por el agua y cambios geomorfológicos de menor extensión.
Baja	0–1	Sectores geomorfológicamente más estables, sin conexión directa con el cauce activo y sin evidencias significativas de ocupación por el agua o transformación fluvial en las fechas analizadas.

Fuente: Elaboración propia (2026).

La clasificación representa diferencias relativas de susceptibilidad dentro del área de estudio.

Debido a que no se utilizaron datos hidrológicos, altimétricos o hidráulicos, los resultados no corresponden a una zonificación probabilística de amenaza.

3.4.2. Elaboración del mapa de susceptibilidad a inundación.

La integración de los criterios permitió delimitar espacialmente áreas con susceptibilidad relativa alta, media y baja a inundación. Posteriormente, se elaboró el mapa de susceptibilidad y se identificaron sectores representativos para realizar el contraste cartográfico con el PBOT, entre ellos:

- Terraza de Leticia y casco urbano.
- Isla de la Fantasía.
- Zonas bajas próximas al muelle fluvial.
- Llanura de inundación.



- Islas y áreas aluviales sometidas a cambios recurrentes.

La susceptibilidad obtenida fue contrastada con la cartografía del PBOT para identificar coincidencias, diferencias y sectores que requieren mayor atención desde la planificación territorial.

El producto corresponde a una aproximación técnica para fines de planificación, elaborada a la escala y con la información disponible. No reemplaza los estudios detallados de amenaza, vulnerabilidad y riesgo ni constituye una modificación de la zonificación oficial adoptada por el municipio.

3.5 Validación de la información

La validación se desarrolló de manera transversal durante las tres fases metodológicas y se organizó en tres niveles. Primero, se efectuó un control geométrico y topológico de las capas vectoriales. Segundo, se contrastó la interpretación entre fechas consecutivas y con imágenes de mayor resolución, cartografía oficial y literatura técnica. Tercero, se compararon las unidades y procesos interpretados con evidencias de campo. Esta triangulación permitió aceptar, corregir o mantener como inciertas las delimitaciones.

- Recorridos de campo realizados
- Observaciones directas de geoformas, sectores inundables y evidencias de erosión o sedimentación.



- Registros fotográficos y puntos georreferenciados.
- Revisión de imágenes de alta resolución disponibles en Google Earth Pro.
- Contraste con cartografía del IGAC.
- Comparación con información geológica y geomorfológica del SGC.
- Contraste con la cartografía y los documentos técnicos del PBOT.

Durante el trabajo de campo se recogieron apreciaciones de habitantes de algunos sectores ribereños sobre el comportamiento histórico del río y la recurrencia de inundaciones. Estas apreciaciones se utilizaron únicamente como apoyo interpretativo. No se calculó una exactitud posicional global ni un RMSE comparable para toda la serie, debido a la ausencia de metadatos y puntos de control independientes para la fotografía de 1970; por ello, las mediciones métricas se restringieron a cambios claramente superiores a la resolución del insumo y los demás resultados se expresaron como tendencias espaciales relativas.

3.6 Técnicas de procesamiento y análisis

El procesamiento de la información se realizó mediante técnicas de georreferenciación, digitalización manual, fotointerpretación, medición espacial y superposición de capas.

El análisis comprendió:

1. Organización cronológica de la información.
2. Georreferenciación y estandarización espacial.



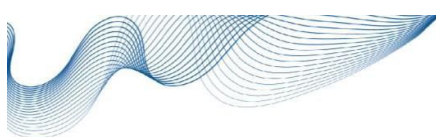
3. Digitalización del cauce y las geoformas fluviales.
4. Comparación de los diferentes periodos.
5. Identificación de cambios y procesos geomorfológicos.
6. Integración de criterios para la clasificación de la susceptibilidad a inundación
7. Validación de los resultados.
8. Contraste con el PBOT.
9. Elaboración de mapas, tablas, línea de tiempo y análisis territorial.

No se realizó un análisis estadístico inferencial, debido a que el propósito principal fue reconstruir e interpretar espacialmente la evolución del río. Las mediciones obtenidas se analizaron mediante estadística descriptiva y comparación espacial.

3.7 Software utilizado

ArcGIS Pro fue utilizado para la georreferenciación, organización de la base de datos geográfica, digitalización del cauce, superposición de capas, medición de cambios y elaboración de la cartografía temática.

Google Earth Pro se empleó para verificar visualmente las condiciones del territorio y revisar imágenes de mayor resolución. Microsoft Excel se utilizó para organizar los registros, las mediciones y las tablas de resultados.



El software no constituyó una fase independiente de la metodología, sino una herramienta transversal empleada durante el procesamiento, análisis y representación de la información.

Los mapas finales fueron configurados a una escala de salida de 1:30.000 e incluyeron los elementos cartográficos básicos para su interpretación.

3.7.1 Matriz metodológica

La matriz metodológica establece la relación entre los objetivos específicos, las categorías de análisis, las técnicas aplicadas, las fuentes de información y los resultados esperados. Su formulación permite evidenciar la correspondencia entre el diseño metodológico y los productos obtenidos durante la investigación.

Tabla 4. Matriz metodológica de la investigación

Objetivo específico	Variable o categoría de análisis	Técnica	Fuente de información	Resultado esperado
Analizar la dinámica fluvial del río Amazonas en el municipio de Leticia durante el periodo comprendido entre 1970 y 2025, mediante el análisis multitemporal del comportamiento del cauce.	Dinámica fluvial: configuración del cauce, posición de las márgenes, formación y transformación de islas y brazos secundarios.	Georreferenciación, fotointerpretación visual, digitalización manual, superposición de capas y comparación multitemporal.	Fotografía aérea del IGAC de 1970; imágenes Landsat de 1984, 1988, 1992, 1999, 2002, 2007, 2012, 2015 y 2019; imagen Sentinel-2 de 2025; cartografía base del IGAC y Google Earth Pro como apoyo visual.	Cartografía multitemporal del cauce y determinación de los principales cambios ocurridos entre 1970 y 2025.
Identificar los principales procesos geomorfológicos asociados con la dinámica fluvial del río Amazonas, con el fin de analizar su incidencia en el ordenamiento territorial del municipio de Leticia.	Procesos geomorfológicos: erosión, sedimentación, migración de márgenes, formación de barras, transformación de islas y desarrollo de brazos secundarios.	Interpretación geomorfológica, análisis espacial, comparación de geoformas y verificación mediante observaciones de campo.	Imágenes multitemporales, cartografía geológica y geomorfológica del SGC, cartografía del IGAC, observaciones de campo y documentos técnicos del PBOT de Leticia.	Identificación y caracterización de los procesos geomorfológicos y análisis de sus implicaciones para el uso y la ocupación del territorio.
Identificar y delimitar las áreas con susceptibilidad relativa a inundación en	Susceptibilidad relativa a inundación: unidad	Integración y superposición espacial de criterios,	Resultados del análisis multitemporal, unidades	Mapa de susceptibilidad relativa alta, media



el municipio de Leticia mediante la integración del análisis multitemporal y la interpretación geomorfológica, y contrastar los resultados con la cartografía y las disposiciones del PBOT, como insumo técnico-académico para el ordenamiento territorial.	geomorfológica, conexión con el cauce, evidencias de ocupación por el agua y presencia de procesos fluviales activos.	clasificación relativa de susceptibilidad, validación cualitativa y contraste territorial con el PBOT.	geomorfológicas, observaciones de campo, imágenes de apoyo de Google Earth Pro y cartografía y documentos técnicos del PBOT de Leticia.	y baja, y contraste técnico con la cartografía y las disposiciones del PBOT.
---	---	--	---	--

Fuente: Elaboración propia (2026).

3.8 Productos metodológicos

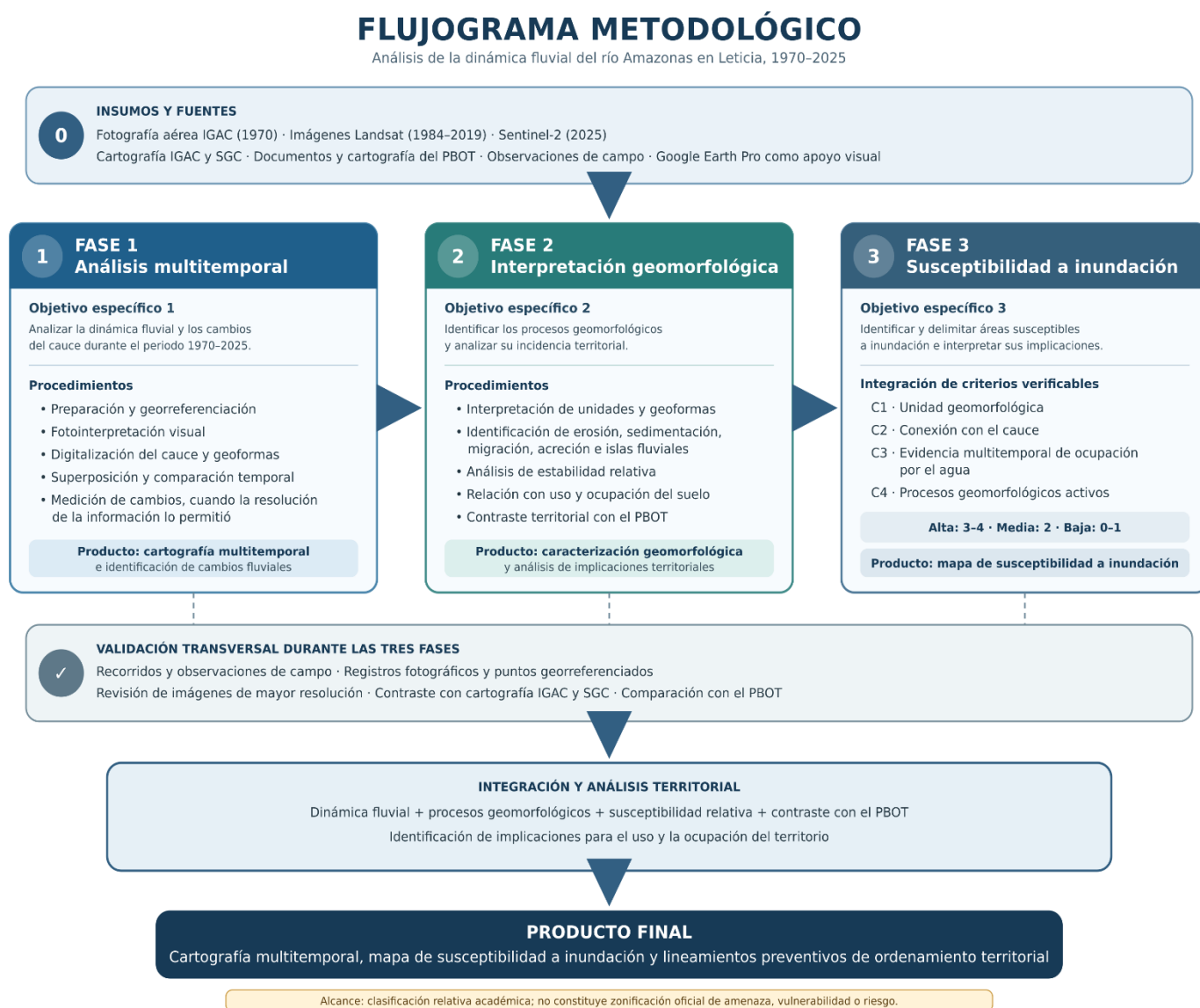
La aplicación de las fases descritas permitió obtener los siguientes productos:

- Base de datos geográfica con información correspondiente a 1970–2025.
- Mapas de la dinámica fluvial por periodo.
- Comparación multitemporal del cauce y las islas.
- Línea de tiempo de los principales cambios.
- Identificación de procesos geomorfológicos.
- Mapas geológico y geomorfológico.
- Análisis de la incidencia territorial de la dinámica fluvial.
- Mapa de susceptibilidad a inundación.
- Recomendaciones para el ordenamiento territorial.



La Figura 3 presenta el flujograma metodológico ajustado, en el cual se muestran las tres fases relacionadas con los objetivos específicos, las actividades de validación transversal y los productos finales de la investigación.

Figura 3.
Flujograma de la metodología





4. Resultados

El análisis multitemporal realizado a partir de imágenes satelitales, fotografías aéreas y cartografía histórica correspondientes al periodo 1970–2025 permitió reconstruir la evolución espacial del río Amazonas en el área urbana de Leticia y su zona de influencia. La comparación entre los diferentes periodos evidenció cambios en la configuración del cauce asociados a procesos de migración lateral, erosión de márgenes, sedimentación, formación y transformación de islas, así como modificaciones en la llanura de inundación. Estos resultados constituyen la base para evaluar la dinámica fluvial del río y su incidencia en el ordenamiento territorial del municipio.

4.1 Análisis multitemporal de la dinámica fluvial del río Amazonas (1970–2025)

El análisis comparativo de las imágenes correspondientes a los años 1970, 1984, 1988, 1992, 1999, 2002, 2007, 2012, 2015, 2019 y 2025, permitió identificar la evolución del cauce principal del río Amazonas y los principales cambios geomorfológicos ocurridos durante el periodo de estudio. Los resultados evidencian una dinámica fluvial activa, caracterizada por procesos de migración lateral, erosión de márgenes, acreción de sedimentos y transformación de las islas fluviales, cuya magnitud y localización se describen a continuación para cada uno de los periodos analizados.

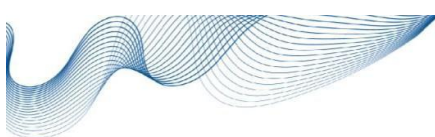
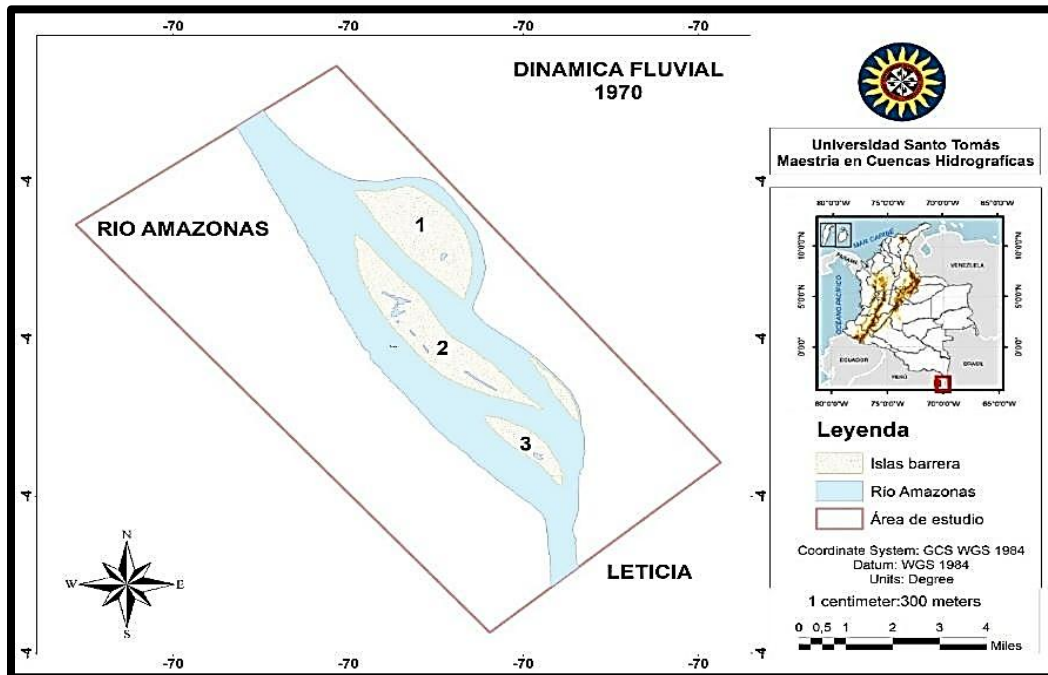
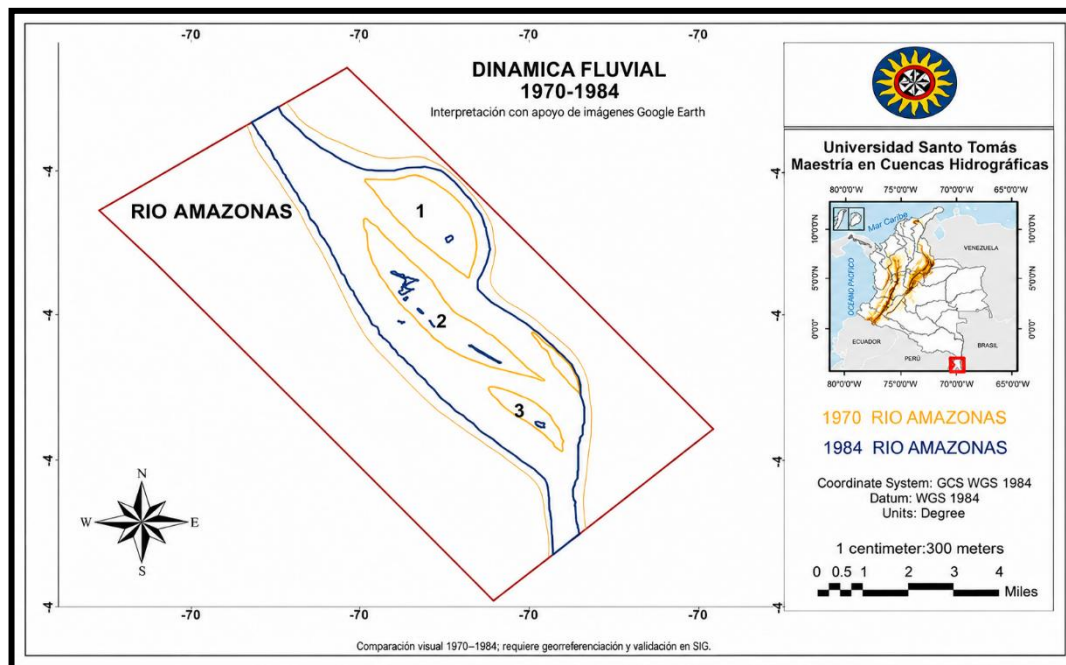


Figura 4.
Dinámica fluvial 1970



Fuente: Universidad Santo Tomás

Figura 5.
Dinámica Fluvial 1970 – 1984



Fuente: Universidad Santo Tomás



Comparación 1970 – 1984. Como se observa en la Figura 5, para 1984 se mantiene una situación muy parecida a la de 1970, con cierta reducción en el tamaño de la isla 2, la cual se aprecia un poco más adelgazada y la isla 3 con un aumento en su tamaño, por la acumulación de sedimentos del lado aguas arriba.

