

**GEOMORFOLOGÍA Y DINÁMICA FLUVIAL DEL RIO AMAZONAS A LA
ALTURA DE LETICIA, APLICADO A ZONAS DE INUNDACIÓN**

MARYORY PANTEVIS GIRON

VICTOR TORRES BARBOSA

DIRECTOR

JORGE ALBERTO SANCHEZ ESPINOSA

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

**ESPECIALIZACIÓN EN ORDENAMIENTO Y GESTIÓN INTEGRAL DE
CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

BOGOTÁ

2020

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	5
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
2. JUSTIFICACIÓN.....	9
3. OBJETIVOS.....	10
OBJETIVO GENERAL.....	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
4. ANTECEDENTES.....	11
5. MARCO CONCEPTUAL.....	13
6. METODOLOGÍA	20
7. DINÁMICA FLUVIAL	22
8. GEOLOGÍA.....	25
8.1 GEOLOGÍA REGIONAL	25
8.1.1 ESTRATIGRAFÍA	26
8.1.2 TERRAZA DE LETICIA (QL)	28
8.1.3 DEPÓSITOS DE ORILLALES RECIENTES (QO2).....	28
8.1.4 DEPÓSITOS DE BARRAS DE ARENA (QB)	31
8.1.5 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	32
9. GEOMORFOLOGÍA FLUVIAL.....	32
9.1 MORFOESTRUCTURAL.....	32
9.2 UNIDADES MORFOESTRUCTURALES	33
9.3 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	34
9.4 MORFODINÁMICA.....	39
9.5 PROCESO DE METEORIZACIÓN	39
9.6 PROCESOS DE EROSIÓN.....	40
10. UNIDADES GEOLÓGICAS.....	40
11. RESULTADOS.....	42
11.1 ANÁLISIS MULTITEMPORAL	42
11.2 ESTABILIDAD DE LADERAS	54
11.3 INCIDENCIA POR INUNDACIONES	56
12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
13. REFERENCIAS.....	60

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Ubicación del área de interés.....	20
Figura 2: Flujograma de la metodología.....	25
Figura 3: Geología de la zona de estudio (Modificado de S.G.C, 2011).....	27
Figura 4: Unidades geomorfológicas	36
Figura 5: se marcan en líneas blancas los cauces abandonados y drenajes intermitente en la Llanura de inundación del río Amazonas. La línea amarilla marca el escarpe que separa la penillanura de la llanura de inundación.	38
Figura 6: Imagen de Google Earth en la que se marcan en línea amarilla las barras laterales y en líneas blancas las de mitad de canal del río Amazonas	39
Figura 7: Dinámica Fluvial 1970	43
Figura 8: Dinámica Fluvial 1970 - 1984.....	44
Figura 9: Dinámica Fluvial 1988	45
Figura 10: Dinámica Fluvial 1988 - 1992.....	47
Figura 11: Dinámica Fluvial 1999	48
Figura 12: Dinámica Fluvial 1992 - 2002.....	49
Figura 13: Dinámica Fluvial 2007 – 2012	50
Figura 14: Dinámica Fluvial 2015	51
Figura 15: Dinámica Fluvial 2012 – 2015	52
Figura 16: Dinámica Fluvial 2015 – 2019	53
Figura 17: Composición de dinámica fluvial de 1970 a 2019	55
Figura 18: Amenazas por inundación	58

RESUMEN

En el presente documento se describen las labores desarrolladas en la ejecución del trabajo de grado para optar al título de Especialista en Ordenamiento y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, denominado **“Geomorfología y Dinámica Fluvial del Río Amazonas a la altura de Leticia, aplicado a zonas de inundación”**, cuyo objetivo principal fue definir las zonas más susceptibles a inundaciones en el casco urbano de Leticia, a partir del estudio de la dinámica fluvial del río Amazonas y la determinación de las características geomorfológicas del área.

El análisis fotointerpretativo de la dinámica fluvial multitemporal, evidencia un canal meándrico, con una extensión apreciable como llanura de inundación, donde se generan curvas pronunciadas, conocidas como meandros. Para que se lleve a cabo lo anterior, el caudal debe presentar niveles altos.

Una vez hechos los estudios correspondientes, se procedió a digitalizar y georreferenciar toda la información cartografiada y posteriormente comparar datos de los últimos 50 años, en donde se obtuvieron productos finales que incluyen la geomorfología, la dinámica fluvial y la definición de los barrios más afectados por inundación en el municipio de Leticia. Los resultados obtenidos del presente documento sobre zonas susceptibles a inundación, pueden llegar a ser un material de apoyo importante en la actualización del PBOT del municipio, actualización que está en curso.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación se basa en el estudio de la geomorfología y de la dinámica fluvial del río Amazonas a la altura de Leticia, permitiendo realizar un análisis en los cambios del relieve terrestre, el trazado del río, los procesos de erosión y sedimentación, dejando en evidencia el comportamiento del cauce y su evolución en los últimos 50 años.

Como paso siguiente, se dará aplicabilidad a las zonas vulnerables a inundación en el centro poblado de Leticia y parte de áreas rurales, que también se ven afectadas por el aumento en el caudal del río Amazonas, principalmente durante los meses de marzo y abril, en donde el río alcanza sus máximos niveles.

La idea del proyecto se basa en la obtención de un producto final cartográfico, que incluya un análisis multitemporal de la dinámica fluvial, su geomorfología y la incidencia que puede tener sobre futuras inundaciones.

La dinámica fluvial es resaltada en esta investigación, como una ciencia necesaria en los análisis de las condiciones ambientales y también como una herramienta preponderante para el diseño y desarrollo de programas de gestión de riesgos y restauración de recursos ambientales (Ollero & et. al, 2011).

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Amazonas tiene un paisaje aluvial que cambia constantemente debido a varios factores, como la capacidad que tiene el río de modelar su valle erosionando y aportando sedimentos a sus riberas (Posada-García 2005). También, se evidencia cambios de nivel del río en el ciclo anual, que alcanza a llegar a los 11 metros en la columna vertical (Rangel & Luengas 1997).

El municipio de Leticia se ubica en la margen izquierda del río Amazonas, presentando un drenaje meándrico y que históricamente muestra cambios en la posición de su cauce migrando lateralmente, lo que ha afectado la población que reside cerca. Cabe resaltar que la Terraza de Leticia abarca la Formación Içá, es la unidad más alta de las unidades geológicas que aún conservan su morfología plana original, esta exhibe depósitos de canales asociados a los drenajes de la terraza y de la llanura aluvial que son importantes para conocer los procesos de erosión diferencial sobre la terraza.

Este municipio, como la mayoría de los centros urbanos del país, ha crecido espontáneamente de forma desordenada, algunos habitantes de la población residen en áreas inundables, que merecen ser cartografiadas en detalle, para poder plantear, obras y actividades relacionadas con la mitigación del efecto de inundaciones en la zona de estudio. Por estos factores es importante realizar el estudio de la geomorfología y dinámica fluvial del río Amazonas, a la altura del municipio de Leticia, para poder interpretar y conocer los diferentes procesos de dinámica fluvial que ocurrieron y ocurren en el área de estudio; para posteriormente darle aplicabilidad a las zonas inundables.

La Isla de la Fantasía es una isla de origen aluvial formada por el río Amazonas adherida a Leticia, en la que habitan aproximadamente 170 familias, la mayoría de ellas de origen indígena, esta es considerada tal vez como la zona de más alto riesgo por inundación de todo Leticia y mantiene una interacción cercana y permanente con el centro urbano, debido a que tienen cercanía con las zonas de afluencia comercial y el muelle fluvial desde donde viajan pasajeros (Guevara & Reina, 2018).

Tomando como referencia el marco normativo, las autoridades municipales consideran las áreas de inundables como zonas de amenaza de alto riesgo, no aptas para el establecimiento de comunidades, debido a que las inundaciones pueden generar sobrecostos, pérdidas económicas, sociales y hasta vidas humanas. Siguiendo esta misma línea, algunos asentamientos estarían ubicados en áreas consideradas de amenaza por inundación de alto riesgo, según el Plan Básico de Ordenamiento Territorial -PBOT (2009)- y el Plan de Ordenación y Manejo de la microcuenca de la quebrada Yahuaraca - POMCA (2014); (Rodríguez, 2008).

No obstante, según (Cassú et al. 2016), los pobladores reconocen que la inundación en algunos momentos es una amenaza natural por la creciente inusual del río Amazonas en las zonas de inundación donde están ubicadas, asimismo, han logrado establecer algunas estrategias de adaptación ante esta dinámica fluvial.

A pesar del dinamismo de las comunidades respecto al comportamiento del río en temporada de lluvias altas, siguen estando vulnerables, debido a que la zona continúa representando un riesgo potencial para esta población ubicada en los márgenes inundables del río (autores).

La pregunta de investigación que se plantea para el presente estudio es ¿cómo podemos definir el área inundable del río Amazonas a la altura de Leticia, a partir del análisis multitemporal de la dinámica fluvial y la geomorfología del río Amazonas?

2. JUSTIFICACIÓN

Se conoce que los grandes ríos, son los principales transportadores de sedimentos desde las profundidades de los continentes hasta el mar. Es amplia la cantidad de sedimentos que son suministrados por los grandes ríos a las cuencas oceánicas, especialmente como sólidos suspendidos. El tránsito de altos niveles de sedimentos configura parte de la dinámica fluvial de un río, ya que modifican su cauce a partir de la conformación de aluviones y reducción o adición de material sobre sus márgenes (Rozo, Nogueira, & Soto, 2014).

En la multitemporalidad, queremos demostrar los cambios que ha venido teniendo el río a través del tiempo por medio de imágenes satelitales (Landsat), seleccionándolas con intervalos de tiempo representativos y tomar como referencia preferiblemente imágenes en temporada de estiaje (Rozo et. al, 2014) y así detectar de mejor manera los cambios en la dinámica del río durante los últimos 50 años.

Los resultados expuestos en este estudio están dirigidos y tienen aplicación en el sector educativo y el ámbito social, debido a que tiene como finalidad evidenciar los cambios en la dinámica fluvial del río Amazonas y las posibles afectaciones que este puede generar en temporadas lluviosas a los pobladores del municipio de Leticia, adicionalmente se quieren mostrar los cambios a nivel geomorfológico del río a través del tiempo.

3. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Definir las zonas susceptibles de inundación en el casco urbano de Leticia, a partir del estudio de la dinámica fluvial del río Amazonas y la determinación de las características geomorfológicas del área.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el análisis multitemporal del comportamiento del río Amazonas, para definir su dinámica fluvial entre 1970 y 2019.
- Delimitar las áreas inundables del casco urbano de Leticia (Amazonas), a partir del estudio geomorfológico.

4. ANTECEDENTES

Un primer trabajo corresponde a Max G. Rozo et al., con el artículo *“Remote sensing-based analysis of the planform changes in the Upper Amazon River over the period 1986 e 2006”* donde realizan un análisis en los cambios del río Amazonas en el periodo desde 1986 a 2006, utilizando técnicas de procesamiento de imágenes, imágenes landsat, permitiendo conocer la dinámica del río Amazonas.

Este trabajo se relaciona con la investigación en curso, ya que nos ofrece información de los cambios más importantes de la dinámica fluvial del río Amazonas, dicha información se debe tener en cuenta a la hora de realizar el análisis multitemporal.

Un segundo trabajo de Jaramillo et al, 2011 se denomina *“Climate changes in the stratigraphy of the Colombian Amazonian region I. Neogene - Quaternary early”* donde analizan en el Cuaternario los procesos de sedimentación que es una afectación directa al río Amazonas, las planicies aluviales, paleosuelos y hace un estudio de estratigrafía en el área.

Este trabajo se relaciona con la investigación ya que este estudio considera las constantes en el clima de la Amazonía desde el Neógeno, no se sostienen con las evidencias estratigráficas, sino que resulta bastante claro que los cambios en la precipitación y en el caudal de los ríos de la Amazonía Occidental se han reflejado de manera directa en las formaciones superficiales. Nos evidencia el comportamiento del cauce y la geología en el área de interés.

Un tercer trabajo fue realizado en el 2002 por la universidad Nacional de Colombia, para INVIAS MINTRANSPORTE, enfocado a muelle flotante victoria regia en Leticia-amazonas,

donde ejecutaron estudios de la geología, geomorfología, la hidrología y procesos fluviales en un segmento del río Amazonas.

La recopilación tiene como objetivo ofrecer un acercamiento a los temas de interés que permitan contribuir al documento final y lograr evidenciar las zonas susceptibles de inundación en el casco urbano de Leticia y permitan el estudio de la dinámica fluvial del río Amazonas y la determinación de las características geomorfológicas del área de interés.

Este estudio demostró la pertinencia de incorporar las fotografías aéreas, que permitieran analizar la dinámica fluvial de los últimos 50 años digitalizada en los sistemas de información geográfica (ArcGis) y lograr el análisis multitemporal y delimitación de las áreas de inundación en la zona de estudio.

5. MARCO CONCEPTUAL

Una cuenca hidrográfica se puede definir como una unidad dinámica, con diferentes elementos que convergen en su interior, en los que podemos encontrar los componentes biótico, abiótico y socioeconómico. Esta unidad hidrográfica tiene como elemento común un cauce principal, que encuentra su fin en un colector de orden superior o en una costa, esto para el caso de los cuerpos de agua que encuentran su desembocadura en los océanos y mares (Sanchez, 2019).

La cuenca hidrográfica está moldeada por procesos bióticos y abióticos, en los que el cauce o colector principal juega un papel preponderante, la dinámica fluvial de este cauce determina la existencia o no de playas, valles, aluviones, meandros, zonas de depósito de sedimentos y minerales transportados, entre otros.

Dinámica fluvial. De acuerdo con (Segura, 2013) la dinámica fluvial comprende un conjunto de procesos complejos activos de los sistemas fluviales y su metamorfosis, en sus componentes espaciales y temporalmente evolutivos; de la misma manera, la morfología fluvial es un campo derivado de la dinámica fluvial analiza y estudia las formas de los cuerpos de agua, resultantes de los procesos que ejecuta un río durante su recorrido (transporte de sedimentos y erosión en el cauce). Los ríos son entidades cambiantes que permanecen en constante evolución en función de factores geomorfológicos, meteorológicos e hidrológicos; este dinamismo suele verse afectado por factores de origen antrópico.

Es pertinente mencionar que los ríos no son simples cuerpos de agua, están íntimamente ligados al ecosistema y la desviación del cauce puede causar alteraciones graves, provocando

variaciones en el caudal y/o modificar la calidad del agua, generando impactos significativos sobre todos los sistemas naturales.

La dominancia en los procesos de erosión, sedimentación y transporte sobre la meteorización y los distintos fenómenos de tipo gravitacional, entre otros factores, modelan y diseñan el paisaje de la cuenca de un río. Lo anteriormente descrito, es el resultado de la acción de los cuerpos de agua lóticos por transportar en su recorrido una variedad de carga de sedimentos aportadas al cauce, dando lugar a acumulaciones de sedimentos en algunos tramos del cuerpo de agua, esta es una de las leyes que rigen la dinámica fluvial (Rubio, 1995).

Geomorfología. Según el SGC (Carvajal, 2012), define las geomorfoestructuras como grandes áreas geográficas o amplios espacios continentales o intracontinentales, caracterizados y definidos por estructuras geológicas y topográficas regionales que han tenido deformación o basculamiento. Se consideran geomorfoestructuras a los escudos, los bloques de origen continental, las grandes cuencas de sedimentación, las cuencas intracratónicas y las plataformas y cinturones orogénicos.

Áreas geomorfológicas corresponden a un conjunto de regiones con geoformas parecidas y definidas por un macrorrelieve y una génesis geológica similar. Localmente, se relacionan con las regiones naturales y con los terrenos geológicos de Colombia, los cuales están delimitados por el trazo de megafracturas y suturas, definidas o inferidas; mientras que, el SGC en (Carvajal, 2012) define a una **región geomorfológica** como la agrupación de geoformas relacionadas y definidas por ambientes morfogenéticos con procesos geomórficos parecidos.

El ambiente morfogenético alude a las condiciones físicas, químicas, bióticas y climáticas en las cuales se generaron las geoformas, asimismo el ambiente morfoestructural corresponde a las geoformas generadas por la dinámica interna de la tierra, especialmente la asociada a plegamientos y fallamientos.

La **unidad geomorfológica** señala (Gesam, 2019), comprende la geoforma individual genéticamente homogénea. La caracterización de las unidades geomorfológicas puede direccionarse a través de procesos de fotogeología y control de campo haciendo énfasis en el análisis de la morfogénesis, que estudia el origen y evolución de las formas del terreno, la morfometría, que trata de los aspectos cuantitativos de las geoformas, (medidas, dimensiones y valores) y la morfodinámica, que explica los procesos activos en tiempo presente o aquellos que pueden activarse en el futuro. Este último, se refiere a la dinámica exógena relacionada con la actividad de los agentes de meteorización como el viento, agua, hielo y la acción de la gravedad terrestre, que modifica las geoformas preexistentes.

Cuenca Amazónica. El Amazonas es la cuenca hidrográfica más grande de Suramérica con un área de drenaje estimada en 7.500.000 km², cubierta en su mayoría por selva húmeda tropical, en lo que respecta a Colombia ocupa una extensión de 380.200 km², que equivale al 33.4% del área continental del país. El río Amazonas tiene una longitud de 6.600 km, con un ancho medio alrededor de los 10.000 m y uno máximo de 14.000 m en aguas altas, frente a la desembocadura del río en Brasil (Mojica et al. 2005).

En el territorio colombiano, el río Amazonas recorre un pequeño trayecto de 116 km que delimita la zona sur del Trapecio Amazónico y delimita la frontera con Perú. En esta zona, las ciudades

colindantes de Leticia (Colombia) y Tabatinga (Brasil), hacen parte de los centros urbanizados más importantes (Mojica, 2005).

Ríos como el Amazonas, tienen una dinámica fluvial sobresaliente por el alto caudal que mueven y los sedimentos que el mismo cauce transporta, tanto los que se encuentran en suspensión como los que se asientan en el lecho, este proceso ocasiona modificaciones y desplazamientos en el cauce del río que finalmente se ven reflejados en la llanura aluvial, este desplazamiento puede ser representativo o no, en función de factores múltiples, en los que se destacan principalmente el nivel de vaciantes y aumento en el nivel del río (Cruz, 2015).

Análisis multitemporal. Los análisis multitemporales permiten detectar cambios entre diferentes fechas de referencia, deduciendo la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre el medio. Este análisis se ejecuta a través de imágenes satelitales, con el fin de determinar el estado de fragmentación del paisaje y los cambios de usos de suelo a partir de la clasificación de imágenes Landsat (Ruiz, 2013), que para este documento son un insumo importante en la dinámica fluvial.

El desarrollo de un proyecto que incluya el uso de imágenes satelitales, indica que se debe seleccionar un sensor como recurso y la época de adquisición del mismo, esta figura de trabajo; está condicionada en función de las salidas gráficas y sus respectivas escalas, que se pretenden obtener como resultado final (Alonso & Moreno, 1996).

Las actividades de origen antrópico son las principales causantes en el cambio de coberturas, algunas de estas actividades se relacionan con la ganadería, la agricultura junto con la ampliación de la frontera agrícola, la deforestación para pastoreo intensivo, la extracción de

recursos maderables y la migración de comunidades a áreas con un uso de suelo restrictivo en términos ambientales (autores).

MARCO LEGAL

El marco legal en el cual está comprendido nuestro proyecto, incluye la reglamentación que a continuación se describe:

Ley 1523 de abril de 2012: a través del cual se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de desastres. En donde se señala como objeto general *“Llevar a cabo el proceso social de la gestión del riesgo con el propósito de ofrecer protección a la población en el territorio colombiano, mejorar la seguridad, el bienestar y la calidad de vida y contribuir al desarrollo sostenible”*.

Señala también la “Identificación de los factores del riesgo, entiéndase: amenaza, exposición y vulnerabilidad, así como los factores subyacentes, sus orígenes, causas y transformación en el tiempo” como uno de sus objetivos principales.

Decreto 2245 de 2017: por medio del cual se establecen los criterios técnicos base, para que las Autoridades Ambientales competentes ejecuten los estudios necesarios para el acotamiento de rondas hídricas.

Indica que *“la ronda hídrica se acotará desde el punto de vista funcional y su límite se traza a partir de la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos”*.

Sugiere también que *“la delimitación física de la ronda hídrica: será el resultado de la envolvente que genera la superposición de mínimo los siguientes criterios: geomorfológico, hidrológico y ecosistémico”*. En donde el criterio geomorfológico dicta que se *“deberán considerar aspectos morfoestructurales, morfogenéticos y morfodinámicos. Las unidades*

morfológicas mínimas por considerar deben ser: llanura inundable moderna, terraza reciente, escarpes, depósitos fuera del cauce permanente, islas (de llanura o de terraza), cauces secundarios, meandros abandonados, sistemas lénticos y aquellas porciones de la llanura inundable antropizadas”.