4.2 Análisis e incidencia en el ordenamiento territorial

La estabilidad de la margen izquierda durante este periodo evidencia que la Terraza de Leticia ha actuado como un control geomorfológico que limita la migración lateral del río hacia el casco urbano. Esta condición ha favorecido históricamente la consolidación del área urbana sobre un terreno relativamente estable y con menor susceptibilidad a inundaciones. Lo anterior coincide con los criterios establecidos en el PBOT, donde la terraza aporta la base para el desarrollo urbano, mientras que las áreas correspondientes a la llanura de inundación presentan restricciones para la ocupación permanente debido a su mayor exposición a procesos de inundación y sedimentación.

Aunque la ubicación del río se mantiene estable en la margen izquierda, frente al casco urbano de Leticia, se observa la formación de una pequeña isla (isla 3).

Durante el periodo comprendido entre 1970 y 1984, no se observaron cambios significativos en la posición del cauce del río Amazonas frente al casco urbano de Leticia, donde la margen izquierda se mantuvo estable.



Presenta una curva acentuada que corre en una planicie aluvial en un aluvión activo con unas islas barreras que van desde 972 m a 1,33 km, dejando en evidencia partes cubiertas por vegetación.

Para este año el río Amazonas ocurre proceso de anabranch ya que el brazo del río vuelve a su cauce inicial.

Los resultados evidencian que durante este periodo la dinámica fluvial presentó un comportamiento relativamente estable en la margen izquierda del río Amazonas, donde se localiza el casco urbano de Leticia. La ausencia de procesos significativos de migración lateral confirma la función de la Terraza de Leticia como una unidad geomorfológica estable que ha condicionado históricamente el crecimiento urbano hacia sectores con menor susceptibilidad a inundaciones. En contraste, la formación de nuevas islas y los cambios observados en el cauce principal demuestran que la llanura aluvial mantiene una dinámica natural activa, razón por la cual estas áreas requieren mantenerse bajo criterios de manejo ambiental y restricciones de ocupación contempladas en el PBOT.

En el año 1988 se observa el siguiente comportamiento que se representa en la Figura 6.

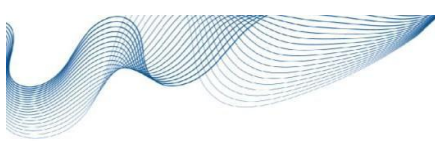
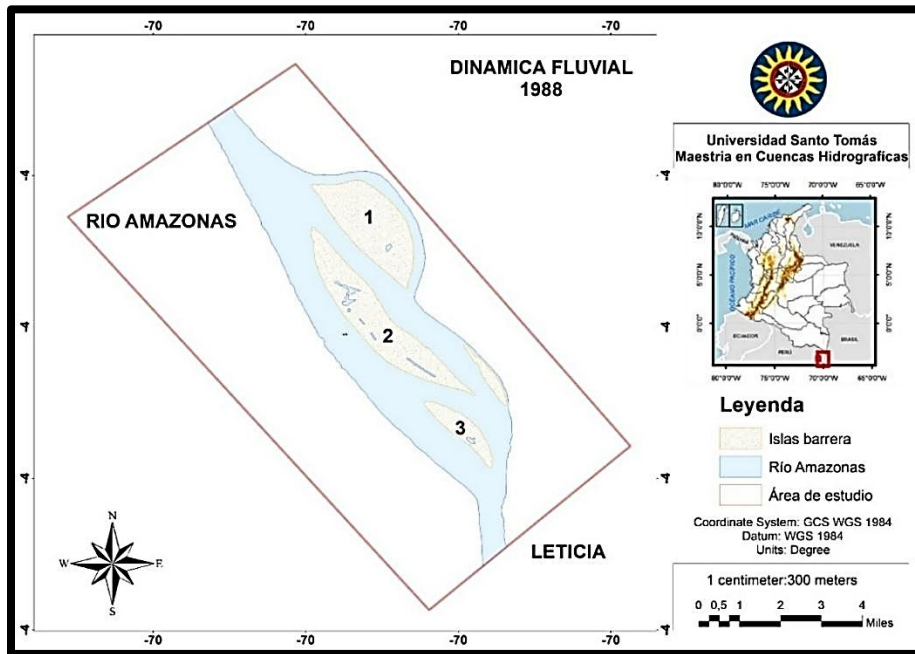


Figura 6.
Dinámica fluvial 1988



Fuente: Universidad Santo Tomás

Aunque la cobertura de la zona de interés alcanza más allá de la altura de Leticia, su cobertura va desde unos 20,53 km longitud y se observa un aluvión activo de unos 2,94 km de ancho con islas que alcanzan a presentar un aumento en la parte central del cauce, con desarrollo de vegetación arbustiva.

En el río se observa el proceso anabranch, ya que el brazo se separa del cauce principal y metros más adelante se vuelve a unir al río Amazonas.

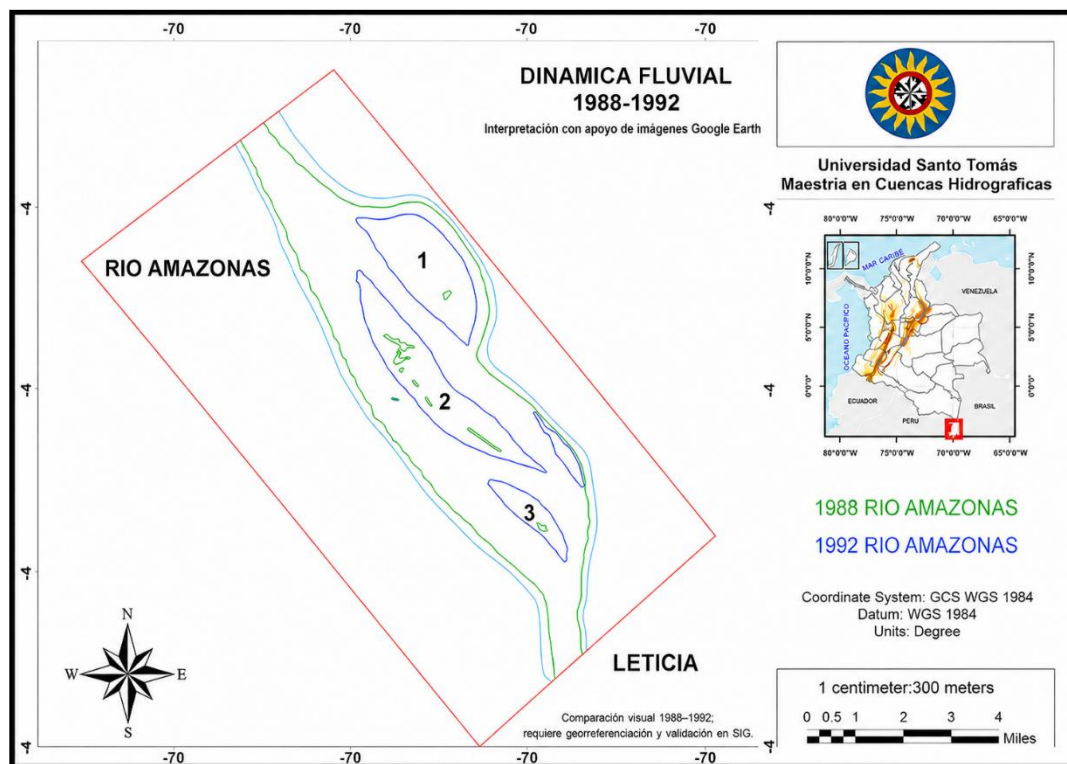
Comparación 1988 – 1992. Con relación a 1988, para 1992, la isla 1 se mantiene en forma y tamaño, las islas 2 se alarga 260 m, por acumulación de sedimentos en su punta ubicada aguas abajo y la isla 3 aunque mantiene su largo (3,56 Km), toda se desplaza aguas abajo unos 50 m (Figura 7).



Para 1992 se observa un aluvión activo con islas barreras de medio canal, que van desde 1,60 Km a 2,35 Km, que alcanzan a presentar desarrollo de vegetación arbustiva. Presentan barras laterales, de mitad de canal y divaga por una llanura de alrededor de 2.7 Km de ancho aproximadamente. El Comportamiento del río Amazonas en el área de estudio entre estos años, se evidencia rastros de cauces abandonados.

El río Amazonas se observa como un pequeño brazo del río que se separa del cauce principal en la margen derecha, que se une para sí llevar a cabo el proceso de anabranch. En este año ocurre un aumento en el caudal del río Amazonas, donde se evidencia que se desplaza más hacia la margen derecha del área.

Figura 7. Dinámica fluvial 1988- 1992



Fuente: Universidad Santo Tomás



Para el año 1999, en este período se encuentra representado en la Figura 8. Presentan barras laterales, de mitad de canal y divaga por una llanura de alrededor de 2,9 Km de ancho aproximadamente. Se observa un aumento de carga sedimentaria que haría más sensibles las áreas de desborde, debido a que el nivel subiría, disminuyendo por consiguiente la altura relativa de las zonas inundables. El aporte de carga del río hace que su aluvión activo recargue con material en cada época de lluvia.

Se observa el típico caso de anabranch, en el que el río Amazonas desprende un brazo y metros más adelante retoma el cauce del que se apartó.

Análisis e incidencia en el ordenamiento territorial

Durante este periodo se evidencia una mayor actividad sedimentaria reflejada en el crecimiento de las islas y en la presencia de procesos de anabranch, asociados a la redistribución natural del flujo del río. Estos cambios indican que el sistema fluvial continúa modificando la configuración de la llanura de inundación, generando nuevas áreas de depósito y transformación del paisaje. Desde el ordenamiento territorial, estos resultados resaltan la necesidad de considerar la variabilidad geomorfológica como un criterio para la delimitación de áreas aptas para diferentes usos del suelo, evitando la consolidación de asentamientos permanentes en sectores sujetos a cambios frecuentes.

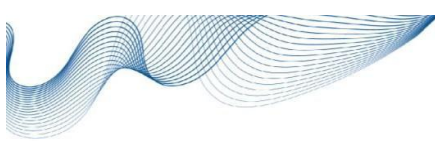
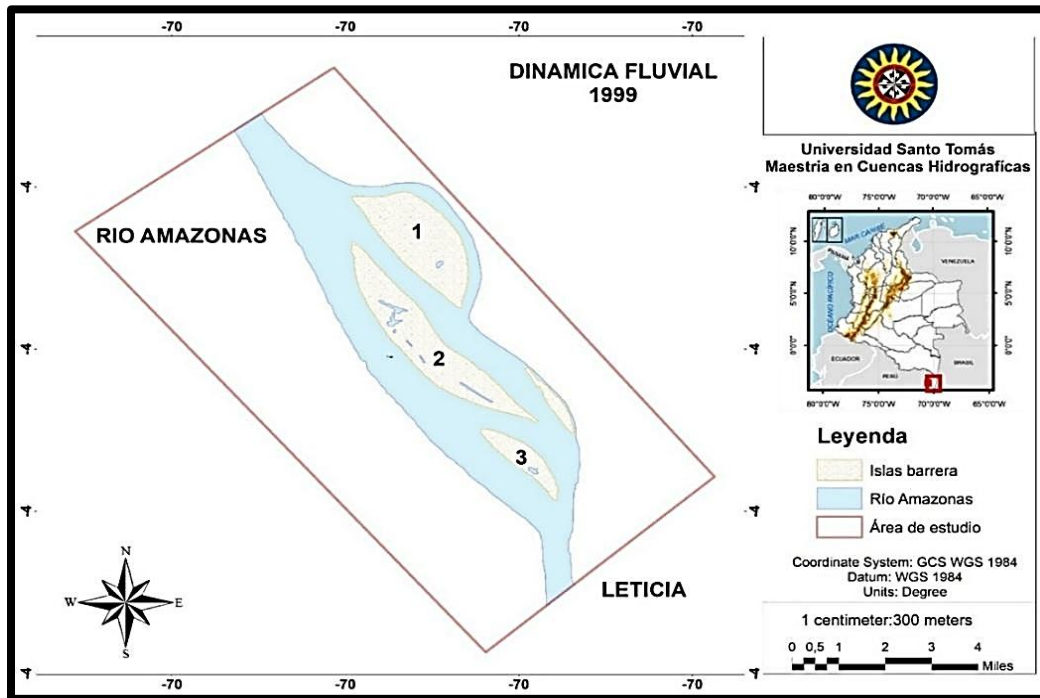


Figura 8.
Dinámica fluvial 1999

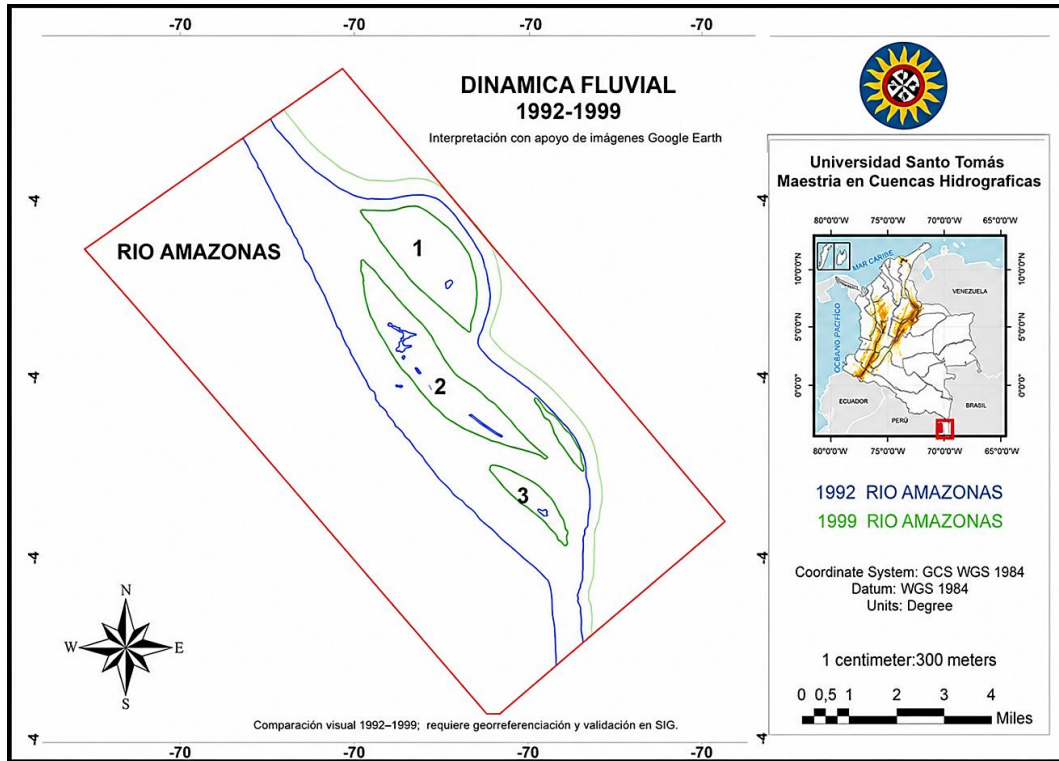
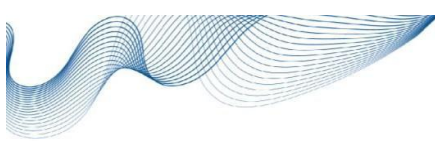


Fuente: Universidad Santo Tomás

2004 la isla 1 mantiene su tamaño y forma y las islas 2 y 3 se alarga y se ubican muy cerca la una de la otra. La isla 2 se alarga hacía aguas abajo y la 3 migra hacia el este (Figura 9).