Decreto 1729 de 2002: a través del que se reglamenta el ordenamiento de una cuenca hidrográfica según lo establecido en el Decreto-Ley 2811 de 1974, en este ordenamiento se tienen en cuenta zonas de importancia ambiental, la utilización de recursos hídricos, la prevención y control de la degradación de la cuenca en términos ambientales y sus respectivas medidas de protección en cada una de las fases del plan de manejo.

Decreto 1640 de 2012: por medio de este decreto se reglamentan instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de cuencas hidrográficas y acuíferos. Se señala que “*los estudios específicos del riesgo que se elaboren en el marco del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica, serán tenidos en cuenta por los entes territoriales en los procesos de formulación, revisión y/o adopción de los Planes de Ordenamiento Territorial*”.

Este decreto indica también que “*las autoridades ambientales competentes en la fase de formulación deberán incorporar la gestión del riesgo, para lo cual, priorizarán y programarán acciones para el conocimiento y reducción del riesgo y recuperación ambiental de territorios afectados*”.

Lo anterior enmarcado en la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Ley 388 de 1997, que busca mejorar la seguridad de asentamientos humanos ante los riesgos naturales.

6. METODOLOGÍA

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica en Colombia, al sur del departamento del Amazonas, en el municipio de Leticia. El polígono objeto de estudio presenta las siguientes coordenadas: **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 **4:** 4°9'5.94" S 70°6'5.43" W.

Figura 1: Ubicación del área de interés



Fuente: Google Earth

El río Amazonas, a la altura de Leticia, evidencia un comportamiento hidrológico con cuatro fases en el año, donde el nivel máximo de las aguas sucede en los meses de abril y mayo, a partir del cual inicia un descenso pronunciado que va hasta mediados de agosto; el nivel de aguas bajas empieza en septiembre, para luego presentarse el proceso de ascenso gradual que va hasta el mes de marzo, en donde inicia de nuevo el ciclo anual. Entre las temporadas de aguas altas y bajas, la variación del nivel del agua del río puede alcanzar hasta 11 metros (Rangel & Luengas 1997).

La llanura aluvial de inundación del río Amazonas, está asociada con la dinámica del río, en especial por los aportes de nutrientes y sedimentos originados en los Andes que se depositan a partir de los eventos de inundación anuales de esta corriente.

Clima y régimen de lluvias. La temperatura presenta valores que van de mínimo (en julio) de 17 °C, a máximo (en octubre) de 34.7°C aproximadamente. Los niveles de humedad relativa son muy altos con un promedio anual de 86%.

Según (Prieto, 1995), en su artículo titulado *Aspectos estructurales y tipos de vegetación de la isla Mocagua, río Amazonas*; indica lo siguiente sobre el régimen de lluvias en la cuenca:

(...) “La precipitación anual de 3215.9 mm con promedio mensual de 267.9 mm; el régimen de precipitación es del tipo unimodal - biestacional, con una época muy lluviosa octubre y mayo y una seca entre junio y septiembre. El nivel del río presenta una diferencia de 13 m en el año con un máximo de marzo a junio, y un mínimo de julio a diciembre lo cual determina un ciclo de inundaciones periódicas. De acuerdo con el

balance hídrico según Thornthwaite, la zona de estudio corresponde a un clima superhúmedo, megatermal, sin deficiencia de agua” (...)

Inundaciones y comunidades. El municipio de Leticia adoptó lineamientos establecidos en la Ley 1523 del 2012, a través de la cual se instauro la Política Nacional Gestión de Riesgo y Desastres; en las diferentes herramientas de ordenación y planificación con los que cuenta el municipio, en las que la identificación de áreas de amenazas naturales hace parte de sus objetivos.

Partiendo de este punto, las comunidades adyacentes al río Amazonas, no han contado siempre con la infraestructura destinada a llevar hasta estas locaciones los servicios públicos básicos; como la electricidad y lo que respecta a saneamiento básico. Ya en una temporada más reciente, las diferentes comunidades tuvieron la oportunidad de acceder al servicio de electricidad, a través de la instalación de postes y cableado que lleva energía, esto por medio de acciones populares.

Antes de que estas comunidades contaran con los mencionados servicios, eran calificadas con condiciones de precariedad, esto tiene estrecha relación con la idea de catalogar a la población en función de las necesidades básicas insatisfechas, que solo tiene en cuenta la posesión de bienes materiales y el acceso a servicios públicos domiciliarios, sin tomar en ningún momento como punto de referencia, la adaptación de las personas al medio ambiente que crea el río Amazonas, con sus distintos modos de vida (Corpoamazonia, 2020).

7. DINÁMICA FLUVIAL

Se describe a continuación la evolución en el cambio del curso del Río Amazonas en el área de estudio durante los últimos 36 años, con el fin de comprender su dinámica fluvial, geomorfología, evolución, los regímenes que la han caracterizado y la relación de dicha

dinámica con la afectación es que podría tener la infraestructura y población ubicada en la zona de interés.

✓ **Procedimiento metodológico**

Para la elaboración de la dinámica fluvial y la geomorfología, se desarrollaron las siguientes actividades:

✓ **Búsqueda y adquisición de información**

Se procedió a la búsqueda y adquisición de información cartográfica disponible, incluyendo planchas topográficas del IGAC de diferentes años, fotografías aéreas, imágenes satelitales de libre uso e imágenes de Google Earth de los años disponibles.

✓ **Georreferenciación y digitalización**

Las imágenes tanto de sensores remotos, como de fotografías aéreas y las obtenidas mediante escáner de las planchas, se localizarán espacialmente, a través de la asignación de al menos cuatro puntos con coordenadas Este y Norte. Este proceso se desarrolló con el software ArcMap.

Posteriormente se procedió a la digitalización del cauce del río Amazonas en la zona de estudio para cada año interpretado, como resultado de este proceso se producirán las imágenes a la misma escala.

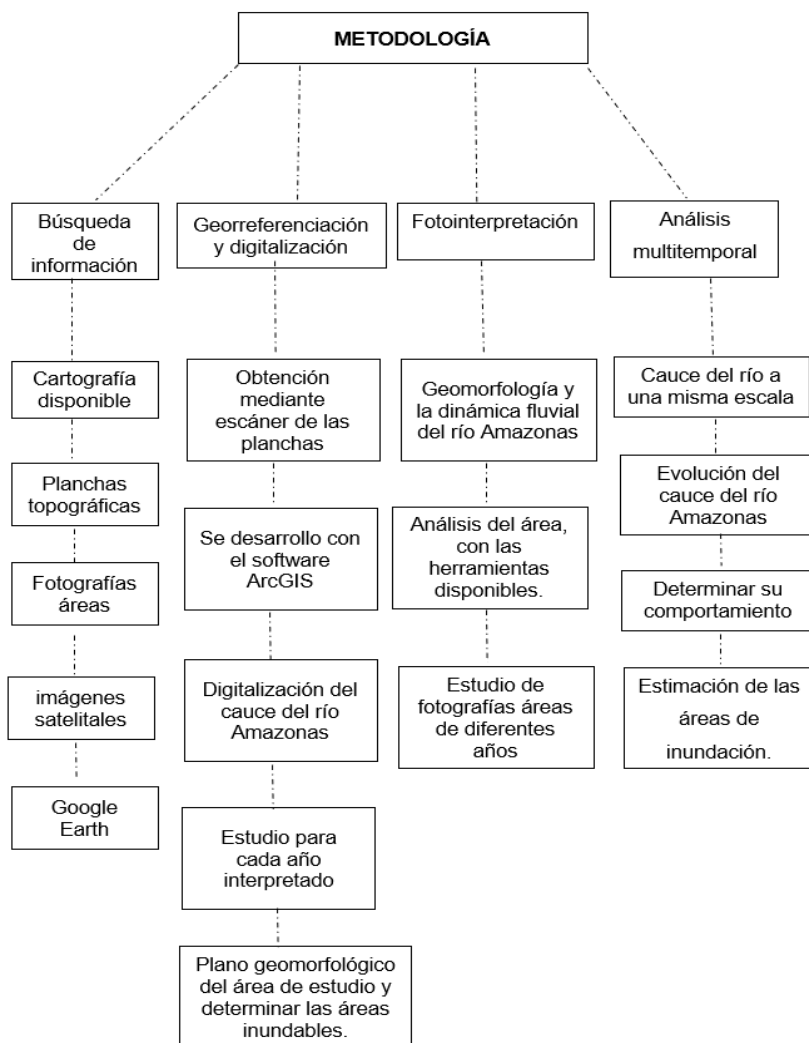
Se realizará el plano geomorfológico del área de estudio y se determinaran las áreas inundables.

✓ **Fotointerpretación**

Para la identificación de la geomorfología y de la dinámica fluvial del río Amazonas en el área de estudio, se analizó fotografías aéreas de diferentes años, las planchas topográficas, imágenes satelitales y la información disponible en Google Earth.

Mediante los datos recopilados en campo y dentro del software, se inició la validación de las interpretaciones geomorfológicas del área de interés.

A continuación, (Figura 2) se presenta en detalle el flujograma de la metodología que se realizó para el desarrollo del proyecto.

Figura 2: Flujograma de la metodología

Fuente: Equipo de trabajo

8. GEOLOGÍA

8.1 GEOLOGÍA REGIONAL

PRORADAM en 1979 y Galvis et al. En 1979 realizaron estudios donde dejan en evidencia que la Amazonía colombiana tiene al oriente, rocas graníticas y gnéisicas de edad precámbrica, pertenecientes al Escudo de Guayana y rocas sedimentarias plegadas de la misma edad; al

suroriente tienen rocas ígneas ácidas y depósitos vulcano-sedimentarios, también de edad precámbrica. En el occidente aflora rocas de edad terciaria y algunos relieves constituidos por areniscas muy consolidadas, de edad paleozoica. En varios sectores hallan terrazas y aluviones. Por el Amazonas, afloran las unidades sedimentarias terciarias y las cuaternarias.

Las unidades litológicas con su respectivo orden cronológico son:

Precámbrico: Complejo Migmatítico de Mitú, Formaciones La Pedrera y Roraima, Granófiros de Tijereto, Formación Piraparaná y Diques diabásicos.

Paleozoico: Formación Araracuara y Sienita Nefelínica de San José del Guaviare.

Terciario: Terciario Inferior amazónico o Formación Pebas y Terciario Superior amazónico.

8.1.1 ESTRATIGRAFÍA

La estratigrafía de la zona de estudio está constituida por sedimentitas cuaternarios de la Terraza de Leticia (Ql), sobre las cuales se ubica el casco urbano de Leticia y depósitos aluviales recientes, tipo barras de arena y orillales, en la llanura de inundación de río Amazonas (

y Fotografía 1).



Figura 3: Geología de la zona de estudio (Modificado de S.G.C, 2011)



Fotografía 1: Panorámicas casco urbano de Leticia, se evidencia la distribución de las unidades geológicas aflorantes en el área

Fuente: Google Earth

8.1.2 TERRAZA DE LETICIA (QL)

Es la unidad sobre la cual se encuentra asentado la mayor parte del casco urbano de Leticia, que se ubica por encima del nivel actual del río Amazonas y que presenta un escarpe que la limita por su extremo sur, de los depósitos aluviales de orillales y barras de arena. Litológicamente está compuesta por lodolitas, lodolitas arenosas y areniscas lodosas de colores cafés a naranjas, altamente bioturbadas sin estructuras sedimentarias. Por su origen fluvial, presenta capas tabulares gruesas, con presencia de bioturbaciones.

8.1.3 DEPÓSITOS DE ORILLALES RECIENTES (QO2)

Corresponde a depósitos aluviales de grano fino, propios de llanuras de inundación, con canales abandonados, con forma de lagos alargados, asociadas al proceso de migración de las barras laterales del Río Amazonas.

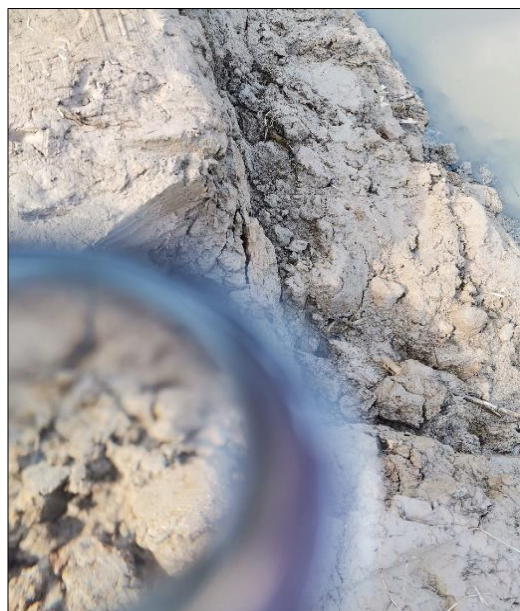
Litológicamente el SGC (2011), reporta tres niveles en esta unidad:

- ✓ Un paquete inferior *“constituido por rocas friables, dispuestas en capas gruesas y muy gruesas de lodolitas gris oscuras, arenitas lodosas, gris oscuro, de composición sublítica, en donde el por cuarzo es hialino y lechoso, en ocasiones teñidas por óxidos y líticos. Se observa laminación plano paralela continua”*.
- ✓ Un paquete intermedio *“donde se intercalan capas delgadas, medias y gruesas de arenas friables con estratificación inclinada y plano paralela. Las arenas son de colores gris verdosas, de tamaño de grano fino, tienen buena selección y composicionalmente corresponde a litoarenita, en donde el cuarzo es hialino y lechoso y los fragmentos líticos son de color negro. También se presentan arenas con colores gris amarilloso, de grano fino y medio y composicionalmente son litoarenita; también toman colores cafés rojizos debido a la presencia de óxidos que tiñen el cuarzo”*.
- ✓ Un paquete superior que *“puede tener espesores de hasta cuatro metros (4), en donde se intercalan capas gruesas de lodolitas de color gris claro, bioturbadas; lodolitas arenosas gris oscuras y areniscas lodosas bioturbadas de color café y menos frecuentes capas de arenas de grano fino y color café amarilloso”*.



Fotografía 2: Afloramiento de los Depósitos de orillales recientes (Qo2)

Fuente: Equipo de trabajo



Fotografía 3: En campo se evidencio lodolitas gris oscuras, arenitas lodosas, gris oscuro

Fuente: Equipo de trabajo

8.1.4 DEPÓSITOS DE BARRAS DE ARENA (QB)

Esta unidad forma las islas ubicadas en el cauce del Río Amazonas, frente al casco urbano de Leticia. Litológicamente están constituidas por dos intervalos que corresponden a una llanura de inundación y/o canales abandonados y a barras longitudinales. Los depósitos de llanuras de inundación y/o canales abandonados tienen hasta dos metros (2) de espesor, son sedimentos no consolidados.



Fotografía 4: Afloramiento de los Depósitos de barras de arena (Qb)

Fuente: Equipo de trabajo

8.1.5 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Ni la interpretación de sensores remotos (fotografías aéreas e imágenes de Google Earth), ni el trabajo de campo, muestran evidencias de estructuras mayores, como fallas y pliegues, ni rasgos geotectónicos que afecten el área de estudio.

9. GEOMORFOLOGÍA FLUVIAL

Los materiales aluviales de la zona de estudio se presentan en formas planares que fueron depositadas por el río Amazonas.

El material transportado por una corriente fluvial va siendo más fina conforme esta se aleja de la fuente de aporte, de modo que se tienen depósitos granulares gruesos (gravas, bloques y arenas) en las partes más cercanas de la cordillera (sectores proximales). Contrariamente, los depósitos finos (arcillas y limos) se encuentran en las partes más alejadas a la cordillera (sectores distales), como el área de estudio.

El casco urbano de Leticia se encuentra muy alejado de la salida del río Amazonas de la cordillera, porque el tamaño del material aluvial es fino (arenas y arcillas).

9.1 MORFOESTRUCTURAL

Una morfoestructura se define como *“un carácter estructural general, en donde se enmarca la dinámica interactuante de los fenómenos que transforman constantemente un territorio en su evolución geológica”* (García, 1978, en MARTÍNEZ, T., 1990). Se pretende pues, la identificación y descripción de los principales fenómenos que han transformado constantemente el área.

Se parte inicialmente de la descripción de los rasgos más generales que dan forma al relieve actual en el área y que están íntimamente ligados con la geología estructural imperante en la región, denominadas unidades morfoestructurales, para describir finalmente rasgos más particulares, relacionados con las formas locales del relieve, la erodabilidad relativa o diferencial de cada uno de los tipos litológicos, la relación entre la red de drenaje y la disposición estructural de las rocas y finalmente la forma característica de cada vertiente. Este conjunto de rasgos particulares permite la diferenciación de las unidades geomorfológicas del área.

9.2 UNIDADES MORFOESTRUCTURALES

Como ya se mencionó, una unidad morfoestructural está íntimamente ligada con una sucesión de fenómenos tectónicos que afectan una región a lo largo de su historia geológica, y determinan su configuración estructural general. Es entonces muy clara la conexión existente entre la geología estructural y la geomorfología imperante en un territorio.

Las principales características estructurales del área se formaron entre el Mioceno y el Plioceno temprano, cuando fueron fuertemente plegados los sedimentos Cretáceos y Terciarios de la Cordillera Oriental, según un sistema de anticlinales y sinclinales, los cuales intervienen directamente en el modelado del territorio, ya que coinciden generalmente con la pendiente topográfica. Sin embargo, la cobertera sedimentaria depositada desde el Cuaternario en el área de estudio, cubre rasgos estructurales como fallas y pliegues. Lo anterior sumado a la ausencia de rasgos neotectónicos que afecten el área de estudio, impiden diferencias unidades morfoestructurales en el área de estudio.

9.3 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Dentro de los rasgos morfoestructurales generales del área (unidades morfoestructurales), es posible distinguir terrenos con formas del relieve local características y afectadas de manera particular por los fenómenos de depositación y erosión, que generan diferentes rasgos geomorfológicos, para cuya determinación se tomaron los siguientes parámetros:

- ✓ **Formas del relieve:** se refiere a la diferenciación en cuanto a su expresión topográfica y a los procesos de erosión diferencial que afectan el terreno condicionado por la litología.
- ✓ **Características de la vertiente:** Se refiere a la descripción de escarpes y laderas.
- ✓ **Patrón de drenaje:** Determinando su tipo y el ajuste que presenta cada litología.

Se enuncian grupos morfológicos en función de la erodabilidad relativa, las formas del relieve, la relación de la red de drenaje con la disposición estructural de las rocas y el perfil de vertiente característico.

Dentro del paisaje de llanura donde se ubica la zona de estudio, se distinguen tres unidades geomorfológicas: Penillanura o Peneplanicie (Dpn), Llanura de Inundación (Fpi) y aluvión activo (Aa), cuya distribución se presenta en la

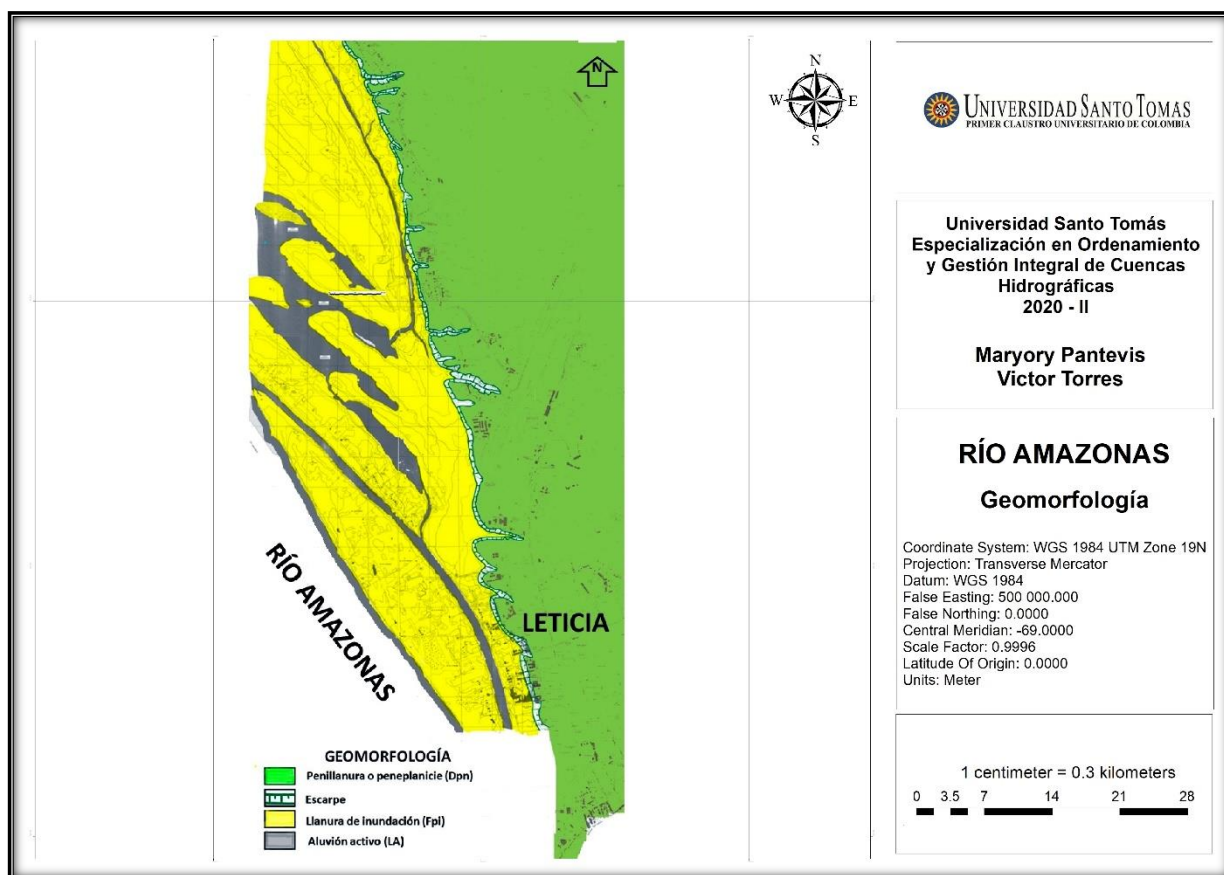


Figura 4.