Mientras la margen izquierda del río se mantiene relativamente estable, la margen derecha migra hacia el W, en territorio peruano, unos 7 km aguas arriba de Leticia.

Figura 9.
Dinámica fluvial 1992 – 1999



Fuente: Equipo de trabajo

En la Figura 9 se observa que del año 1992 a 1999 se observa una mayor extensión de la superficie cubierta por agua respecto al periodo anterior. Es un río meándrico con un canal muy amplio, que presenta procesos de sedimentación en este año y se observa un aumento del cauce activo del río Amazonas en la parte occidental y se aumenta ostensiblemente hacia el centro del área, dejando algunas islas en el canal.

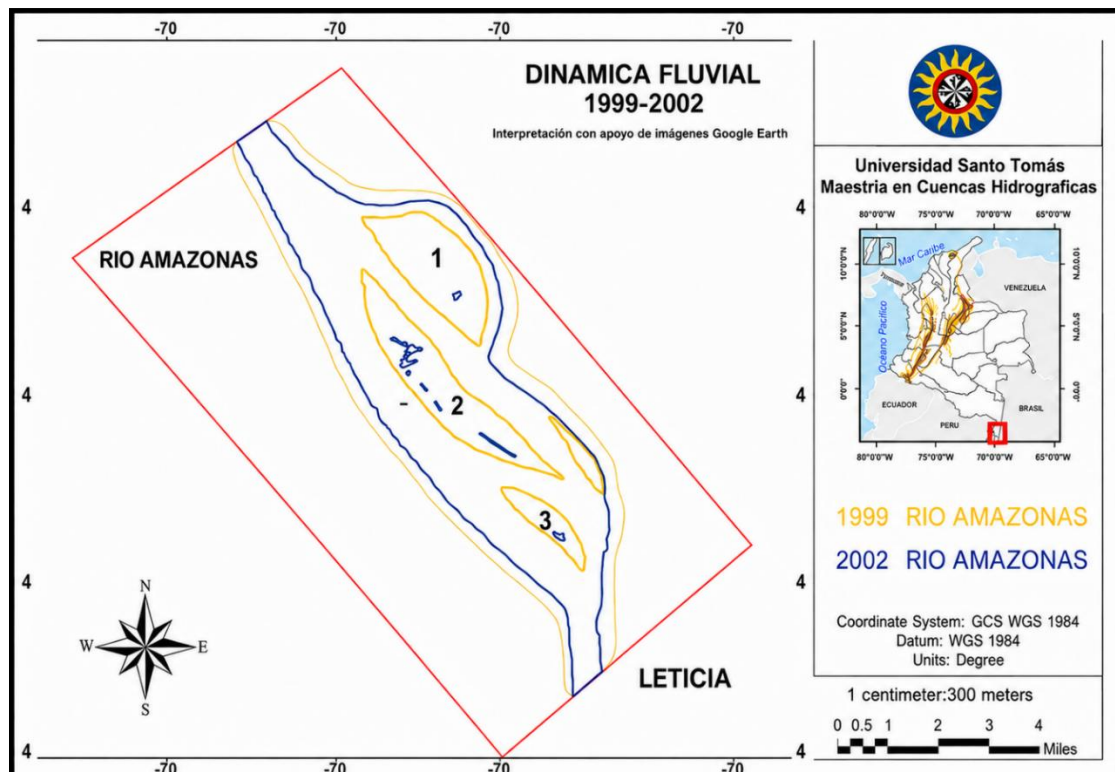
En la parte oriente de la zona de estudio, se evidencia el proceso anabranch, ya que el brazo se separa del cauce principal y metros más adelante se vuelve a unir.

Análisis e incidencia en el ordenamiento territorial



El incremento de la carga sedimentaria y la ampliación de algunas barras e islas evidencian un proceso continuo de acreción que modifica las condiciones hidráulicas del río Amazonas. Estas transformaciones alteran la capacidad de conducción del cauce y pueden favorecer el aumento de áreas susceptibles a inundación durante los periodos de creciente. En este contexto, los resultados respaldan la necesidad de que el PBOT incorpore información actualizada sobre la evolución geomorfológica del río y definir restricciones sobre la ocupación de las planicies aluviales. La comparación 2007 – 2012. Para 2007, mientras las islas 1 y 2 mantienen su tamaño y forma, la isla 3, aunque pierde unos metros en su extremo aguas abajo, acumula sedimento en aguas arriba, con lo que se cierra aún más el pequeño brazo que la separa de la isla 2 (Figura 11).

Figura 10.
Dinámica fluvial 1999- 2002





Fuente: Universidad Santo Tomás

En la Figura 10 se observa que del año 1999 a 2002 se presentó un aumento del caudal en toda el área de estudio y se observa lo ocurrido en la zona. Es un río meándrico con un canal muy amplio, que presenta procesos de sedimentación en el año 1999 y se observa un aumento del cauce activo del río Amazonas en la parte central y occidental, la cual aumenta, dejando algunas islas en el canal.

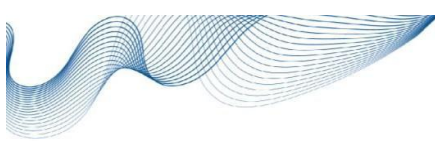
Análisis e incidencia en el ordenamiento territorial

Los cambios observados entre 1999 y 2002 muestran que los procesos de erosión y sedimentación continúan actuando de forma permanente sobre la morfología del río. Aunque no se presentan modificaciones significativas sobre el casco urbano de Leticia, sí se evidencia una evolución constante de las islas y barras fluviales. Estos resultados demuestran que la dinámica del río debe ser entendida como un proceso continuo y no como eventos aislados, aspecto fundamental para la actualización periódica de los instrumentos de ordenamiento territorial y de los estudios de amenaza por inundación.

4.3 Comparación 2002–2007

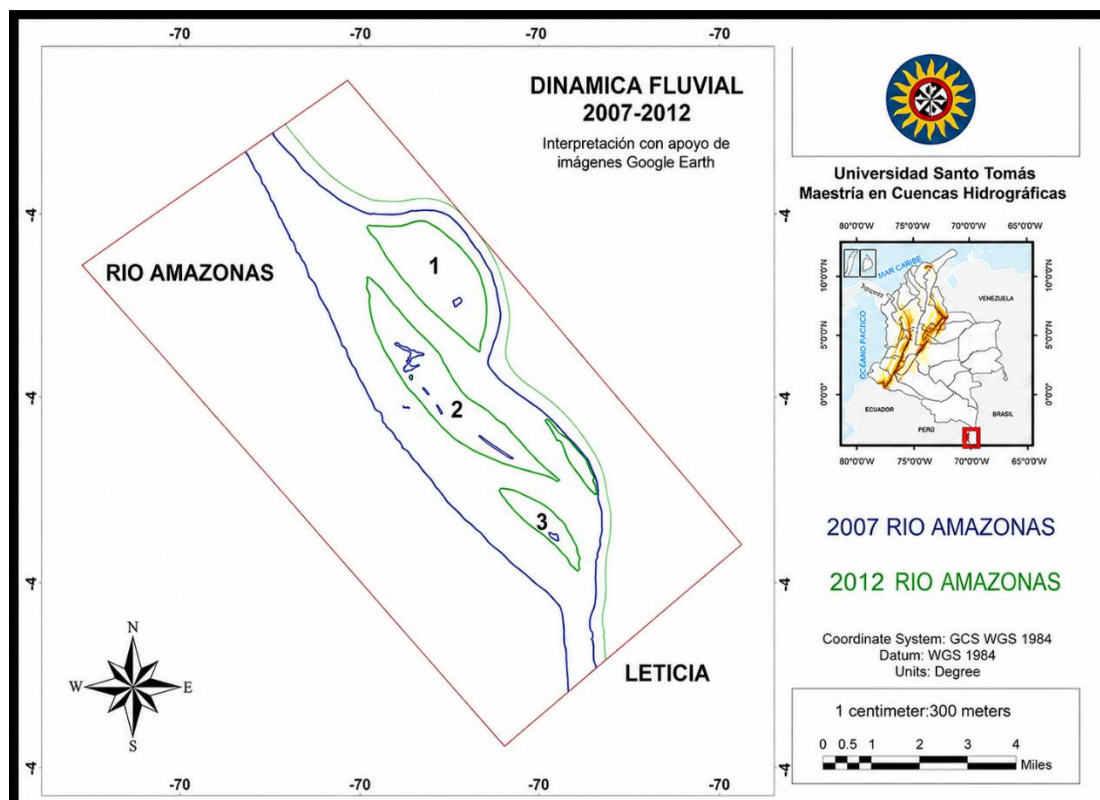
4.3.1 Análisis e incidencia en el ordenamiento territorial

La evolución del cauce durante este periodo refleja la continuidad de los procesos naturales de migración y sedimentación propios de un río meándrico de gran tamaño. Aunque las modificaciones ocurren principalmente en la margen derecha y sobre las islas fluviales, estas



transformaciones generan cambios en la distribución de las áreas inundables y en la estabilidad de algunos sectores de la llanura aluvial. Desde la planificación territorial, estos resultados evidencian la importancia de incorporar análisis multitemporales en la definición de usos del suelo y en la delimitación de áreas con restricciones ambientales.

Figura 11.
Dinámica fluvial 2007- 2012



Fuente: Universidad Santo Tomás

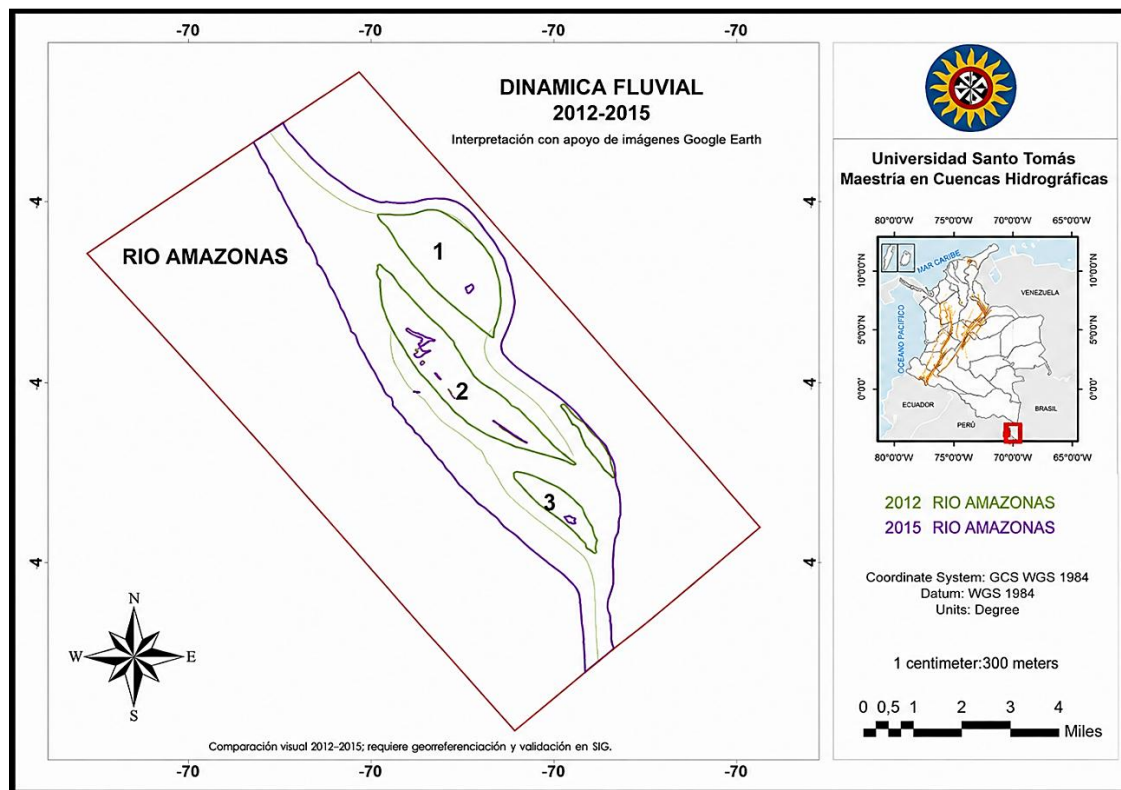
Análisis e incidencia en el ordenamiento territorial

Durante este periodo se mantiene la estabilidad del escarpe correspondiente a la Terraza de Leticia, mientras que las áreas aluviales continúan experimentando modificaciones asociadas a la



dinámica del río. Esta diferencia en el comportamiento geomorfológico confirma que la aptitud del territorio para el desarrollo urbano está directamente relacionada con las características físicas de cada unidad geomorfológica. En consecuencia, la expansión urbana debe orientarse hacia sectores con mayor estabilidad geológica, evitando procesos de ocupación en zonas expuestas a inundaciones periódicas

Figura 12.
Dinámica fluvial 2012- 2015



Fuente: Universidad Santo Tomás

Aunque para 2015 la margen izquierda del río se mantiene relativamente estable, llama la atención la aparición de dos pequeñas islas aguas arriba del casco urbano de Leticia y otras 2



unos 5 km aguas abajo. Aparece también otra pequeña isla de mitad de canal al W de la isla 2 (Figura 12).

En la margen derecha se incrementa el proceso de migración hacia en W, que se inició en 1994 y 2004, sobre territorio peruano.

Comparación 2012 – 2015. En este período el único cambio notorio en la dinámica del río, lo representa la fusión de las islas 2 y 3. Su margen izquierda se mantiene estable y el proceso de migración que se venía presentando en la margen derecha, se detuvo, en territorio peruano (Figura 12).

Análisis e incidencia en el ordenamiento territorial

Los resultados muestran que la dinámica fluvial mantiene una tendencia de transformación gradual de la llanura de inundación, particularmente mediante procesos de sedimentación y consolidación de islas. Estas modificaciones representan cambios en la funcionalidad ecológica del sistema fluvial y en la distribución de las áreas susceptibles a inundación. Por ello, el ordenamiento territorial debe incorporar mecanismos de seguimiento permanente que permitan actualizar la información técnica utilizada para la planificación del territorio.

En la Figura 13 se evidencia que para el 2019 se identificaron tres unidades insulares principales dentro del área de estudio, asociadas con los procesos de sedimentación y reorganización del cauce del río Amazonas. Como se observa en la Figura 13, la presencia de estas islas genera la división del flujo en varios brazos que posteriormente vuelven a integrarse al cauce principal.

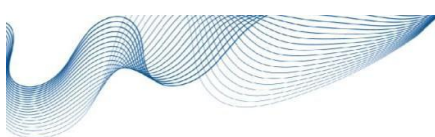
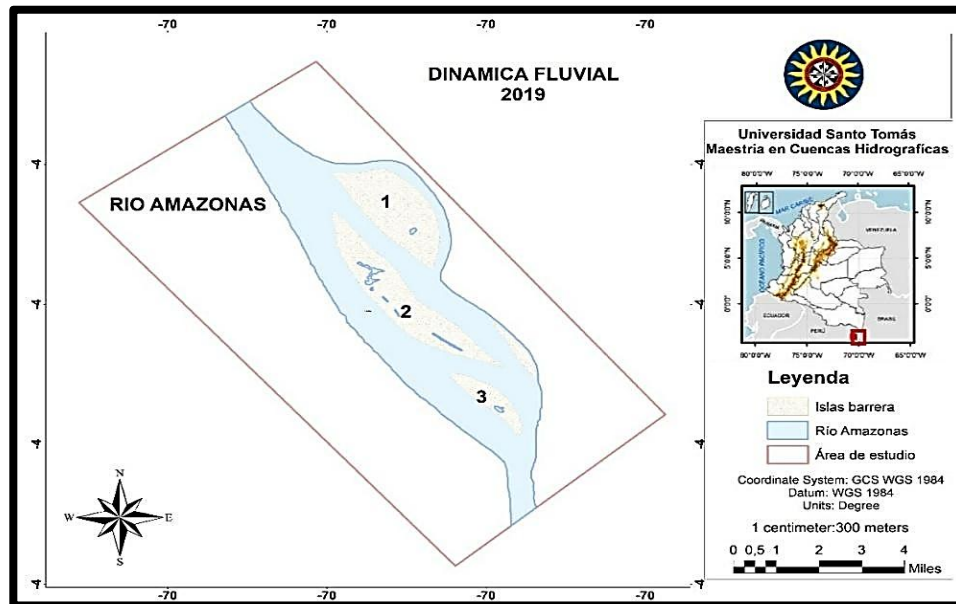
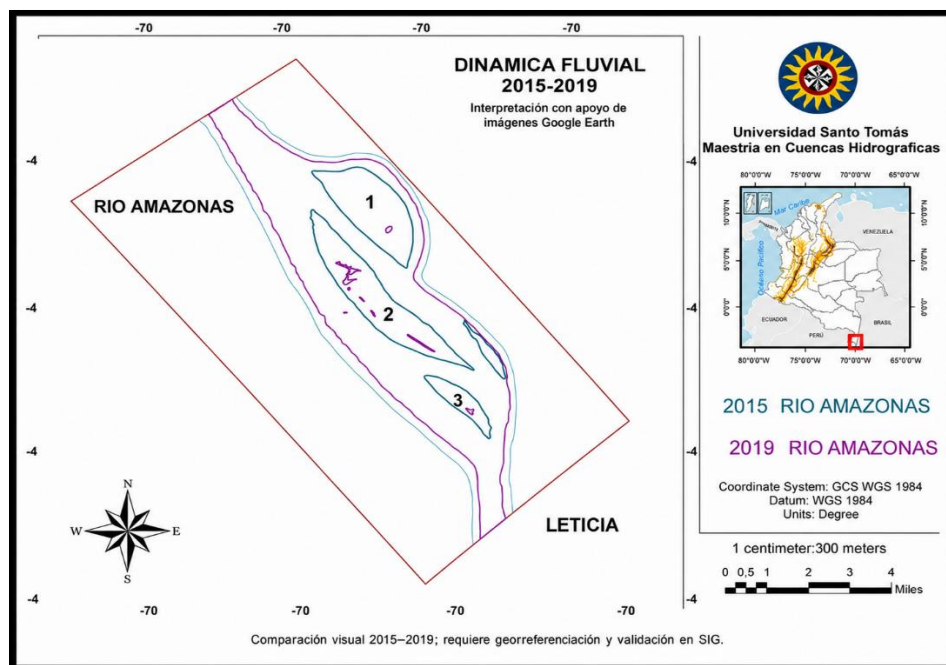


Figura 13.
Dinámica fluvial 2019



Fuente: Universidad Santo Tomás

Figura 14.
Dinámica fluvial 2015- 2019.



Fuente: Universidad Santo Tomás



Para establecer los cambios ocurridos entre 2015 y 2019, se superpusieron las configuraciones del cauce correspondientes a ambos años, como se presenta en la Figura 14. La comparación muestra que las islas 1 y 2 conservaron, en términos generales, su tamaño y forma. Por su parte, la isla 3 presentó una reducción en su extremo aguas abajo y acumulación de sedimentos aguas arriba. La margen izquierda permaneció relativamente estable y, en el sector peruano de la margen derecha, no se evidenciaron desplazamientos significativos durante este periodo. (Figura 14).

Análisis e incidencia en el ordenamiento territorial

La permanencia de procesos de acreción y erosión demuestra que la dinámica fluvial continúa condicionando la evolución del paisaje amazónico. Aunque el casco urbano conserva condiciones de estabilidad, la ocupación de sectores cercanos al río incrementa la exposición de la población a eventos de inundación y erosión de orillas. Estos resultados evidencian la necesidad de fortalecer las medidas previstas en el PBOT y controlar la expansión urbana hacia áreas ambientalmente frágiles.

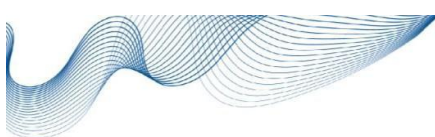
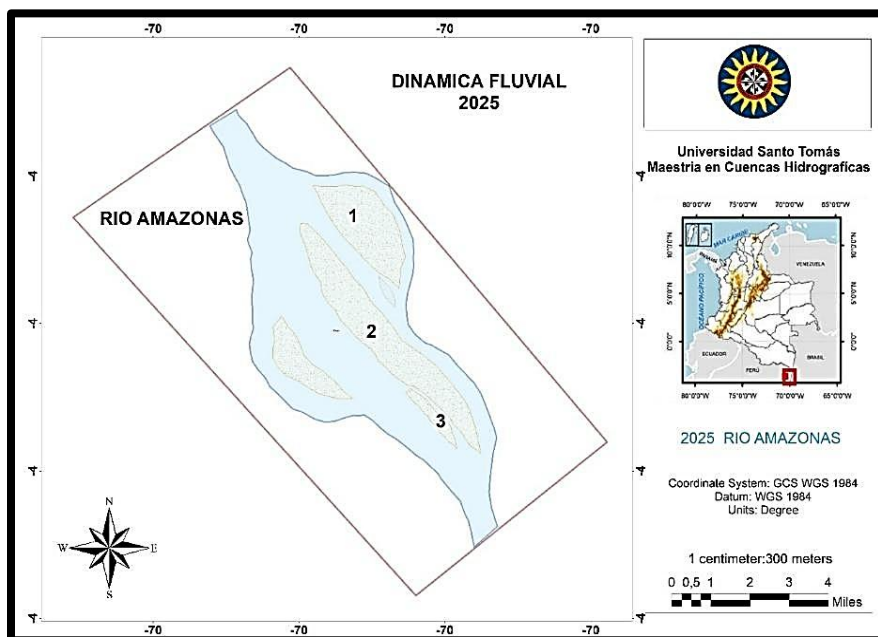
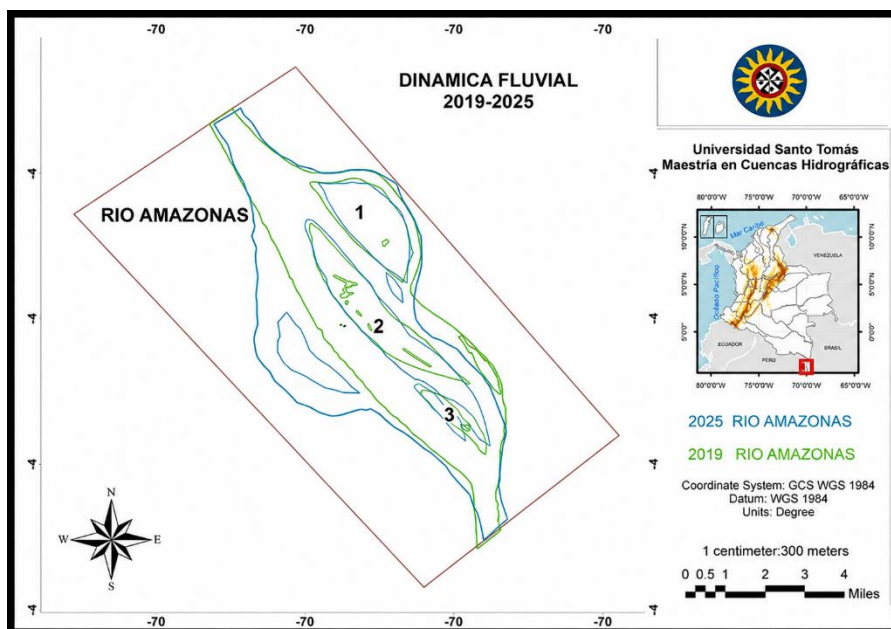


Figura 15.
Dinámica fluvial 2025



Fuente: Universidad Santo Tomás

Figura 16.
Dinámica fluvial 2019- 2025



Fuente: Universidad Santo Tomás



En el Trapecio amazónico el río Amazonas está formado por un cauce activo que presenta 4 brazos que contienen islas interiores. En el sector, el lecho mayor presenta un ancho medio de 9.379m, y el cauce activo de 2025 se presenta con mayor tendencia hacia su costado occidental o margen derecha.

El brazo principal rectilíneo que transcurre sobre su margen derecha, o en el costado occidental, tiene un ancho medio de unos 1.530m; por este mismo brazo se desprende un brazo secundario (brazo S) de poca extensión y de un ancho medio de 667m. (UNAL,2025)

Por la parte central se presenta un brazo rectilíneo con un ancho de entre 1km y 830m, limitado en su margen derecha por la isla Santa Rosa. Como un satélite de este brazo se presenta la derivación de un brazo oriental menor en su costado norte (brazo N), de forma curvada, en el sector de El Porvenir, con un ancho medio de 530m. La línea de frontera en el río Amazonas entre Colombia y Perú (fuente ArcGIS - IGAC) se presenta en una longitud aproximada de unos 12km. En el sector de interés, esta línea se presenta por el centroide del brazo central del río. . (UNAL,2025)

En la Figura 16 se observa que del año 2019 a 2025 se presentó un aumento del caudal en toda el área de estudio, siendo notorio hacia la parte occidental de la Figura 16. Es un río meándrico con un canal muy amplio, que presenta procesos de sedimentación en este año y se observa un aumento del cauce activo del río Amazonas en la parte occidental y se evidencia dejando unas islas en la parte central y occidental, dado a la misma dinámica fluvial realizada en ese lapso de tiempo.

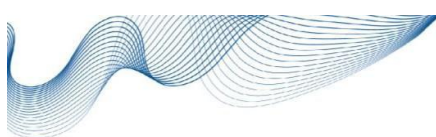


En la parte oriente de la zona de estudio, se evidencia el proceso anabranch, ya que el brazo se separa del cauce principal y metros más adelante se vuelve a unir.

El análisis de las imágenes satelitales de Leticia entre 2015 y 2025 se evidencia, cambios notables en la morfología de los brazos del río Amazonas, producto de procesos naturales de redistribución de sedimentos, que aumentan las zonas de inundación y erosión para los asentamientos cercanos. En conjunto, estas transformaciones revelan una presión creciente sobre los ecosistemas amazónicos y una disminución en la efectividad del control urbano, lo que resalta la necesidad de fortalecer el ordenamiento territorial, proteger las áreas ambientales sensibles y contener la expansión no planificada para garantizar un desarrollo sostenible en la ciudad.

Análisis e incidencia en el ordenamiento territorial

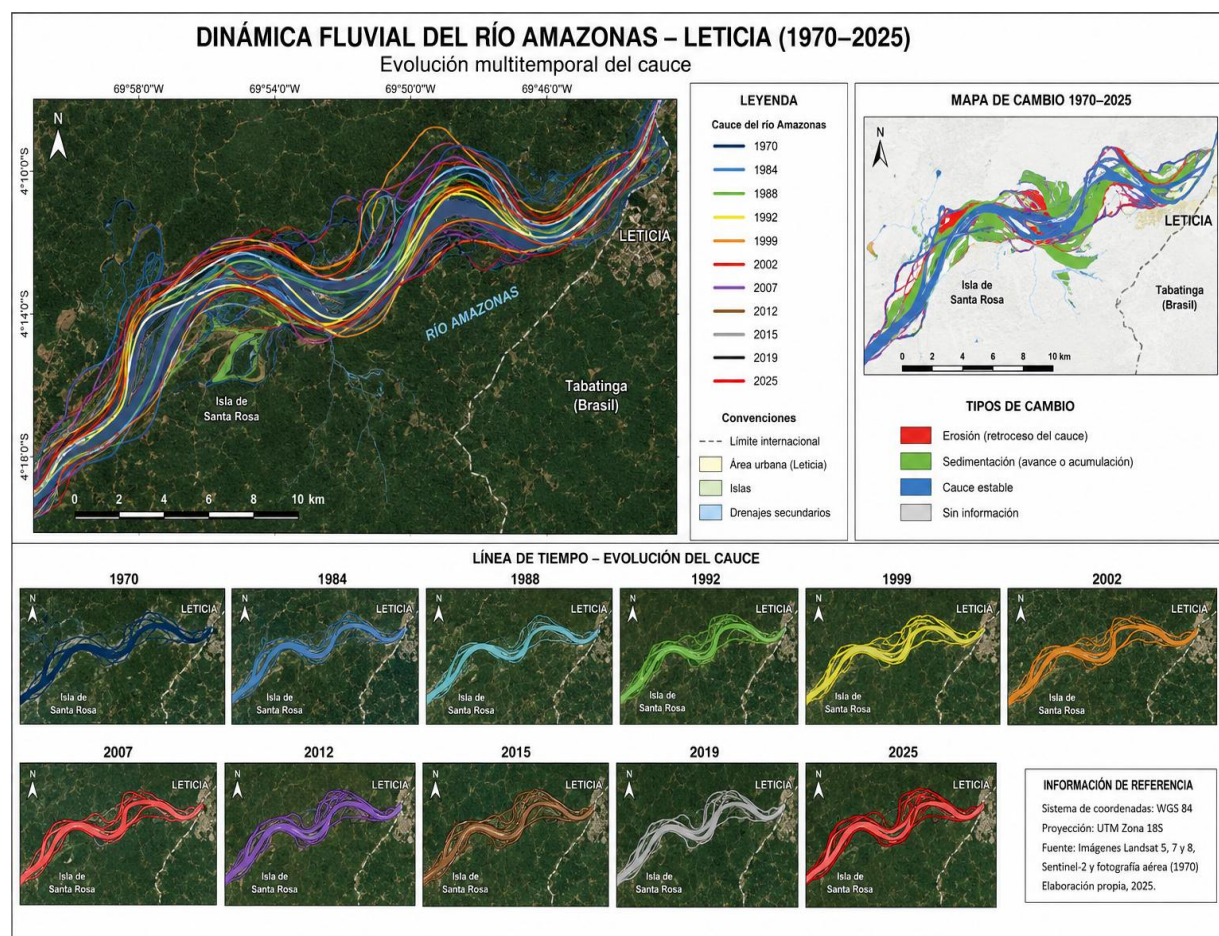
El análisis correspondiente al periodo más reciente evidencia que la dinámica fluvial continúa siendo un factor determinante en la configuración territorial del municipio. La transformación de islas, la redistribución de sedimentos y la permanencia de procesos de inundación sobre la llanura aluvial confirman que el territorio mantiene un comportamiento altamente dinámico. En este sentido, los resultados obtenidos constituyen un soporte técnico para la revisión y actualización del PBOT, especialmente en lo relacionado con la delimitación de áreas de amenaza, la regulación de los usos del suelo y la formulación de estrategias de adaptación frente al cambio climático.



4.3.2 *Análisis integral de la dinámica fluvial del río Amazonas durante el periodo 1970–2025*

El análisis conjunto de la fotografía aérea, las imágenes satelitales y la cartografía histórica permitió reconstruir los principales cambios del río Amazonas en el área de estudio durante un periodo de 55 años. Para elaborar la Figura 17 se superpusieron las márgenes, islas, barras y brazos secundarios identificados en las diferentes fechas analizadas. Esta integración permitió reconocer los sectores que presentaron mayor transformación y diferenciarlos de aquellos que conservaron una estabilidad relativa entre 1970 y 2025.

Figura 17.
Dinámica fluvial del Río Amazonas – Leticia (1970-2025)





Fuente: Elaboración propia con base en fotografías aéreas del IGAC (1970), imágenes Landsat y Sentinel-2 (USGS, 2024; SUHET, 2023), cartografía del IGAC (2023), Servicio Geológico Colombiano (2023), y procesamiento en ArcGIS Pro.

La Figura 17 muestra que los cambios no se distribuyeron de manera uniforme en toda el área estudiada. La margen izquierda, donde se localiza el casco urbano de Leticia, presentó una mayor estabilidad en comparación con la margen opuesta. Esta condición se relaciona con la presencia de la terraza de Leticia y con el escarpe que limita el avance lateral del cauce hacia el área urbana, de acuerdo con la información geológica y geomorfológica disponible para el sector (SGC, 2011).