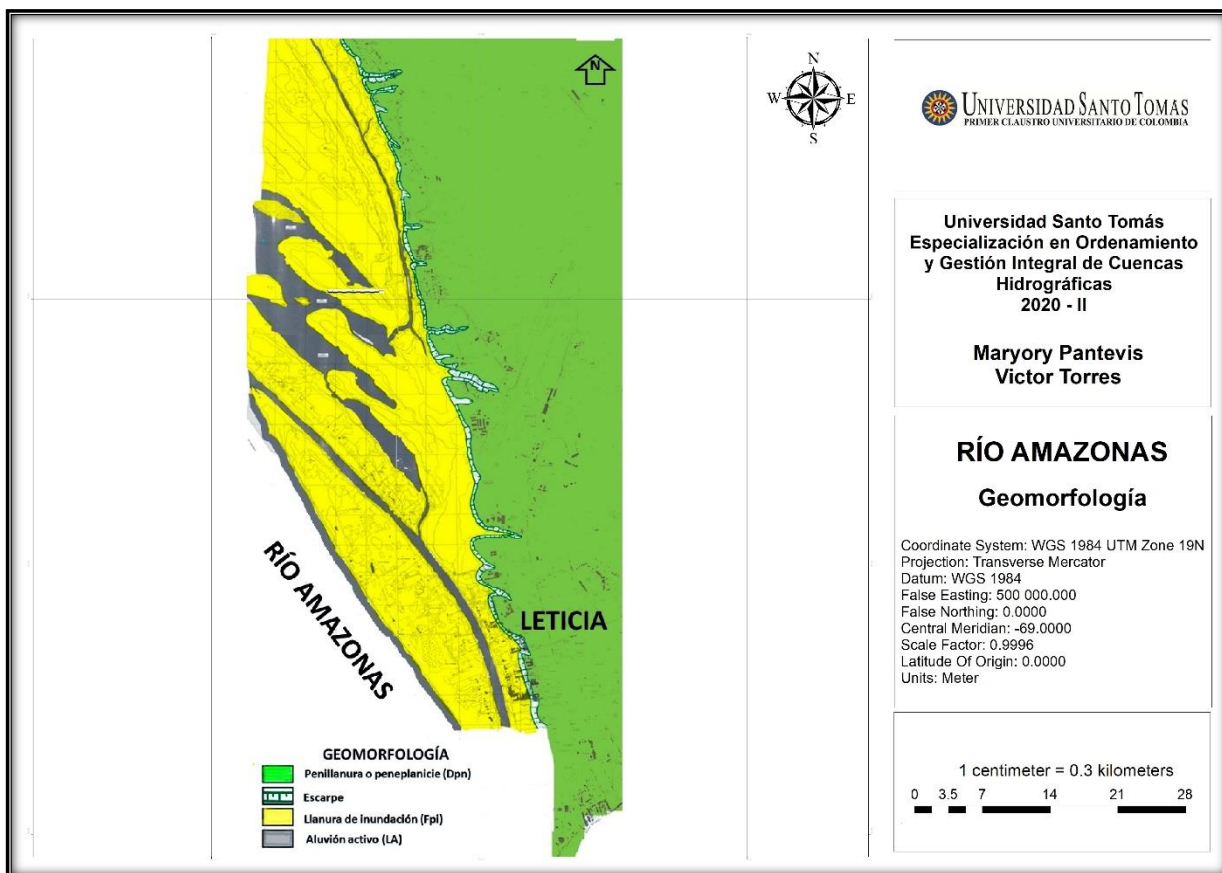


Figura 4: Unidades geomorfológicas

Fuente: Equipo de trabajo

A continuación, se describen en detalle las unidades geomorfológicas presentes en el área de estudio:

- **Penillanura o peneplanicie (Dpn)**

Esta unidad presenta morfología suave y limitada con el río Amazonas y su llanura de inundación, por un escarpe que oscila entre 40 y 60 metros de altura (Fotografía 5). Conformar una de relieve plano.



Fotografía 5: Escarpe

Fuente: Equipo de trabajo

- **Llanura de inundación (Fpi)**

Superficies planares cubiertas por vegetación y ubicadas adyacentes al río Amazonas, en su margen izquierda, sujetas a su dinámica fluvial y afectadas continuamente por cambios del cauce e inundaciones. Presentan cauces abandonados y pequeños drenajes intermitentes, que eventualmente pueden ser retomados por el río (Figura 5).

Por ubicarse topográficamente por encima del nivel promedio del río Amazonas, se inunda con frecuencia en épocas de invierno.

Esta situación es una de las razones por las que en épocas invernales no hay la posibilidad de que el casco urbano de Leticia se inunde ya que la margen izquierda del río, donde se ubica la ciudad, se ubica por encima del nivel del río.

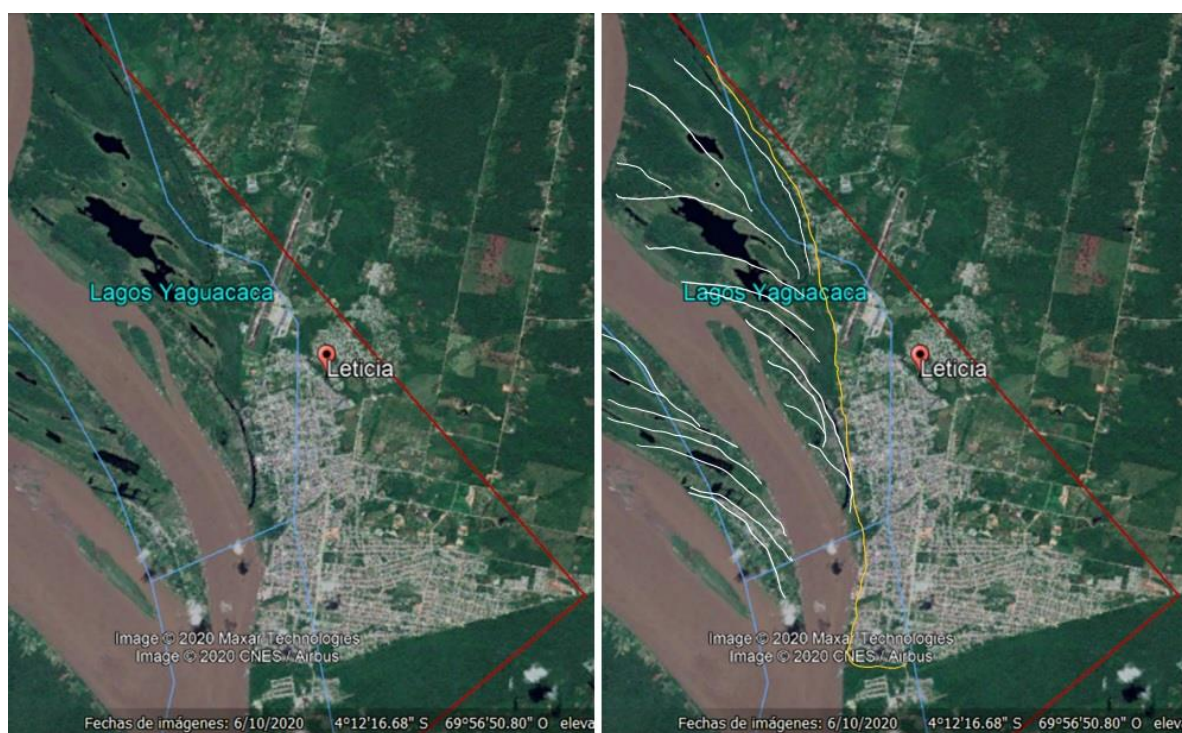


Figura 5: se marcan en líneas blancas los cauces abandonados y drenajes intermitente en la Llanura de inundación del río Amazonas. La línea amarilla marca el escarpe que separa la penillanura de la llanura de inundación.

Fuente: Google Earth

- **Aluvión activo (LA)**

Deposito aluvial suavemente ondulado, desprovistos de vegetación y constituida por el cauce activo del río Amazonas y las zonas topográficamente más altas, las cuales son denominadas barras laterales o de mitad de canal (Figura 6). Si la barra permanece un tiempo relativamente largo sin ser afectada por crecientes o arrasada por un cambio de curso, puede desarrollar vegetación, la cual le conferirá más resistencia ante el socavamiento de las aguas.