En la margen derecha se observaron mayores modificaciones en la posición del cauce y en la configuración de las geoformas aluviales. La comparación entre las diferentes fechas evidencia procesos de erosión y sedimentación que produjeron cambios en la forma y extensión de las islas y barras. Debido a las diferencias de resolución entre la fotografía aérea de 1970 y las imágenes satelitales posteriores, estos cambios se interpretaron de manera espacial y relativa, sin asignar una distancia exacta al desplazamiento de la margen.

La secuencia multitemporal también permitió reconocer procesos de crecimiento, reducción, desplazamiento y fusión de islas. En algunos periodos aparecieron barras e islas de menor tamaño que posteriormente cambiaron de forma o dejaron de ser visibles. De igual manera, se identificaron brazos secundarios que modificaron su configuración o volvieron a conectarse con el cauce principal. Estas transformaciones muestran que las islas no son elementos permanentes, sino geoformas que cambian como resultado de los procesos de erosión y acumulación de sedimentos.



En la llanura de inundación se identificaron sectores con evidencias de ocupación por el agua, presencia de cauces abandonados y modificaciones en la distribución de los depósitos aluviales. Algunos espacios conservaron una configuración relativamente estable durante varias fechas, mientras que otros presentaron cambios asociados con la movilidad del cauce y la formación o transformación de geoformas. Estas evidencias permitieron reconocer diferencias espaciales en la susceptibilidad a inundación, sin establecer probabilidades, frecuencias o magnitudes del fenómeno.

La comparación integral confirma que la mayor estabilidad de la margen izquierda contrasta con la movilidad observada en la margen derecha, las islas y la llanura aluvial. Esta diferencia ayuda a interpretar la localización del casco urbano de Leticia sobre una unidad geomorfológicamente más estable y, al mismo tiempo, permite reconocer las limitaciones físicas que presentan las áreas relacionadas directamente con la dinámica del río.

Desde el ordenamiento territorial, la Figura 17 aporta una lectura actualizada de la evolución del cauce y de las geoformas fluviales. La información obtenida puede utilizarse para orientar el seguimiento de las márgenes, revisar la compatibilidad de los usos del suelo y apoyar la identificación de áreas susceptibles a inundación. Su contraste con el PBOT permite reconocer coincidencias y diferencias entre la dinámica observada durante el periodo de estudio y la información empleada por el municipio para orientar la ocupación del territorio.

Los cambios registrados entre 1970 y 2025 no corresponden a hechos aislados, sino a una evolución geomorfológica continua. Por esta razón, la Figura 17 constituye el resultado integrador del análisis multitemporal y evidencia la necesidad de actualizar periódicamente la información cartográfica utilizada en la planificación territorial de Leticia.



Con el propósito de sintetizar los cambios representados en la Figura 17, la Tabla 5 relaciona las principales evidencias observadas durante el análisis multitemporal con su interpretación geomorfológica y sus implicaciones para el ordenamiento territorial. Esta síntesis permite diferenciar los sectores que conservaron una estabilidad relativa de aquellos donde se presentaron mayores transformaciones entre 1970 y 2025.

Tabla 5. Síntesis de los cambios geomorfológicos identificados entre 1970 y 2025

Sector o elemento analizado	Evidencia multitemporal	Interpretación geomorfológica	Relevancia para el contraste territorial
Margen izquierda y Terraza de Leticia	Se observaron pocas variaciones en la posición de la margen durante el periodo analizado.	Condición de estabilidad geomorfológica relativa asociada a la presencia de la terraza y del escarpe natural.	Evidencia física para contrastar la representación de la terraza en el PBOT; no determina aptitud urbana.
Margen derecha y llanura aluvial	Se identificaron cambios en la posición del cauce y en la configuración de los depósitos aluviales.	Sector con mayor actividad de erosión, sedimentación y desplazamiento lateral.	Sector prioritario para actualización cartográfica y estudios complementarios.
Islas y barras fluviales	Se evidenciaron cambios de forma y extensión, así como procesos de crecimiento, reducción, desplazamiento y unión de algunos depósitos.	Respuesta a procesos de acreción, erosión y redistribución de sedimentos.	Su carácter cambiante exige seguimiento cartográfico; no se evaluaron usos o infraestructura.
Brazos y cauces secundarios	Se observaron aperturas, cierres y modificaciones en algunos canales que rodean las islas.	Reorganización del sistema fluvial y redistribución del flujo entre el cauce principal y los brazos secundarios.	Permite reconocer la reorganización del sistema fluvial y orientar futuras verificaciones.
Llanura de inundación	Se reconocieron áreas bajas, cauces abandonados y sectores ocupados recurrentemente por el agua en las imágenes analizadas.	Unidad geomorfológica vinculada con la movilidad natural del río y con procesos periódicos de inundación y sedimentación.	Área prioritaria para contrastar la clasificación relativa con la cartografía del PBOT.

Fuente: Elaboración propia a partir del análisis multitemporal de fotografías aéreas, imágenes satelitales, cartografía histórica y observaciones de campo.

La comparación presentada en la Tabla 5 muestra que la dinámica fluvial no se distribuye de manera uniforme en el área de estudio. Mientras la Terraza de Leticia conservó una estabilidad relativa, la margen derecha, las islas, los cauces secundarios y la llanura de inundación experimentaron transformaciones más evidentes. Esta diferencia permite explicar tanto la



consolidación urbana sobre la terraza como las limitaciones que presentan las áreas aluviales para albergar ocupaciones permanentes.

En consecuencia, la Figura 17 no solo representa los cambios espaciales ocurridos entre 1970 y 2025, sino que permite reconocer la relación entre la evolución geomorfológica del río y las condiciones de ocupación del territorio. El producto cartográfico constituye un insumo académico para orientar el seguimiento de las márgenes, apoyar la revisión del PBOT y reconocer sectores susceptibles a inundación. No corresponde, sin embargo, a una zonificación probabilística de amenaza ni a una evaluación del riesgo.

5. LÍNEA DE TIEMPO DINÁMICA FLUVIAL DEL RÍO AMAZONAS – LETICIA (1970–2025)

1970 —● Inicio del registro multitemporal: cauce estable en la margen izquierda.

- Río relativamente rectilíneo en zona de Leticia.
- 3 islas principales:

Isla 1 $\approx$ 5,6 km

Isla 2 $\approx$ 9,5 km

Isla 3 $\approx$ 3,1 km



1984 —● Cambios leves: sedimentos comienzan a modificar la forma de las islas.

- Isla 2 se adelgaza ligeramente.
- Isla 3 aumenta tamaño por acumulación sedimentaria aguas arriba.
- Formación de una nueva isla (Isla 4).

1988 —● Se activa el anabranch; se amplía el aluvión activo.

- Aluvión activo $\approx 2,94$ km de ancho.
- Aumento de vegetación en islas centrales.
- Se evidencia con claridad el proceso anabranch (un brazo se separa y retorna).

1992 —● Migración lateral incipiente hacia el W; desplazamientos cuantificables.

- Isla 2 se alarga +260 m por acreción.
- Isla 3 se desplaza ≈ 50 m aguas abajo.
- Brazo derecho del río comienza a migrar hacia occidente.

1999 —● Incremento notable de sedimentos: peligro de desbordes aumenta.



- Llanura de inundación $\approx 2,9$ km de ancho.
- Aumento significativo de sedimentos $\rightarrow$ mayor debilidad.
- Persistencia del proceso anabanch.

2002 —● El cauce activo se expande; se fortalecen las barras laterales.

- Se refuerza la acreción en el canal principal.
- El cauce activo se ensancha hacia el centro del río.

2007–2012 —● Variaciones intensas: fusión de islas y migración sostenida del cauce.

- Fusión progresiva entre islas 2 y 3.
- Nuevas islas pequeñas aguas arriba y abajo.
- Migración hacia el W se intensifica en margen derecha peruana.

2015 —● Margen izquierda estable; nuevas micro islas emergen por sedimentación.

- Leticia permanece estable por el escarpe de 40–60 m de la Terraza de Leticia.
- Se forman dos nuevas islas pequeñas aguas arriba.



2019 —● Pausa en la migración; El brazo occidental presenta un aumento aparente en la anchura del cauce

- Se detiene la migración activa de margen derecha.
- Durante la fecha analizada se identifica una mayor extensión espacial de las áreas ocupadas por el agua.

2025 —● Máxima expresión de los procesos fluviales: islas nuevas, cauce ancho, migración acumulada ≈ 1.5 km hacia el W en 55 años.

- Río meándrico con cauce muy amplio.
- Incremento del cauce activo en el costado occidental.
- Procesos activos:

Acreción lateral

Aumento de islas

Sedimentos ascendentes

Anabanch consolidado



5.1. Análisis de línea de tiempo (1970-2025)

La margen izquierda, asociada con la terraza de Leticia, presentó mayor estabilidad relativa durante las fechas analizadas. Según el Servicio Geológico Colombiano (2011), esta unidad presenta un escarpe de aproximadamente 40–60 m frente al nivel del río, condición física que contribuye a interpretar la menor migración observada en este sector. La dinámica fluvial del río Amazonas presenta una relación directa con la configuración física de los sectores próximos al cauce y constituye un condicionante que debe ser considerado en el ordenamiento territorial.

Margen derecha (Perú): migración acumulada $\approx 1,5$ km hacia el W.

El análisis multitemporal permitió identificar una dinámica activa en la formación y transformación de islas fluviales, evidenciando procesos de fusión, creación y desaparición, especialmente a partir de la década de 1990. Los procesos geomorfológicos dominantes corresponden a la acreción lateral, sedimentación, formación de canales anabranch y expansión del cauce activo. (Rozo et al., 2014). Estas transformaciones permitieron reconocer sectores bajos con evidencias de ocupación recurrente por el agua y mayor relación con la dinámica de la llanura de inundación.

Los cambios observados muestran que la llanura de inundación mantiene una evolución asociada con procesos de erosión, sedimentación y migración lateral del cauce. Desde el ordenamiento territorial, esta evidencia justifica contrastar periódicamente la cartografía del PBOT con la configuración actual del sistema fluvial. Los resultados no constituyen por sí mismos una restricción normativa de ocupación.



5.1.1 Análisis de la incidencia de la dinámica fluvial en el ordenamiento territorial

El análisis multitemporal realizado entre 1970 y 2025 permitió evidenciar que la dinámica fluvial del río Amazonas presenta una relación directa con la configuración física de los sectores próximos al cauce y constituye un condicionante que debe considerarse en el ordenamiento territorial de Leticia. Aunque la margen izquierda, donde se localiza el casco urbano, ha permanecido relativamente estable debido al control geomorfológico ejercido por la Terraza de Leticia, las áreas correspondientes a la llanura de inundación presentan cambios continuos asociados a procesos de migración lateral, sedimentación, erosión y formación de islas.

Los procesos identificados generaron diferencias espaciales en la estabilidad geomorfológica y en la susceptibilidad relativa a inundación. La terraza de Leticia presentó mayor estabilidad comparativa, mientras que las zonas bajas, las islas y la llanura de inundación mostraron una relación más directa con la dinámica del cauce. El PBOT incorpora categorías normativas relacionadas con la inundación; esta investigación no las redefine, sino que aporta información multitemporal para su contraste y futura revisión técnica.

En sectores como la Isla de la Fantasía se reconoció la presencia de viviendas y otros elementos territoriales dentro de la llanura de inundación. Esta observación se presenta únicamente como contexto y no corresponde a un inventario de infraestructura, una evaluación de ocupación, vulnerabilidad o riesgo. El aporte verificable del estudio consiste en clasificar la susceptibilidad física y contrastarla con el PBOT.

Adicionalmente, el análisis multitemporal permitió identificar la evolución del cauce y reconocer los sectores con mayor dinámica geomorfológica. Estos resultados constituyen una línea base para



actualizar la información territorial, comparar la clasificación relativa con el PBOT y priorizar estudios oficiales de mayor detalle.

5.1.2 Áreas con susceptibilidad relativa a inundación en el área de estudio

La integración del análisis multitemporal, la interpretación geomorfológica y las observaciones de campo permitió delimitar áreas con susceptibilidad relativa alta, media y baja a inundación.

La clasificación se obtuvo mediante la aplicación de los cuatro criterios establecidos en la metodología y expresa diferencias físicas comparativas dentro del área estudiada.

Los resultados muestran que la susceptibilidad relativa alta se concentra principalmente en la Isla de la Fantasía y otros sectores de la llanura de inundación, donde se identificaron conexiones con el cauce, evidencias recurrentes de ocupación por el agua y procesos geomorfológicos activos.

La susceptibilidad media corresponde principalmente a las zonas bajas próximas al muelle y otros sectores de transición con conexión parcial con el sistema fluvial. La susceptibilidad baja se relaciona con la terraza de Leticia, unidad que presentó mayor estabilidad geomorfológica durante las fechas analizadas.

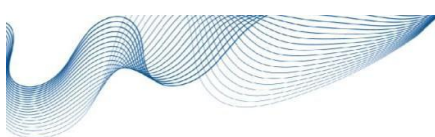
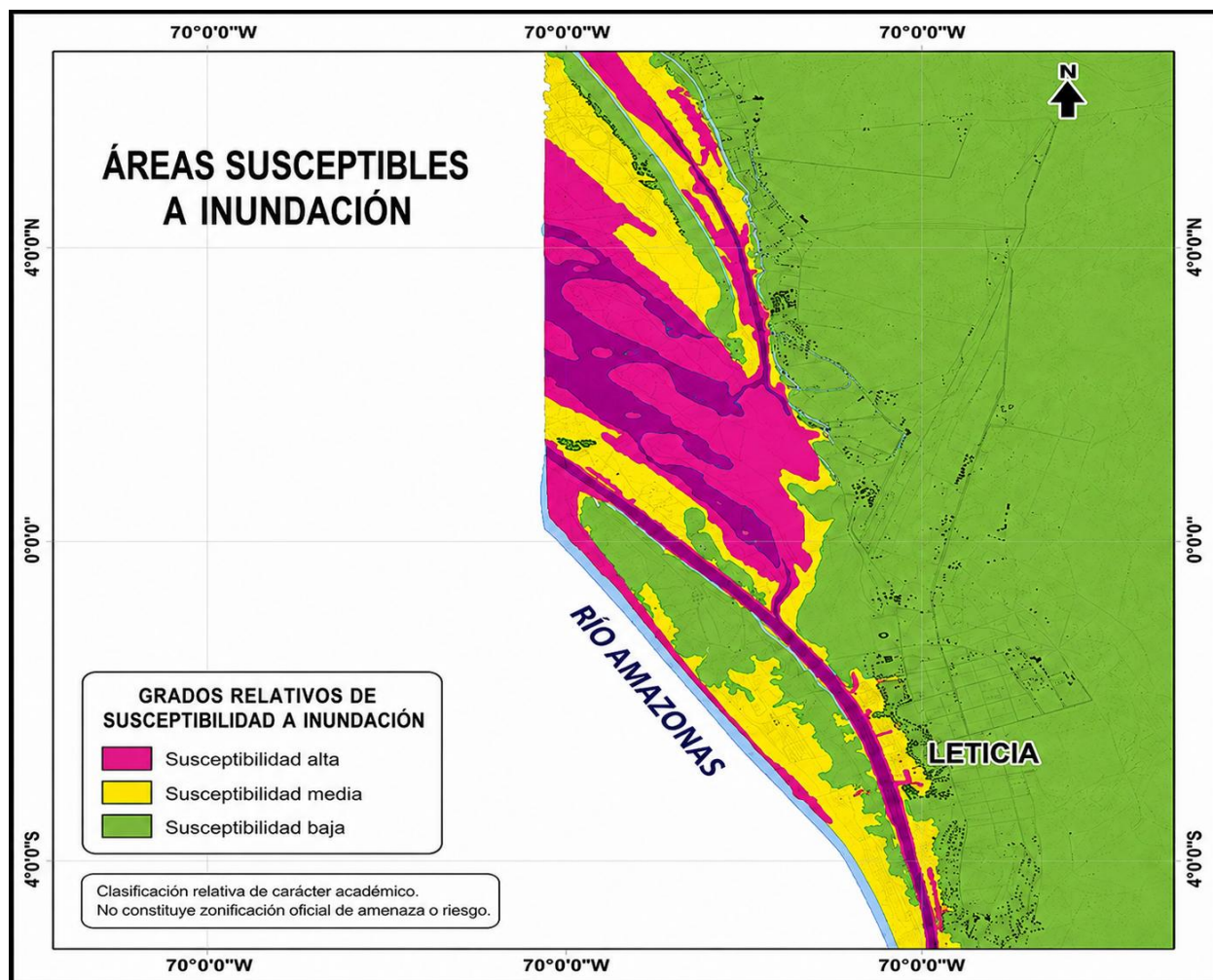


Figura 18. Áreas susceptibles a inundación en el área de estudio



Fuente: Elaboración propia (2026)

La clasificación presentada en la Figura 18 no expresa probabilidades, frecuencias, profundidades o magnitudes de inundación. Por tanto, corresponde a una aproximación relativa de carácter técnico-académico y no constituye una zonificación oficial de amenaza ni una evaluación de vulnerabilidad o riesgo.