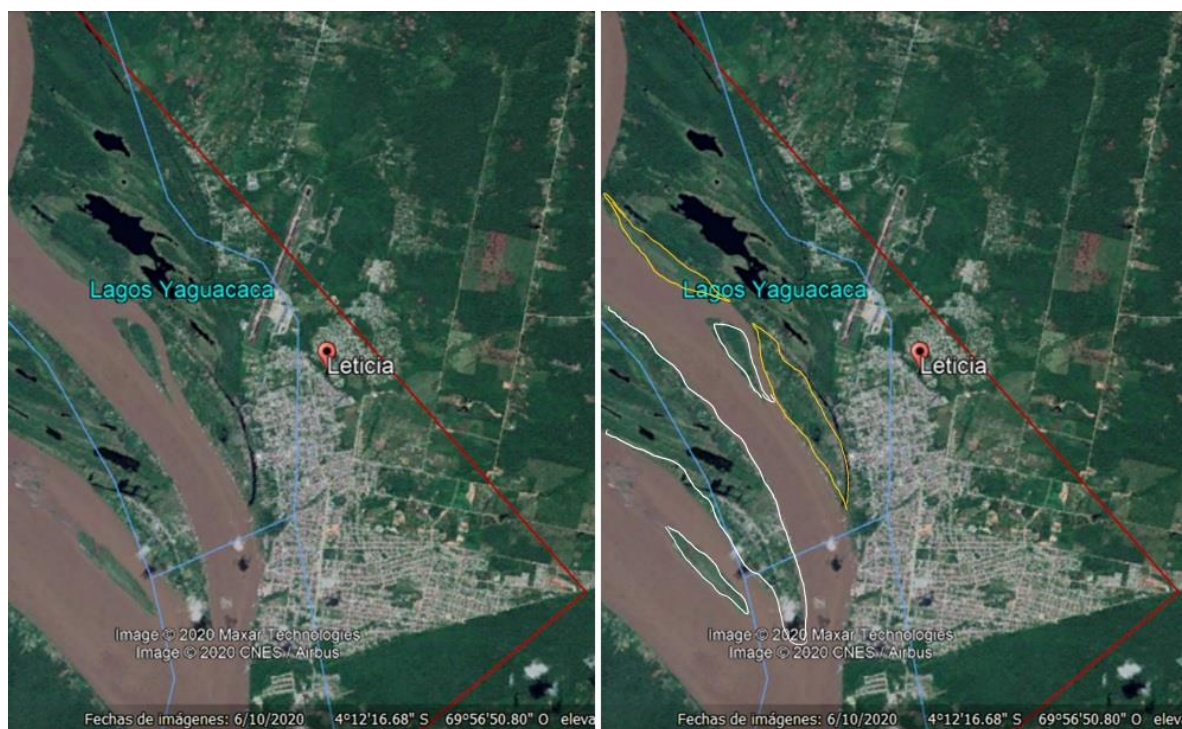


Figura 6: Imagen de Google Earth en la que se marcan en línea amarilla las barras laterales y en líneas blancas las de mitad de canal del río Amazonas

Fuente: Google Earth

9.4 MORFODINÁMICA

Con el objeto de entender en detalle las diferentes formas del relieve en el área, se describen y analizan los procesos que están modificando el paisaje en la actualidad.

Se analizan y describen los procesos que actualmente están modificando el relieve y los agentes que inciden más directamente en estos cambios.

9.5 PROCESO DE METEORIZACIÓN

La meteorización es el conjunto de procesos externos (físico-químicos) que causan la alteración y desintegración de la roca in situ.

Para el área de estudio, el factor principal de meteorización es de tipo hídrico. Estos procesos modifican las propiedades físicas y químicas originales de cada litología, creándose situaciones desestabilizantes. La pluviosidad del área y las características litológicas de las unidades presentes en el área, con un bajo grado de litificación, favorecen los procesos de meteorización.

9.6 PROCESOS DE EROSIÓN

Se definen como el grupo de eventos por medio de los cuales el material rocoso o suelos son desprendidos o disueltos y removidos con influencia de agentes externos. Esto incluye el movimiento de partículas que arrancadas por el impacto de las gotas de lluvia son transportadas en un flujo superficial.

Para las zonas planas se presenta erosión difusa y la pérdida de vegetación en las márgenes hace que las bancas pierdan cohesión y sean mucho más susceptibles al arrasamiento y a la socavación del río en épocas de crecientes, lo cual se denomina socavamiento lateral.

10. UNIDADES GEOLÓGICAS

A continuación, se describen las unidades geológicas en el área de estudio:

CUATERNARIO

Holoceno

- ✓ **Depósitos de Barras de Arena (Qb):** hace referencia a intercalaciones de capas gruesas y muy gruesas de granos de arena finos/muy finos no consolidadas de composición sublitoarenita con un tono gris oscuro, con capas de lodos y arcillas de grisáceas, hacia el techo con capas delgadas/medias de turba. Ocasionalmente se evidencian barras de

arena de grano fino con estructuras internas estratificadas con forma de pescado, inclinadas, plano paralelas y ondulitas.

- ✓ **Depósitos de Orillales Recientes (Qo2):** en el intervalo inferior afloran arenas lodosas de composición sublíticas y lodos arenosos con tonalidad gris oscura, se hace común la laminación plano-paralela continua. En el intermedio posee capas de arenas líticas que van de finas a gruesas, con estructuras internas como la laminación inclinada y plano-paralela. Las rocas presentan un color que va de gris oscuro a gris amarilloso. La capa superior posee lodos arenosos y arenas lodosas con tonos que van de gris oscuro a gris amarillo.

Pleistoceno

- ✓ **Terraza de Leticia (QI):** compuesta por capas gruesas de lodolitas, lodolitas arenosas y arenitas lodosas de colores marrón – naranja que se encuentran en un estado avanzado de bioturbidez.

NEÓGENO

Plioceno

- ✓ **Arenitas del Calderón (N2c):** se componen por arenitas, arenitas arcillosas y lodosas, con capas que van de gruesas a muy gruesas, en una gama de colores que va de café rojizo a café amarillo, estas a su vez se componen de litoarenita que se intercalan con acillolitas varicoloreadas.

11. RESULTADOS

En el área de estudio el río Amazonas se comporta como un río meándrico, caracterizado por curvas pronunciadas y por depositar su material principalmente por acción de la acreción lateral de barras en sus curvas interiores, con una cantidad menor de acreción vertical en las llanuras de inundación.

11.1 ANÁLISIS MULTITEMPORAL

Con el fin de identificar las zonas de migración del río Amazonas a la altura del casco urbano de Leticia (Amazonas), se analizaron las imágenes disponibles en Google Earth desde 1970 a 2019, en un trayecto de cerca de 35 km, dadas las magnitudes del río. A partir de esta información, se efectuó la interpretación para cada uno de los años analizados, cuyos resultados se presentan a continuación e incluyen ambas márgenes del río.

▪ 1970

Para 1969 se observa un tramo del río Amazonas relativamente rectilíneo, con la presencia de tres (3) “*islas*” que para efectos del presente análisis se numerarán de aguas arriba a aguas abajo, como 1, 2 y 3 (Figura 6). La isla 1 con una longitud aproximada de 5,6 Km, se observa recostada en la margen izquierda del río, las islas 2 y 3 se ubican en la parte central del río. La isla 2 tiene una longitud de unos 9,5 km y la isla 3 de 3,1 km.

Al pasar por el casco urbano de Leticia, ubicada en la margen izquierda, el río se desvía al sur y unos 7,5 km aguas abajo se bifurca, por la formación de una gran barra de mitad de canal.

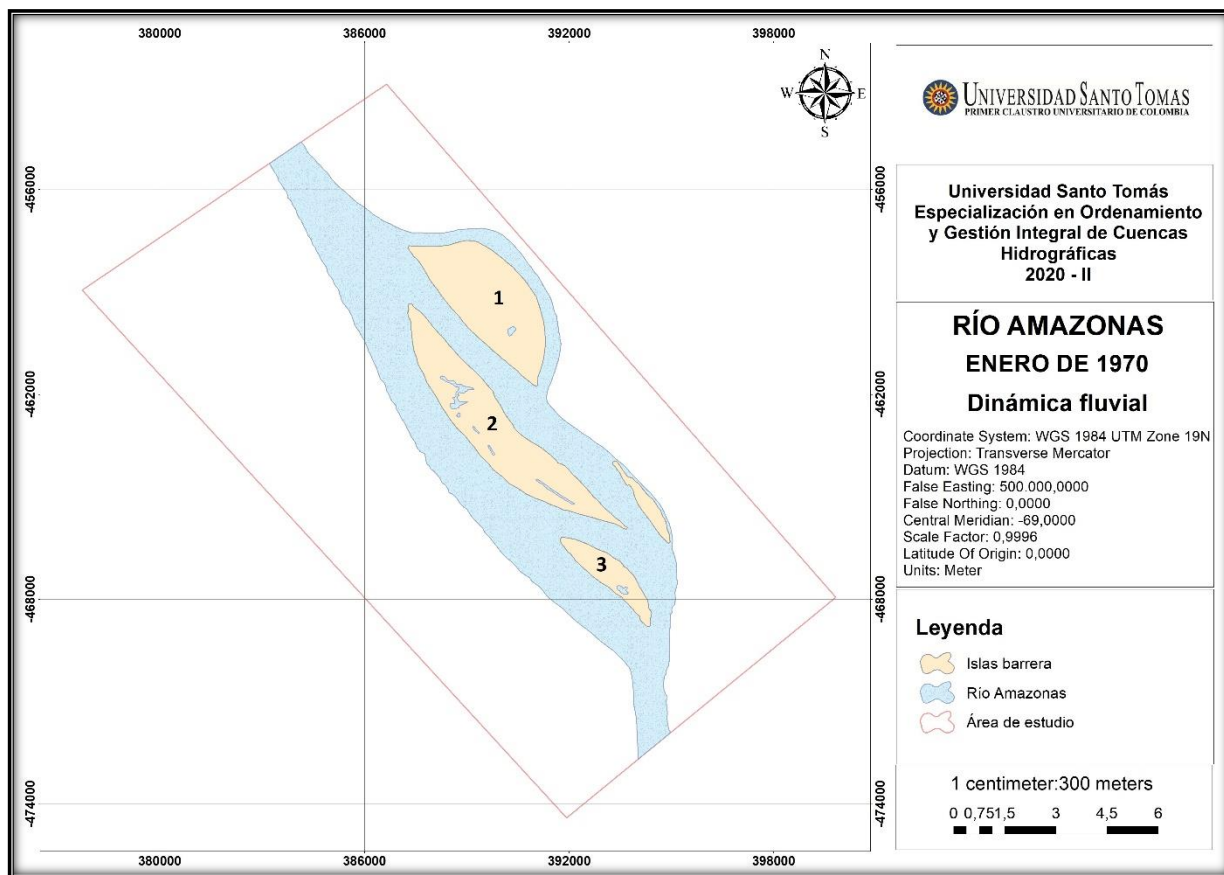


Figura 7: Dinámica Fluvial 1970

Fuente: Equipo de trabajo

✓ **Comparación 1970 - 1984**

Como se observa en la Figura 8, 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.

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 4).

En cerca de 15 años que incluyen el período analizado, no se observa migración alguna del río Amazonas a la altura del casco urbano de Leticia, donde la margen izquierda del río se mantiene muy 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.