Posteriormente, los resultados fueron contrastados con la cartografía y las disposiciones del PBOT. Este ejercicio permitió reconocer coincidencias cartográficas generales en la llanura de inundación, la Isla de la Fantasía y las zonas bajas próximas al muelle, así como identificar



sectores donde se requiere actualizar la información física o realizar estudios oficiales de mayor detalle

Tabla 6. Análisis por sector de las implicaciones del PBOT

Sector analizado	Grado relativo de susceptibilidad	Información contextual observada	Alcance del contraste territorial
Terraza de Leticia	Baja	Unidad relativamente estable donde se localiza el casco urbano.	Referencia física para contrastar con la cartografía del PBOT; no constituye evaluación de aptitud urbana.
Isla de la Fantasía	Alta	Presencia contextual de viviendas y otros elementos en la llanura de inundación.	Sector prioritario para estudios oficiales de mayor detalle; no se formulan decisiones de ocupación.
Zonas bajas próximas al muelle	Media	Actividades portuarias, comerciales y de movilidad observadas junto al río.	Información contextual para futuros estudios; no se evaluó infraestructura ni funcionamiento territorial.
Llanura de inundación	Alta	Áreas bajas, vegetación y actividades observadas en la llanura.	Insumo cartográfico para el contraste con el PBOT y la actualización de información física.

Los resultados del contraste muestran diferencias físicas entre los sectores analizados y permiten reconocer su utilidad para la planificación territorial. No obstante, estos resultados no modifican las categorías adoptadas por el PBOT ni determinan usos del suelo, condiciones de ocupación o intervenciones sobre infraestructura.

En consecuencia, el tercer objetivo específico se cumple dentro de su alcance técnico-académico mediante la delimitación de las áreas con susceptibilidad relativa alta, media y baja, la documentación de los criterios aplicados y el contraste de los resultados con la cartografía y las disposiciones del PBOT.



5.2 Diagnóstico territorial y problemáticas estructurales

Mediante los datos recopilados en campo y dentro del software, se inició la validación de las interpretaciones geomorfológicas del área de interés y se presenta el mapa geológico del área de estudio, en el cual se identifican las principales unidades geológicas que conforman el municipio de Leticia y su entorno. Predominan los depósitos cuaternarios representados por la unidad Qal, asociados a sedimentos aluviales recientes generados por la dinámica del río Amazonas. Asimismo, se distinguen las terrazas aluviales (Qt), localizadas principalmente sobre las zonas más elevadas donde se asienta el casco urbano de Leticia, las cuales presentan mayor estabilidad frente a los procesos de inundación. En menor proporción se observan las unidades Q1 y Q2, correspondientes a depósitos cuaternarios de diferente origen y antigüedad, relacionados con antiguos niveles de sedimentación y evolución de la llanura aluvial. La distribución de estas unidades evidencia la estrecha relación entre la geología superficial, la geomorfología y la dinámica fluvial del río Amazonas, constituyendo un insumo fundamental para el análisis de la susceptibilidad relativa a inundación y su incidencia en el ordenamiento territorial. (SGC, 2023)

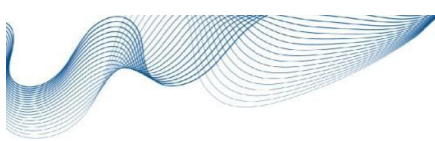
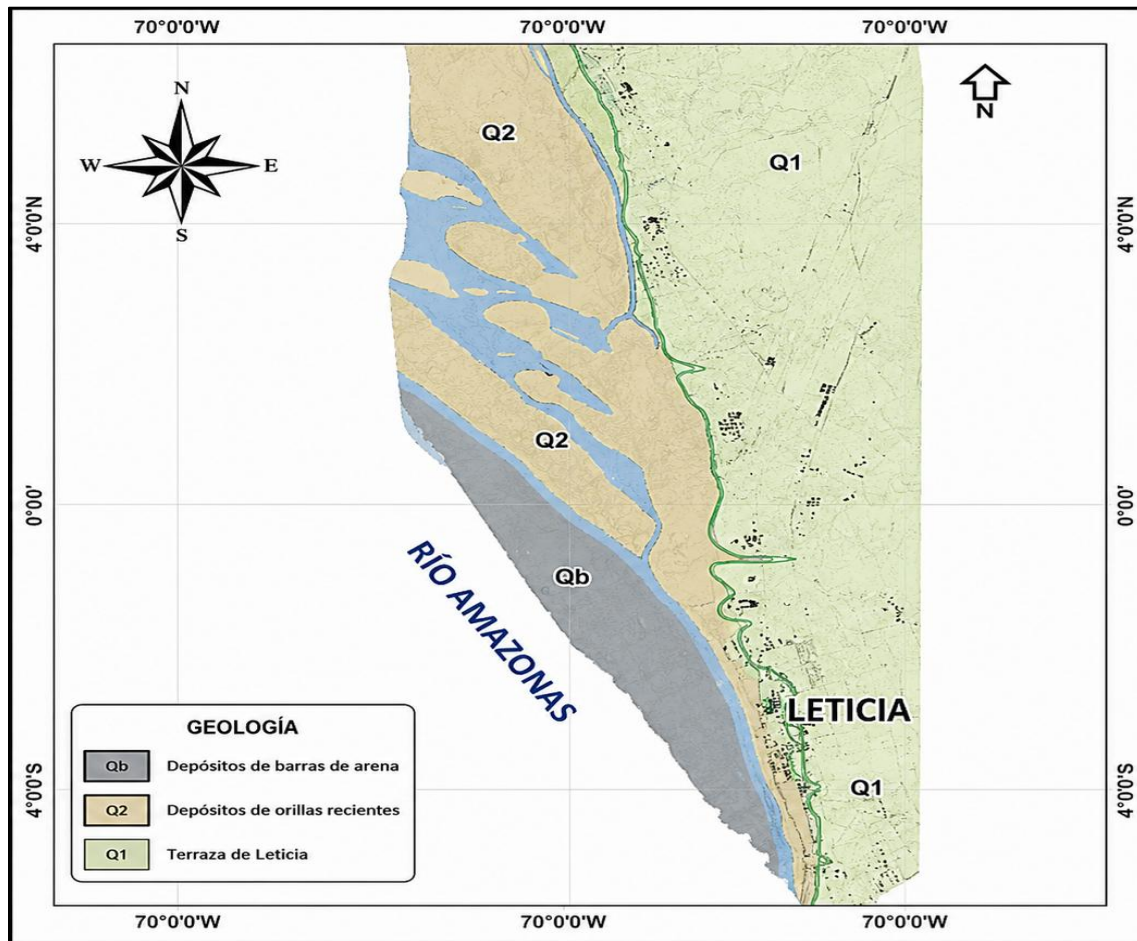


Figura 19. Mapa Geológico del municipio de Leticia



Fuente: Elaboración propia con base en el Servicio Geológico Colombiano (2011). *Universidad Santo Tomás*

- **Dinámicas del río:**

El análisis permitió reconstruir los principales cambios de la dinámica fluvial y geomorfológica del río Amazonas durante el periodo 1970-2025. La interpretación se concentró en el cauce, las márgenes, las islas, los brazos secundarios y la llanura de inundación, sin evaluar afectaciones sobre población o infraestructura.

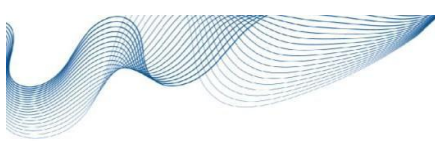


Para la interpretación de la dinámica fluvial y su contraste con el ordenamiento territorial se desarrollaron las actividades cartográficas, geomorfológicas y de validación descritas en la metodología.

- Del trabajo de campo y el análisis de la dinámica fluvial presentado en el numeral anterior, se determina y se puede observar en la figura 20, que las laderas de la margen izquierda del río Amazonas, a la altura del casco urbano de Leticia, son estables donde el escarpe de la unidad geológica Terraza de Leticia (Ql), da directamente contra el río (Servicio Geológico Colombiano SGC, 2011). La presencia de este escarpe de unos 40 a 60 metros de altura entre el nivel donde se ubica el casco urbano de Leticia y el nivel actual del río, impide que éste migre hacia el oriente, haciendo muy estable su ladera izquierda sobre la que está construido Leticia (Servicio Geológico Colombiano SGC, 2011).
- En la Figura 20 se observa que el casco urbano de Leticia se localiza principalmente sobre la unidad Ql, mientras que las unidades Qo2 y Qb se distribuyen hacia la llanura aluvial y los sectores relacionados directamente con el cauce. Esta diferencia espacial es coherente con los resultados de la Figura 17, en la cual la margen izquierda presenta mayor estabilidad geomorfológica, mientras que los cambios más notorios se concentran en las islas, barras y canales localizados en la margen opuesta y en la llanura de inundación.

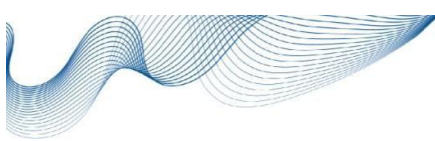
Figura 20.

Geología de la zona de estudio (Modificado de S.G.C, 2011)

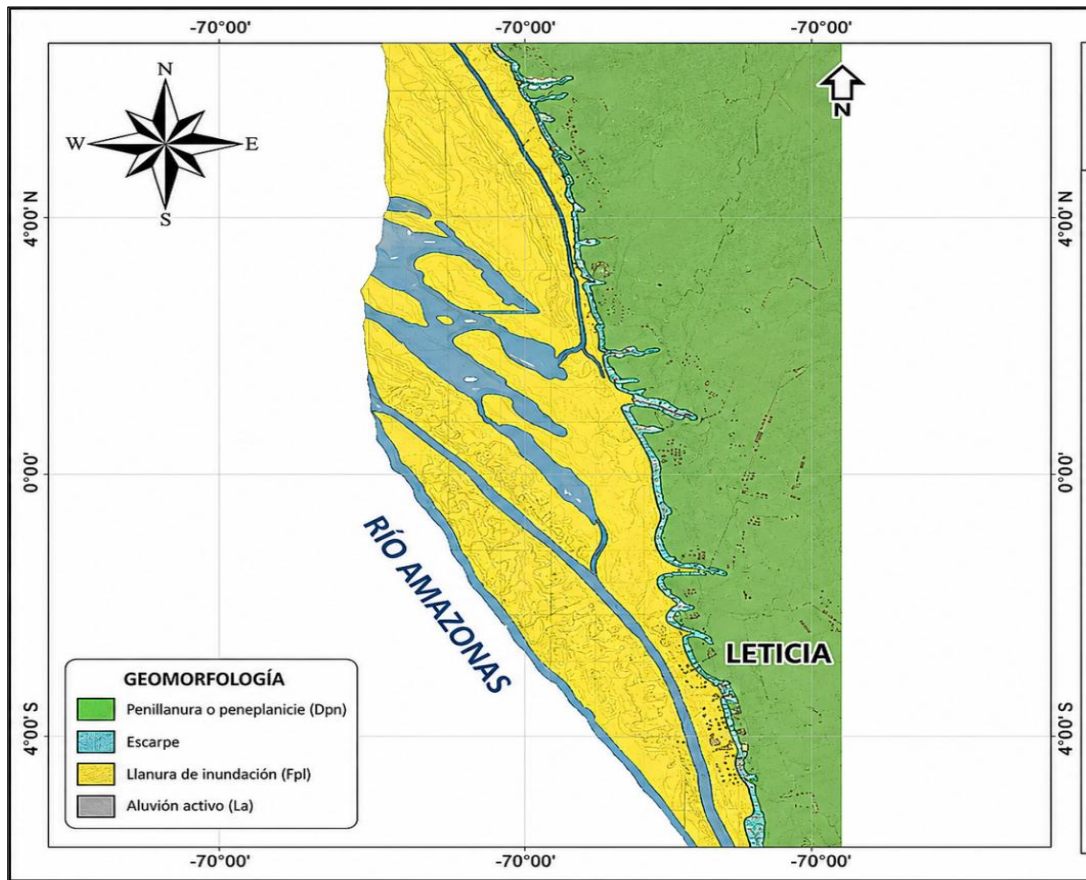


Fuente: Elaboración propia con base en el Servicio Geológico Colombiano (2011) y Google Earth.

- Entre 1970 y 2020, la margen derecha localizada en territorio peruano presentó un desplazamiento aproximado de 1,5 km hacia el oeste. Durante el periodo analizado, la isla 1 mantuvo una estabilidad relativa y las islas 2 y 3 se fusionaron; también aparecieron y desaparecieron depósitos menores. En inmediaciones de Leticia se reconocieron rastros de antiguos canales y cambios en algunas curvas del río, coherentes con el comportamiento descrito por Rozo et al. (2014). Estas evidencias se interpretan como indicadores de movilidad geomorfológica y no como mediciones de amenaza o afectación territorial.



- **Figura 21. Unidades geomorfológicas**



- El estudio geomorfológico permitió diferenciar sectores con distinta estabilidad relativa y reconocer patrones de erosión, sedimentación y transformación de geoformas. La teledetección y los SIG proporcionaron una base cartográfica para comparar los cambios del río y contrastarlos con la información del PBOT. No se evaluaron proyectos de infraestructura ni se definieron localizaciones para edificios, carreteras u otras intervenciones.
- Los resultados físicos pueden servir como referencia para futuras evaluaciones ambientales y territoriales. Sin embargo, la investigación no delimitó áreas protegidas,



hábitats críticos o zonas de amortiguación, por lo que cualquier decisión de conservación requiere estudios ecológicos y procedimientos institucionales adicionales.

- Se recomienda mantener un seguimiento cartográfico periódico de las márgenes, islas y canales, de manera que futuras revisiones de los instrumentos de planificación dispongan de información física actualizada. La definición de estrategias de adaptación o de medidas frente al cambio climático requiere análisis hidrológicos, ambientales, sociales e institucionales que no formaron parte de esta investigación.

6. Discusión

El análisis conjunto de las fotografías aéreas, imágenes satelitales y cartografía histórica correspondientes al periodo 1970–2025 permitió establecer que las transformaciones del río Amazonas no se distribuyeron uniformemente en el área de estudio. Mientras la llanura aluvial, las islas, los canales secundarios y la margen opuesta al casco urbano registraron cambios relacionados con procesos de erosión, sedimentación y reorganización del cauce, la margen izquierda asociada con la terraza de Leticia presentó mayor estabilidad relativa.

Esta diferenciación permite superar una lectura exclusivamente descriptiva de los cambios observados. Los resultados se discuten considerando tres aspectos: su relación con investigaciones anteriores, los mecanismos geomorfológicos que pueden explicar su distribución espacial y las implicaciones territoriales derivadas del contraste con el PBOT. Las relaciones causales planteadas se interpretan a partir de evidencias cartográficas y geomorfológicas, sin considerarlas comprobaciones hidráulicas o hidrológicas definitivas.



6.1 Dinámica fluvial y procesos geomorfológicos

La secuencia multitemporal evidencia modificaciones recurrentes en las márgenes, las islas, las barras y algunos brazos secundarios durante las fechas analizadas. Como se observa en la Figura 17, las transformaciones más evidentes se concentran en la llanura aluvial y en la margen opuesta al casco urbano de Leticia. Este comportamiento demuestra que el río mantiene una dinámica activa, aunque su expresión espacial varía según las características físicas de cada sector.

Los resultados coinciden con Rozo et al. (2014), quienes identificaron movilidad lateral, modificaciones de las márgenes y transformaciones en las islas del río Amazonas mediante el análisis de imágenes Landsat. Mientras ese estudio se concentró principalmente en el periodo 1986–2006, la presente investigación amplía la lectura temporal al integrar información correspondiente a aproximadamente 55 años. Esta extensión permitió reconocer que los cambios no siguen un patrón homogéneo: la movilidad es más evidente en las unidades aluviales, mientras que la margen izquierda, donde se localiza el casco urbano de Leticia, presenta mayor estabilidad relativa.

La comparación también permite complementar lo planteado por Rozo et al. (2014). La movilidad general del sistema fluvial descrita por estos autores no implica que todas las márgenes se desplacen con la misma intensidad. En el área estudiada, la estabilidad relativa de la margen izquierda contrasta con las modificaciones observadas en las islas, los canales secundarios y la margen derecha. Este resultado muestra la importancia de incorporar las condiciones geomorfológicas locales para interpretar el comportamiento del río.



La distribución espacial de los cambios puede explicarse parcialmente por el control que ejercen las unidades geomorfológicas. La cartografía geológica y geomorfológica del Servicio Geológico Colombiano permite diferenciar la terraza de Leticia de los depósitos recientes asociados con la llanura aluvial. En los resultados, la terraza presentó menores cambios comparativos en la posición de la margen, mientras que las unidades directamente conectadas con el cauce registraron mayor movilidad.

Esta relación permite plantear que la terraza de Leticia funciona como un control físico relativo frente a la migración lateral del río. En contraste, las islas, barras y sectores de la llanura de inundación están formados por materiales aluviales sujetos a procesos de erosión, transporte y acumulación. Sin embargo, esta explicación se sustenta en la correspondencia espacial entre las unidades geomorfológicas y los cambios observados; no procede de mediciones directas de resistencia de materiales, velocidad del flujo o esfuerzo cortante.

Los resultados también guardan relación con Posada García (2005), quien explica que la erosión, el transporte y la acumulación de sedimentos participan permanentemente en la transformación de los paisajes aluviales amazónicos. En las imágenes analizadas, estos procesos se expresan mediante la aparición, ampliación, reducción o modificación de islas y barras, así como en la reorganización de los canales que rodean estas geoformas.

La relación causal puede interpretarse de la siguiente manera: cuando la corriente pierde capacidad de transporte en determinados sectores, parte del material puede depositarse y favorecer la formación o ampliación de barras e islas; en otros sectores, la concentración del flujo puede favorecer el retroceso de las márgenes. A su vez, la transformación de una isla o de un brazo secundario puede modificar localmente la distribución del flujo y generar nuevos



espacios de erosión o sedimentación. Esto ayuda a explicar por qué los cambios no deben entenderse como hechos aislados, sino como procesos relacionados dentro del sistema fluvial.

No obstante, la investigación no contó con mediciones de caudal, velocidad, profundidad, transporte de sedimentos o modelación hidráulica. Por tanto, no es posible determinar cuantitativamente qué variable produjo cada transformación ni asociar un cambio específico con una crecida particular. El estudio identifica las expresiones espaciales de los procesos y plantea una interpretación geomorfológica consistente, pero no demuestra relaciones causales mediante mediciones hidráulicas.

También es necesario interpretar críticamente el concepto de estabilidad. Que la margen urbana de Leticia haya presentado menores cambios que otras unidades no significa que permanezca completamente inmóvil o que esté exenta de procesos fluviales. La estabilidad identificada es relativa, comparativa y limitada al periodo y a la resolución de los insumos analizados. Por ello, no debe interpretarse como una garantía permanente de seguridad territorial.

Estos resultados son consistentes con la literatura reciente que reconoce la utilidad de las series satelitales para reconstruir la migración y transformación de los cauces, especialmente en grandes ríos amazónicos (Nagel et al., 2023). No obstante, las diferencias de resolución y las condiciones de adquisición de las imágenes deben considerarse al interpretar cambios pequeños. Asimismo, la relación entre sedimentación, erosión y estabilidad del cauce señalada por Vázquez-Tarrío et al. (2024) permite interpretar los cambios observados como parte de un sistema fluvial dinámico y no como modificaciones aisladas. En consecuencia, los resultados de esta investigación deben entenderse como tendencias espaciales y temporales respaldadas por la comparación de las fuentes disponibles.



6.2 Susceptibilidad relativa a inundación y contexto territorial

La Figura 18 muestra que la susceptibilidad a inundación tampoco se distribuye uniformemente. Las áreas clasificadas con susceptibilidad alta se relacionan principalmente con la llanura de inundación, la conexión directa con el cauce, las evidencias recurrentes de ocupación por el agua y la presencia de procesos geomorfológicos activos. Las áreas de susceptibilidad media corresponden a sectores de transición, mientras que la susceptibilidad baja se concentra en unidades geomorfológicamente más estables, especialmente en la terraza de Leticia.

Esta distribución es coherente con la interpretación geomorfológica desarrollada en la investigación. La conexión directa con el cauce facilita que las zonas bajas formen parte de la dinámica de inundación, erosión y sedimentación. En cambio, la posición de la terraza de Leticia y su mayor estabilidad comparativa explican su menor relación con la ocupación recurrente por el agua observada en las imágenes.

La Isla de la Fantasía constituye uno de los sectores donde la dinámica fluvial tiene mayor expresión territorial. Su localización dentro de la llanura de inundación, su conexión con el sistema fluvial y las transformaciones identificadas durante el análisis multitemporal sustentan su clasificación con susceptibilidad relativa alta. No obstante, esta clasificación expresa una condición física y no determina por sí sola el nivel de riesgo de la población.

Guevara y Reina (2018) analizaron las formas de vida y las relaciones territoriales de la población de la Isla de la Fantasía. Sus planteamientos permiten comprender que la ocupación y



permanencia de sus habitantes no pueden explicarse únicamente por las condiciones naturales.

La cercanía con el casco urbano, el acceso al muelle, las actividades asociadas con el río y las relaciones sociales y económicas también influyen en el uso del sector. La presente investigación complementa esa lectura desde el componente físico, al mostrar que las ocupaciones se localizan en un espacio directamente relacionado con la llanura de inundación y la dinámica del cauce.

El contraste entre ambos enfoques es relevante. Guevara y Reina (2018) permiten interpretar la ocupación desde las relaciones sociales y territoriales, mientras que esta investigación identifica las condiciones geomorfológicas y multitemporales del sector. En consecuencia, la presencia de población en un área físicamente susceptible no puede explicarse como resultado exclusivo de la dinámica fluvial ni puede analizarse únicamente como una decisión individual de ocupación. Se trata de una relación más compleja entre condiciones físicas, accesibilidad, prácticas sociales y vínculos económicos con el río.

Las zonas bajas próximas al muelle también presentan conexión directa con el sistema fluvial y concentran actividades visibles de carácter portuario, comercial y de movilidad. Sin embargo, estas observaciones se utilizaron solamente para contextualizar las implicaciones territoriales de los resultados. No se realizó un inventario de infraestructura, una caracterización funcional de las actividades ni una evaluación sistemática de exposición o vulnerabilidad.

La clasificación obtenida debe interpretarse críticamente. Los grados de susceptibilidad alta, media y baja permiten diferenciar condiciones físicas relativas dentro del área estudiada, pero no incorporan probabilidades de ocurrencia, profundidades, velocidades, periodos de retorno, número de personas expuestas o capacidad de respuesta. Por esta razón, el mapa no equivale a una zonificación oficial de amenaza ni a una evaluación de vulnerabilidad o riesgo.



6.3 Dinámica fluvial y configuración urbana observada

La revisión de las imágenes de 2015 y 2025 muestra que la mayor parte de la mancha urbana visible se concentra sobre la terraza de Leticia, mientras que en las áreas bajas se reconocen ocupaciones y actividades próximas al río. Esta distribución presenta una correspondencia espacial con las diferencias geomorfológicas identificadas: la mayor concentración urbana se localiza sobre la unidad que mostró mayor estabilidad relativa, mientras que las ocupaciones cercanas al río se encuentran en sectores con mayor conexión con la llanura de inundación.

Sin embargo, esta correspondencia no demuestra que la geomorfología sea la causa única de la configuración urbana de Leticia. Las imágenes permiten reconocer dónde se localizan las ocupaciones, pero no explican completamente por qué se produjeron. El crecimiento urbano también depende de factores sociales, económicos, culturales, institucionales y de accesibilidad que no fueron evaluados de manera sistemática.

En consecuencia, no puede afirmarse que la dinámica fluvial determine directamente la expansión de la ciudad. Lo que los resultados demuestran es que las características físicas del territorio establecen condiciones diferenciadas que deben ser consideradas en la planificación. La terraza presenta mayor estabilidad comparativa, mientras que la llanura aluvial conserva una relación más directa con el cauce y con los procesos de inundación, erosión y sedimentación.

Esta diferenciación tiene implicaciones territoriales, pero no determina automáticamente la aptitud de un suelo ni autoriza o restringe usos específicos. Para adoptar decisiones sobre vivienda, infraestructura o relocalización se requieren estudios complementarios de amenaza,



vulnerabilidad, riesgo, disponibilidad de servicios, tenencia de la tierra y condiciones socioeconómicas.

El análisis multitemporal también muestra una limitación de las representaciones territoriales estáticas. La configuración registrada en 1970 no corresponde completamente con la observada en 2025, especialmente en las islas, los canales secundarios y la llanura aluvial. Esto implica que la cartografía utilizada para orientar el territorio necesita revisión y actualización periódica, pues los límites físicos asociados con un sistema fluvial activo pueden cambiar con el tiempo.

6.4 Contraste con el PBOT e incidencia en el ordenamiento territorial

La incidencia de la dinámica fluvial en el ordenamiento territorial se analizó mediante el contraste entre la evolución física del río, la cartografía obtenida y las disposiciones del PBOT. Los resultados muestran que el cauce, las islas, los canales secundarios y la llanura de inundación presentan transformaciones durante el periodo estudiado, mientras que los instrumentos de planificación utilizan delimitaciones adoptadas en un momento determinado para orientar el uso y la ocupación del territorio.

La principal implicación territorial consiste en la necesidad de revisar periódicamente si la representación cartográfica empleada por el municipio continúa correspondiendo con la configuración física del sistema fluvial. Esta necesidad no significa que la cartografía del PBOT sea incorrecta, sino que los instrumentos territoriales requieren mecanismos de actualización compatibles con la dinámica del río.



El contraste mostró coincidencias cartográficas generales en la identificación de la Isla de la Fantasía, las zonas bajas próximas al muelle y otros sectores de la llanura de inundación como áreas que requieren especial atención. Esta correspondencia respalda la relevancia territorial de los patrones geomorfológicos identificados. Sin embargo, los productos comparados tienen alcances diferentes: el PBOT contiene categorías y disposiciones normativas, mientras que la presente investigación ofrece una clasificación relativa construida mediante evidencias multitemporales y geomorfológicas.

Las diferencias que puedan presentarse entre ambas cartografías tampoco deben interpretarse automáticamente como errores del PBOT. Estas pueden relacionarse con las fechas de elaboración, las escalas de trabajo, la resolución de los insumos, los criterios de clasificación y la propia transformación del sistema fluvial. Por tanto, los resultados permiten señalar sectores donde se requiere verificación técnica, pero no sustituyen los procedimientos oficiales de revisión del instrumento territorial.

La presencia visible de viviendas, actividades o infraestructura en algunos sectores se utilizó únicamente como contexto. El contraste con el PBOT fue cartográfico y documental y no incluyó información predial detallada, licencias urbanísticas, expedientes administrativos, fechas de ocupación o verificación jurídica de los usos del suelo. En consecuencia, la coexistencia espacial entre ocupaciones observables, áreas susceptibles y categorías del PBOT no demuestra, por sí sola, contradicciones o incumplimientos normativos.

Desde una perspectiva institucional, el estudio muestra la utilidad de mantener información cartográfica actualizada, documentada y trazable. No obstante, no se recopilieron entrevistas institucionales, actas, presupuestos, protocolos de coordinación, indicadores de desempeño o



evidencia sobre la implementación del PBOT. Por ello, no se evaluaron las capacidades institucionales, las relaciones entre actores ni la eficacia de la gobernanza territorial. Las propuestas de articulación institucional corresponden a recomendaciones para el uso futuro de los resultados.

El tercer objetivo específico se cumple mediante tres resultados verificables: la delimitación de áreas con susceptibilidad relativa alta, media y baja; la documentación de los criterios empleados en su clasificación; y el contraste de los resultados con la cartografía y las disposiciones del PBOT. Su aporte al ordenamiento territorial es técnico y académico, porque permite reconocer coincidencias, diferencias cartográficas y sectores que requieren actualización de información o estudios de mayor detalle. No define directamente usos del suelo, condiciones de ocupación o intervenciones sobre infraestructura.

6.5 Aporte físico-territorial a la gestión de cuencas

El aporte de la investigación a la gestión de cuencas se concentra en la dimensión físico-territorial. El cauce principal, los brazos secundarios, las islas, los cauces abandonados y la llanura de inundación fueron interpretados como componentes relacionados de un mismo sistema fluvial. Esta relación se evidencia en la transformación de islas, la apertura o cierre de brazos y la ocupación por el agua de sectores bajos.

Desde una interpretación geomorfológica, la transformación de uno de estos componentes puede estar relacionada con cambios en otros sectores del corredor fluvial. Por ejemplo, la modificación de una isla puede alterar localmente la distribución del flujo entre los brazos que la rodean, mientras que la acumulación de sedimentos puede contribuir a la reorganización de un



canal secundario. No obstante, estas relaciones se plantean como mecanismos físicamente posibles y no como resultados de una medición hidrológica de conectividad.

La cartografía multitemporal proporciona una línea base para reconocer dónde se concentraron las transformaciones durante el periodo 1970–2025. Su utilidad para la gestión de cuencas consiste en orientar el seguimiento de las márgenes, las islas y los canales, así como en priorizar sectores donde se requieren estudios hidrológicos, hidráulicos, ecológicos o territoriales de mayor detalle.

En la escala municipal, el aporte concreto consiste en actualizar la lectura física del territorio, contrastar esa información con el PBOT e identificar sectores que requieren mayor investigación. En la escala regional, la movilidad observada en la margen peruana demuestra que el funcionamiento físico del sistema fluvial supera los límites administrativos. Sin embargo, esta constatación se presenta como contexto espacial y no como resultado de un análisis de gestión transfronteriza.

La investigación no evaluó la gobernanza del agua, los mecanismos de coordinación entre instituciones o países ni la participación de los actores en la toma de decisiones. Por ello, el intercambio de información, el monitoreo coordinado y la participación comunitaria se formulan como recomendaciones. El aporte comprobable del estudio corresponde a la secuencia cartográfica 1970–2025, la interpretación geomorfológica, los criterios de susceptibilidad y el contraste técnico con el PBOT.

Matriz de aporte de los resultados a la gestión territorial y de cuencas



Evidencia obtenida	Utilidad potencial	Límite del estudio
Estabilidad relativa de la terraza de Leticia	Contrastar y actualizar la representación física empleada por el PBOT	No determina aptitud urbana ni usos del suelo
Relación entre el cauce, la llanura y las islas	Priorizar sectores para estudios hidrológicos, hidráulicos y territoriales	No cuantifica la conectividad hidrológica, la amenaza o el riesgo
Cambios en márgenes, islas y canales secundarios	Actualizar y realizar seguimiento de la línea base cartográfica	No evalúa obras, infraestructura o medidas de intervención
Susceptibilidad relativa alta, media y baja	Orientar estudios oficiales de mayor detalle	No reemplaza la zonificación oficial de amenaza
Movilidad observada en la zona fronteriza	Sustentar la recomendación de intercambio futuro de información	No constituye un análisis de gobernanza o gestión transfronteriza

6.6 Alcances, limitaciones y lectura crítica

Los resultados deben interpretarse considerando las diferencias de resolución, calidad y disponibilidad de metadatos de los insumos. Las imágenes Landsat permitieron realizar comparaciones con una resolución espacial de 30 m, mientras que Sentinel-2 aportó un mayor detalle, con 10 m de resolución para 2025. La fotografía aérea de 1970 presenta resolución variable y no cuenta con todos los metadatos ni con una red independiente de puntos de control que permita calcular un RMSE comparable para toda la serie.

En consecuencia, los cambios inferiores al tamaño del píxel no se consideraron concluyentes y las transformaciones correspondientes a 1970 se interpretaron principalmente de manera espacial y relativa. La delimitación manual también incorpora incertidumbre asociada con el intérprete, aunque esta se redujo mediante revisión topológica, comparación entre fechas, imágenes de mayor resolución y triangulación con cartografía oficial y observaciones de campo.



La investigación no empleó series continuas de niveles o caudales, periodos de retorno, información altimétrica detallada ni modelación hidrológica o hidráulica. Por esta razón, no fue posible establecer probabilidades, profundidades, velocidades o magnitudes de inundación. La clasificación obtenida representa diferencias relativas de susceptibilidad construidas mediante el análisis multitemporal, la interpretación geomorfológica y las observaciones de campo.