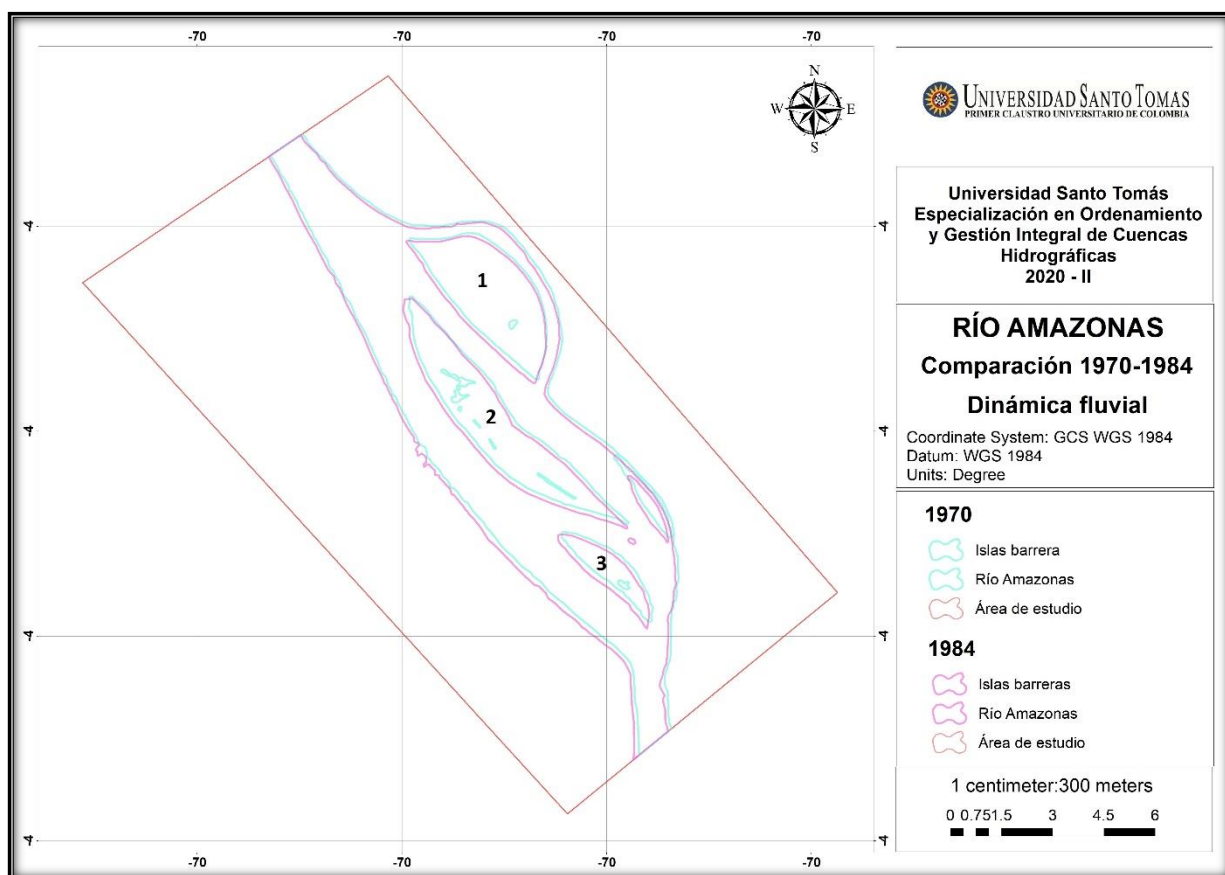


Figura 8: Dinámica Fluvial 1970 - 1984

Fuente: Equipo de trabajo

▪ 1988

En este período se observa el siguiente comportamiento que se representa en la Figura 9.

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.

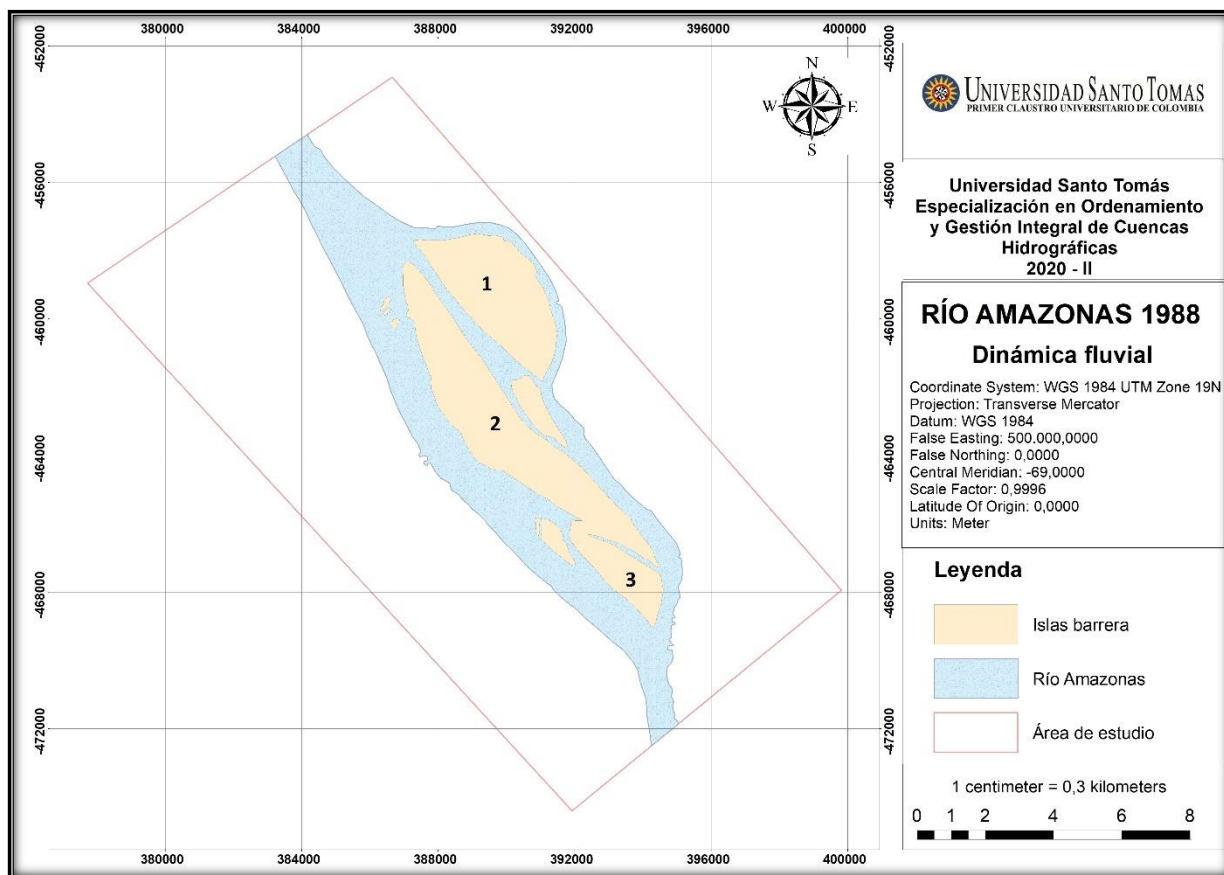


Figura 9: Dinámica Fluvial 1988

Fuente: Equipo de trabajo

✓ **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 8).

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.

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 anabanch.

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.

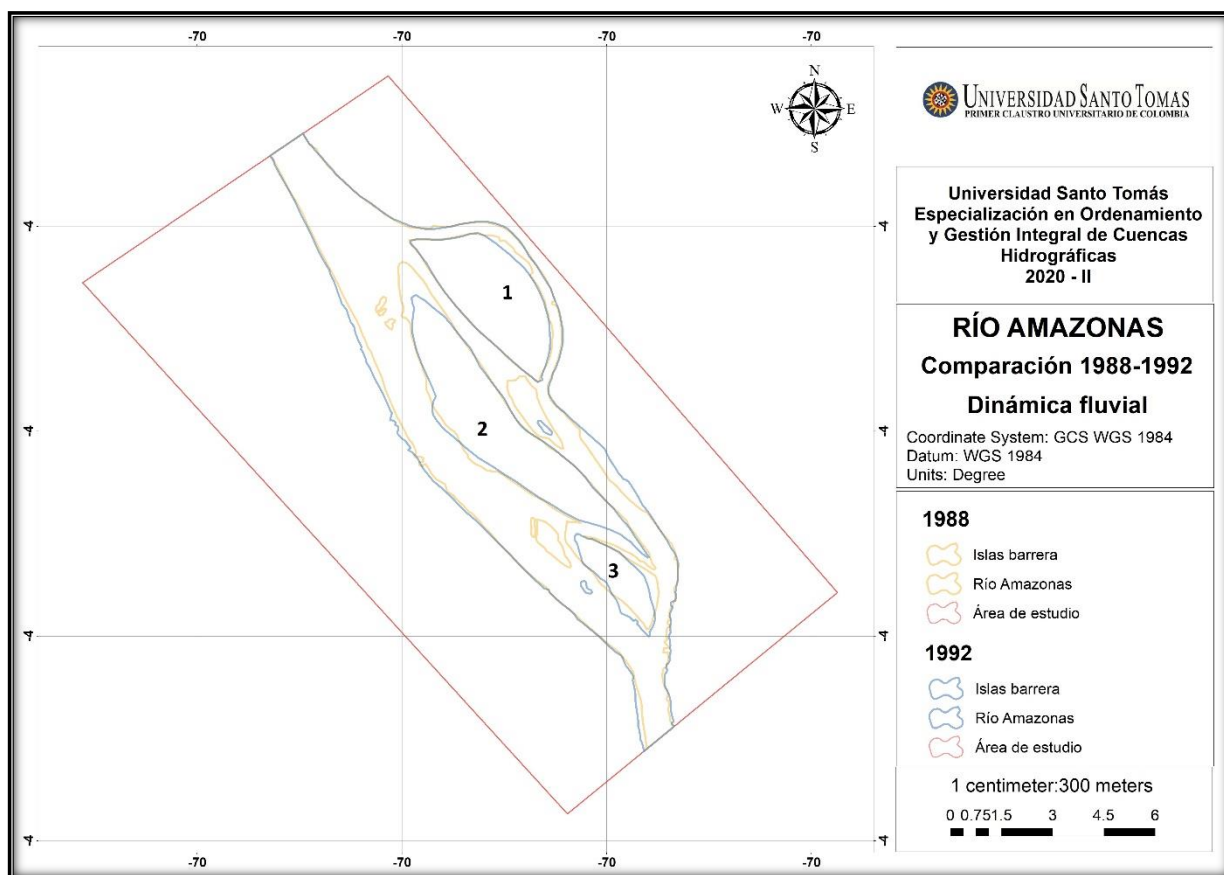


Figura 10: Dinámica Fluvial 1988 - 1992

Fuente: Equipo de trabajo

▪ **1999**

En este período se encuentra representado en la Figura 11.

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 vulnerables 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.