Tampoco se realizó una evaluación formal de vulnerabilidad o riesgo. La presencia visible de población, viviendas, infraestructura y actividades económicas se utilizó para contextualizar las implicaciones territoriales, pero no para determinar niveles de exposición, afectación o capacidad de respuesta. De igual manera, el contraste con el PBOT no incluyó una verificación predial, jurídica o administrativa que permita establecer incumplimientos normativos.

Aunque algunos antecedentes estudian variaciones ambientales y climáticas de la Amazonía en escalas temporales amplias, como Jaramillo et al. (2011), su enfoque y temporalidad son diferentes de los utilizados en esta investigación. En este estudio no se analizaron tendencias de precipitación o temperatura, escenarios climáticos regionalizados ni relaciones estadísticas entre variables climáticas y cambios del cauce. Por tanto, las transformaciones observadas entre 1970 y 2025 no pueden atribuirse al cambio climático.

Asimismo, la investigación no evaluó la gobernanza ni la eficacia de implementación del PBOT, debido a que no se recopilaban entrevistas institucionales, actas, presupuestos, protocolos, indicadores de gestión o evidencia suficiente sobre los procesos de toma de decisiones. Estos componentes, al igual que la gestión transfronteriza, se mantienen como líneas para investigaciones posteriores y no como hallazgos empíricos de la tesis.



A pesar de estas limitaciones, la investigación aporta una interpretación integrada de la dinámica fluvial, las unidades geomorfológicas y la susceptibilidad relativa a inundación. Los resultados muestran que la terraza de Leticia presentó mayor estabilidad comparativa, mientras que las islas, los canales secundarios y la llanura aluvial conservaron una relación más directa con los procesos de erosión, sedimentación y ocupación por el agua.

El principal aporte crítico consiste en demostrar que una representación cartográfica estática no describe completamente un sistema fluvial que cambia en el tiempo. Sin embargo, la actualización cartográfica tampoco es suficiente por sí sola para definir usos del suelo, evaluar infraestructura o adoptar medidas de intervención. Para ello se requiere integrar estudios hidrológicos, hidráulicos, topográficos, sociales, económicos, prediales e institucionales.

En síntesis, los resultados coinciden con investigaciones anteriores en el reconocimiento de la movilidad del río Amazonas y la importancia de los procesos de erosión y sedimentación, pero aportan una lectura temporal ampliada y una diferenciación espacial específica para el sector de Leticia. La investigación explica estas diferencias a partir del control relativo de las unidades geomorfológicas y de la conexión con el cauce, reconociendo que dichas relaciones no constituyen una comprobación hidráulica definitiva. De esta manera, la discusión vincula los resultados con la literatura, explica los mecanismos físicos posibles y establece críticamente el alcance técnico-académico de su contribución al ordenamiento territorial.

Conclusiones

El análisis multitemporal permitió establecer que el río Amazonas presentó modificaciones en su configuración durante el periodo 1970–2025. La comparación de fotografías aéreas, imágenes



satelitales y cartografía histórica permitió reconocer cambios en el cauce, las márgenes, las islas y los canales secundarios. Estas transformaciones tienen implicaciones para el ordenamiento territorial de Leticia, especialmente en los sectores relacionados con la llanura de inundación y la dinámica fluvial.

En relación con el primer objetivo específico, se identificaron procesos de erosión, sedimentación, acreción lateral, transformación de islas y reorganización de brazos secundarios. Estos procesos no se manifestaron con la misma intensidad en toda el área estudiada. La margen izquierda, donde se localiza el casco urbano de Leticia, presentó mayor estabilidad relativa por su relación con la terraza de Leticia. En contraste, la margen derecha, las islas y otros sectores de la llanura aluvial registraron mayores transformaciones durante las fechas analizadas.

Respecto al segundo objetivo específico, se determinó que las unidades geomorfológicas presentan diferencias en su estabilidad y en su relación con la dinámica fluvial. La terraza de Leticia mostró una condición comparativamente más estable, mientras que las islas, las zonas bajas y la llanura de inundación evidenciaron mayor movilidad o conexión con el cauce. Esta diferenciación constituye información física relevante para el ordenamiento territorial, aunque no corresponde a una evaluación de aptitud urbana, usos del suelo o infraestructura.

Frente al tercer objetivo específico, se delimitaron áreas con susceptibilidad relativa alta, media y baja a inundación mediante la integración del análisis multitemporal y la interpretación geomorfológica. Posteriormente, los resultados fueron contrastados con la cartografía y las disposiciones del PBOT. Se reconocieron coincidencias cartográficas generales en la llanura de inundación, la Isla de la Fantasía y las zonas bajas próximas al muelle, así como la necesidad de



actualizar periódicamente la representación de las márgenes, las islas y los brazos secundarios. En consecuencia, el objetivo se cumple dentro de su alcance técnico-académico.

La incidencia en el ordenamiento territorial se concreta en la generación de información cartográfica actualizada para reconocer sectores con diferentes condiciones físicas y orientar estudios posteriores de mayor detalle. El mapa elaborado no reemplaza la zonificación oficial de amenaza ni modifica las disposiciones del PBOT. Asimismo, debido a que no se efectuó una verificación predial, jurídica o administrativa, la investigación no demuestra contradicciones o incumplimientos entre la ocupación observada y la normativa; únicamente identifica sectores donde esta relación debe verificarse con información específica.

La presencia visible de viviendas, infraestructura y actividades económicas en algunos sectores se utilizó como contexto para interpretar las implicaciones territoriales de los resultados. Sin embargo, no se realizó un inventario ni una evaluación sistemática de estos elementos. Por tanto, la investigación no establece conclusiones sobre vulnerabilidad, exposición, aptitud territorial, relocalización o medidas de intervención.

Desde la perspectiva de la gestión de cuencas, el aporte de la investigación se concentra en la dimensión físico-territorial. El análisis relaciona el cauce principal, los brazos secundarios, las islas, los cauces abandonados y la llanura de inundación mediante evidencias geomorfológicas. No obstante, no cuantifica la conectividad hidrológica ni evalúa la gobernanza, la coordinación institucional o la gestión transfronteriza. Estos componentes se plantean como líneas para investigaciones posteriores.



La investigación tampoco utilizó series continuas de niveles o caudales, periodos de retorno, información altimétrica detallada ni modelación hidrológica o hidráulica. En consecuencia, la clasificación obtenida representa diferencias relativas de susceptibilidad y no una zonificación probabilística de amenaza o una evaluación de riesgo. De igual manera, al no haberse analizado tendencias climáticas ni escenarios regionalizados, los cambios fluviales observados no pueden atribuirse al cambio climático.

En síntesis, el trabajo aporta una reconstrucción multitemporal de la dinámica fluvial del río Amazonas en el sector de Leticia y una clasificación relativa de las áreas susceptibles a inundación. La cartografía obtenida constituye un insumo técnico-académico para el seguimiento de las transformaciones del cauce, el contraste con el PBOT y la actualización de la información física del territorio. Sus resultados no definen usos del suelo, condiciones de ocupación, intervenciones sobre infraestructura ni categorías oficiales de amenaza o riesgo.

Recomendaciones

- Utilizar la cartografía multitemporal y la clasificación relativa de susceptibilidad como insumos técnico-académicos para futuras revisiones del PBOT, aclarando que estos productos no sustituyen los estudios oficiales de amenaza, vulnerabilidad y riesgo ni definen usos del suelo.
- Establecer un protocolo institucional de actualización cartográfica que registre para cada capa la fuente, la fecha, la resolución, el sistema de referencia, el responsable y las limitaciones. Este protocolo debe permitir la comparación periódica de la posición de las márgenes, las islas y los brazos secundarios.



- Priorizar estudios hidrológicos, topográficos e hidráulicos de mayor detalle en la Isla de la Fantasía, las zonas bajas próximas al muelle y los sectores de la llanura de inundación con susceptibilidad relativa alta, con el propósito de avanzar hacia evaluaciones oficiales de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.
- Promover el intercambio de información entre la oficina de planeación municipal, la autoridad ambiental, las entidades responsables de la gestión del riesgo, los actores portuarios y las comunidades ribereñas, con el fin de orientar nuevos estudios y mantener actualizada la información cartográfica disponible.
- Promover mecanismos de intercambio de información con las entidades de Perú y Brasil relacionadas con el corredor fluvial fronterizo, teniendo en cuenta que la movilidad de las márgenes, los canales y las islas supera los límites administrativos. Esta articulación se plantea como una línea de trabajo futura y no como resultado de un análisis de gobernanza transfronteriza.
- Desarrollar futuras investigaciones que integren series de precipitación, temperatura, niveles y caudales, escenarios climáticos regionalizados, modelación hidrodinámica y sensores remotos de mayor resolución. La incorporación de esta información permitiría examinar la posible contribución del cambio climático a las inundaciones y a la dinámica del cauce, relación que no fue evaluada en la presente investigación.



Referencias bibliográficas

Alcaldía Municipal de Leticia. (2020). *Documento Técnico de Soporte (DTS) para la revisión y ajuste del Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) del municipio de Leticia, Amazonas*. Alcaldía Municipal de Leticia. .

Alonso, C., & Moreno. (1996). Análisis multitemporal de imágenes LANDSAT TM en la cartografía de las masas de hielo y nieve aplicada a la modelización hidrológica. *Teledetección*. Recuperado el 04 de 2020, de http://telenet.fal.cie.uva.es/promotores/revista/revista_07/AET7_4.pdf

Carvajal Perico, J. H. (2012). *Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia*. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano. Obtenido de <https://doi.org/10.32685/9789589952825>

Cassú Camps, E. (2015). El manejo indígena del mundo global: el caso de los tikuna de Yahuaraca. *Mundo Amazónico*, 6(1), 47–71. Obtenido de <https://doi.org/10.15446/ma.v6n1.46061>



Congreso de Colombia. (22 de diciembre de 1993). Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan. *Diario Oficial No. 41.146.*

Congreso de Colombia. (18 de julio de 1997). Ley 388 de 1997. Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989 y la Ley 3 de 1991 y se dictan otras disposiciones. *Diario Oficial No. 43.091.*
Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=339>

Corpoamazonia. (2020). *Informe sobre condiciones sociales y adaptacion de comunidades ribereñas en la Amazonia Colombiana*. Villavicencio, Colombia: Corporacion para el desarrollo sostenible del sur del Amazonas.

Cruz, F. (2015). *Dinámica fluvial y procesos geomorfológicos*. Recuperado el 04 de 2020, de <http://dspace.bibliolatin.com/bitstream/bibliolatin/484/1/Felipe%20de%20la%20Cruz.pdf>

Guevara, A., & Reina, L. (2018). *La vulnerabilidad y el reconocimiento como categorías que atraviesan las formas de vivir en el barrio Isla de la Fantasía, Leticia-Amazonas-Colombia. Un acercamiento a la interculturalidad*. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana. Obtenido de <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/4163/La%20vulnerabilidad%20y%20el%20reconocimiento%20como%20categorias%20que%20atraviesan%20las%20formas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2017). *Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación*. Obtenido de IDEAM: <https://www.ideam.gov.co/nuestra-entidad/hidrologia/guia-metodologica-para-la-elaboracion-de-mapas-de-inunda>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. (2023). *Lineamientos para la evaluación de la amenaza por inundación en Colombia*. . IDEAM.

Jaramillo, A., Parra, L., & Rangel, J. (2011). Climate changes in the stratigraphy of the Colombian Amazonian region I. Neogene - Quaternary early”. *Caldasia* , 33(2), 539-572. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v33n2/v33n2a15.pdf>

Knighton, D. (2014). *Fluvial forms and processes: A new perspective* (2 ed.). s.l.: Routledge. Obtenido de https://books.google.com.co/books/about/Fluvial_Forms_and_Processes.html?id=vftQAwAAQBAJ&redir_esc=y

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (INPE). (09 de junio de 2020). *Taxa consolidada de desmatamento por corte raso para os nove estados da Amazônia Legal (AC, AM, AP, MA, MT, PA, RO, RR e TO) em 2019 é de 10.129 km2*. Obtenido de http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5578

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (junio de 6 de 1997). Ley 373 de 1997. Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua. *Diario Oficial No.*



43.058. Obtenido de

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=342>

Mojica, J. I., Galvis, G., Arbeláez, F., Santos, M., Vejarano, S., PrietoPiraquive, E., . . . Gutiérrez, Á. (2005). Peces de la Cuenca del Río Amazonas en Colombia: Región de Leticia. *Biota Colombiana*, 6(2), 191-210. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/491/49160205.pdf>

Nagel, G. W., Darby, S. E., & Leyland, J. (2023). The use of satellite remote sensing for exploring river meander migration. *Earth-Science Reviews*, 247, 104607. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2023.104607>

Ollero, A., Ibisate, A., Acín, V., Díaz, E., Granado, D., & Horacio, J. (16-19 de febrero de 2011). *Innovación y libertad fluvial. VII Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua “Ríos Ibéricos +10. Mirando al futuro tras 10 años de DMA”*. Obtenido de https://fnca.eu/images/documentos/VII%20C.IBERICO/pon_fluvial_Ollero.pdf

Oo, T. Z., & Humphries, U. W. (2025). Hydrological modeling of flood impacts under land use and land cover change: A systematic review of tools, trends, and challenges. *MethodsX*, 16, 103724. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2025.103724>

Posada García, J. A. (2005). *Dinámica fluvial y procesos de erosión-sedimentación en grandes ríos de Colombia*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.



Rangel Ch., J. O., & Luengas, C. (1997). El comportamiento hidrológico del río Amazonas y su influencia sobre la planicie inundable. . En J. O. Ch., *Colombia Diversidad Biótica II: Tipos de vegetación en Colombia* (págs. 17–42). Bogotá, Colombia.

Rodríguez, P. (08 de 2008). *Hidráulica. Hidráulica de Canales*. Obtenido de https://www.academia.edu/25000821/Hidr%C3%A1ulica_de_Canales_Pedro_Rodr%C3%ADguez_Ruiz

Rozo, M., Nogueira, A., & Soto, C. (2014). Remote sensing-based analysis of the planform changes in the Upper Amazon River over the period 1986-2006. *Journal of South American Earth Sciences*, 51, 28-44. Recuperado el 04 de 2020, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0895981113001806>

Rubio, V. (05 de 03 de 1995). *Dinámica fluvial del río Ara (Pirineo aragonés)*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid. Obtenido de <https://repositorio.uam.es/handle/10486/6520>

Ruiz, V., Savé, R., & Herrera, A. (septiembre-diciembre de 2013). Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflor Moropotente Nicaragua, 1993 – 2011. *Ecosistemas*, 22(3), 117-123. Recuperado el 03 de 04 de 2020, de <https://rua.ua.es/server/api/core/bitstreams/8b90dd1c-0651-4592-9059-91c429017373/content>



Segura, L. (2013). Conocimiento de la dinámica fluvial como herramienta para la planificación territorial. Caso río Volcán, Buenos Aires, Puntarenas, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. VI Encuentro de Investigación y Extensión, 12-21. Obtenido de https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/2010/1824

Servicio Geológico Colombiano. (2019). *Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia*. Bogotá, D. C.: Servicio Geológico Colombiano.

Servicio Geológico Colombiano SGC. (2011). *Mapa Geologico de Colombia 2011*. Bogotá, Colombia: Servicio Geologico Colombiano.

SUHET. (1 de 09 de 2013). *Sentinel-2 user handbook.obtenido de Esa*. Obtenido de Esa: https://sentinels.copernicus.eu/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres UNGRD. (2022). *Guía para la incorporación de la gestión del riesgo de desastres en los planes de ordenamiento territorial*. Bogotá: s.n. Obtenido de https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Slide_home/Guia-para-la-Integracion-de-la-GRD-en-los-PDT-2020-2023.aspx

United States Geological Survey. (2024). *Landsat Collection 2 Level-1 Data Format Control Book*. Obtenido de <https://www.usgs.gov/landsat-missions>



Wohl, E. (2014). *Rivers in the landscape: Science and management* (2.^a ed ed.). Wiley-

Blackwell. Obtenido de

https://almena.uva.es/discovery/fulldisplay?vid=34BUC_UVA:VU1&tab=Everything&docid=alma991007660129705774&lang=es&context=L&adaptor=Local%20Search%20Engine

Cuervo, G. (2025). *Geología y geomorfología de ríos tropicales de Colombia* (1.^a ed.). Editorial Universidad Nacional de Colombia. <https://doi.org/10.15446/edunal.1379>