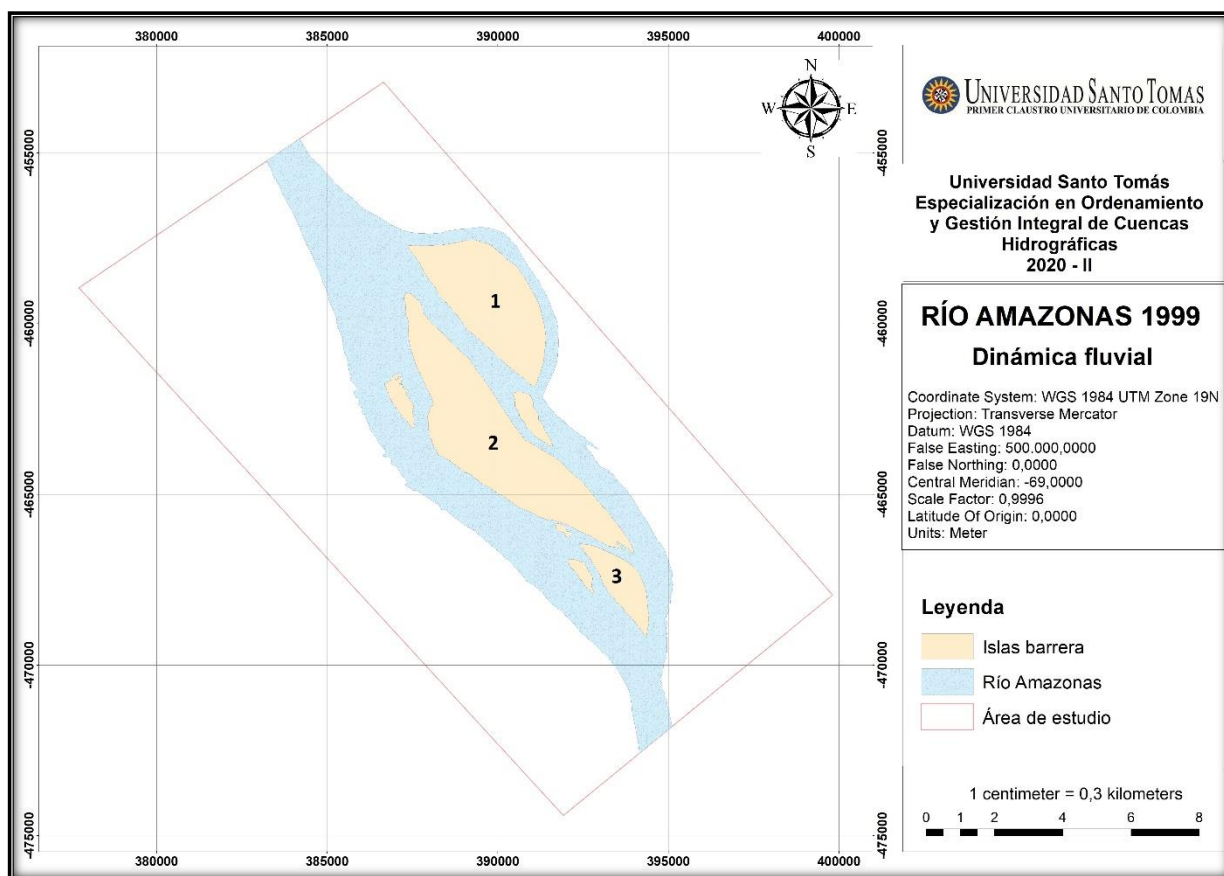


Figura 11: Dinámica Fluvial 1999

Fuente: Equipo de trabajo

✓ 1992 - 2002

Para 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 hacia aguas abajo y la 3 migra hacia el este (Figura 12).

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.

En la Figura 12 se observa que del año 1992 a 1999 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 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.

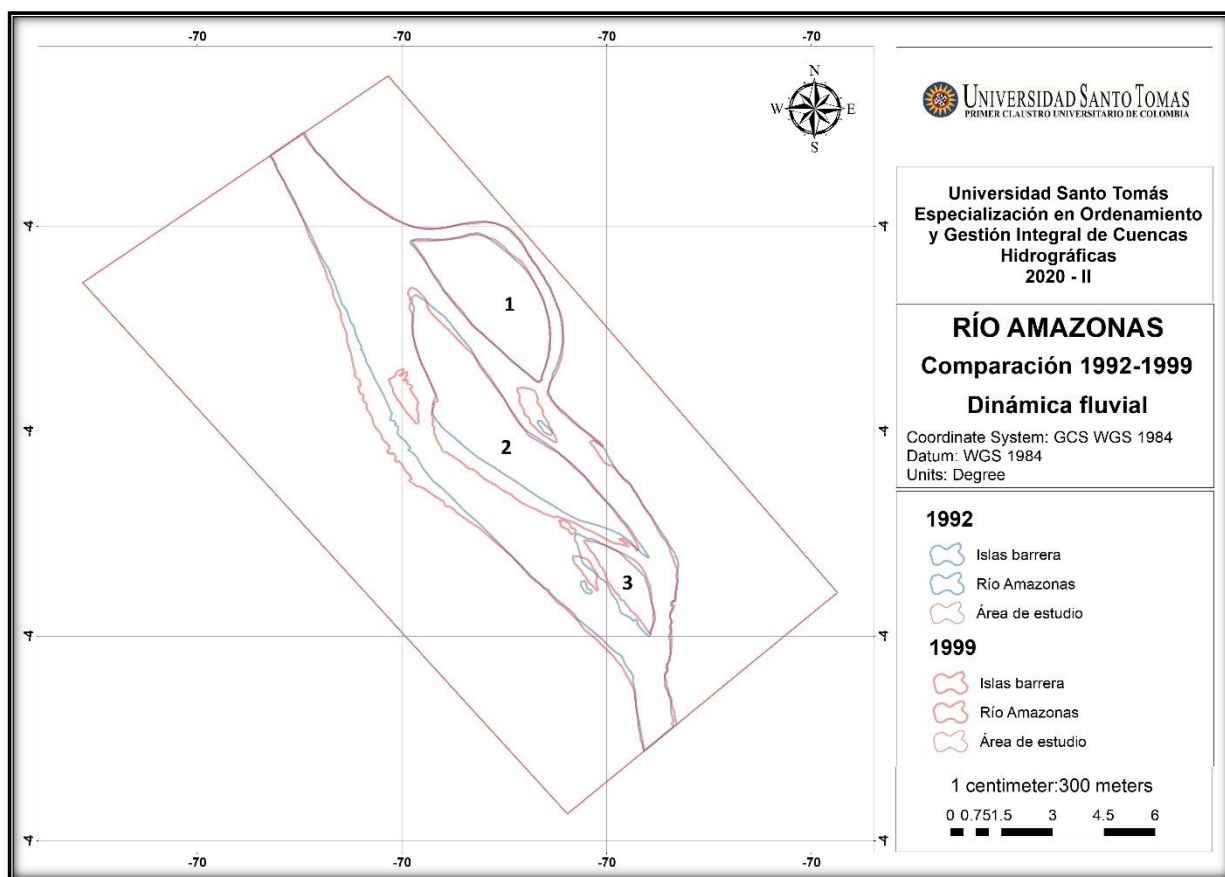


Figura 12: Dinámica Fluvial 1992 - 2002

Fuente: Equipo de trabajo

✓ 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 13).

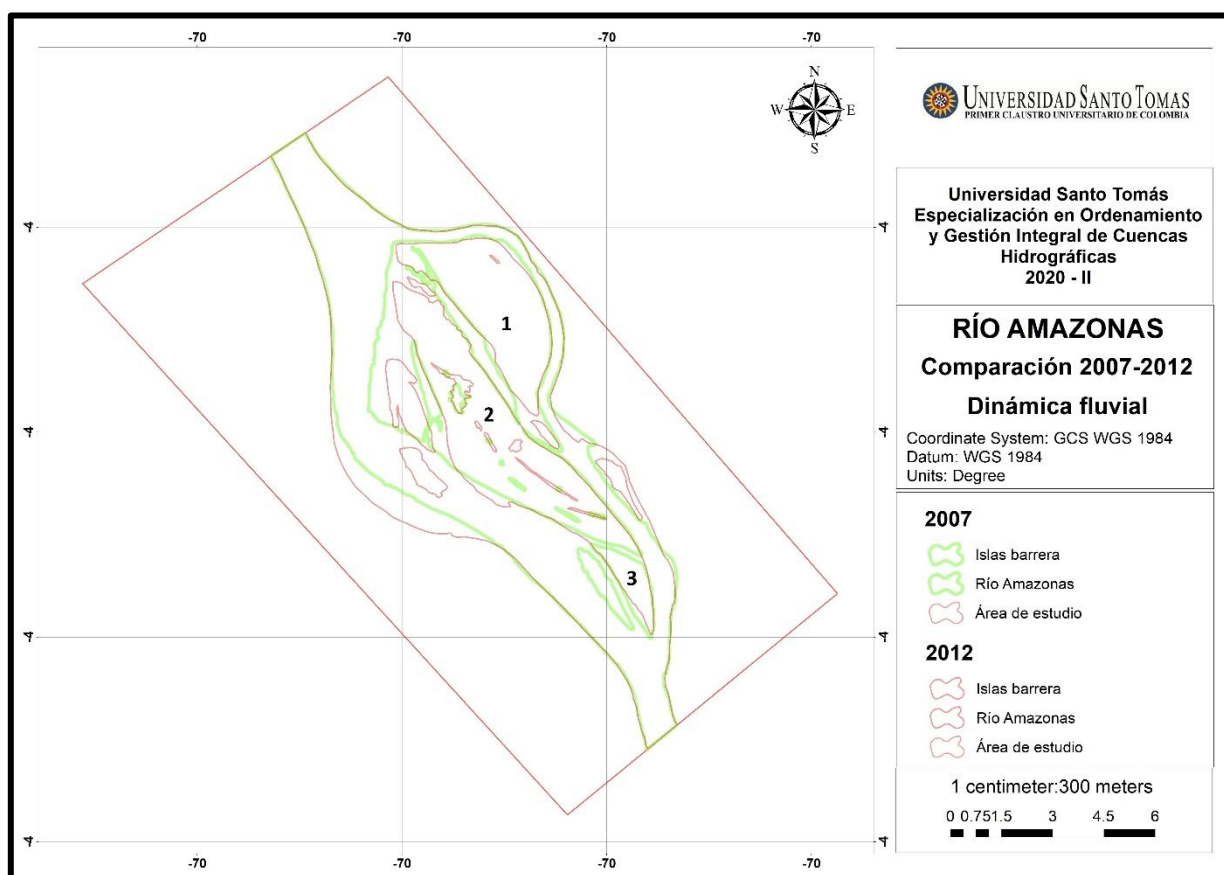


Figura 13: Dinámica Fluvial 2007 – 2012

Fuente: Equipo de trabajo

Aunque para 2014 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.

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

✓ 2015

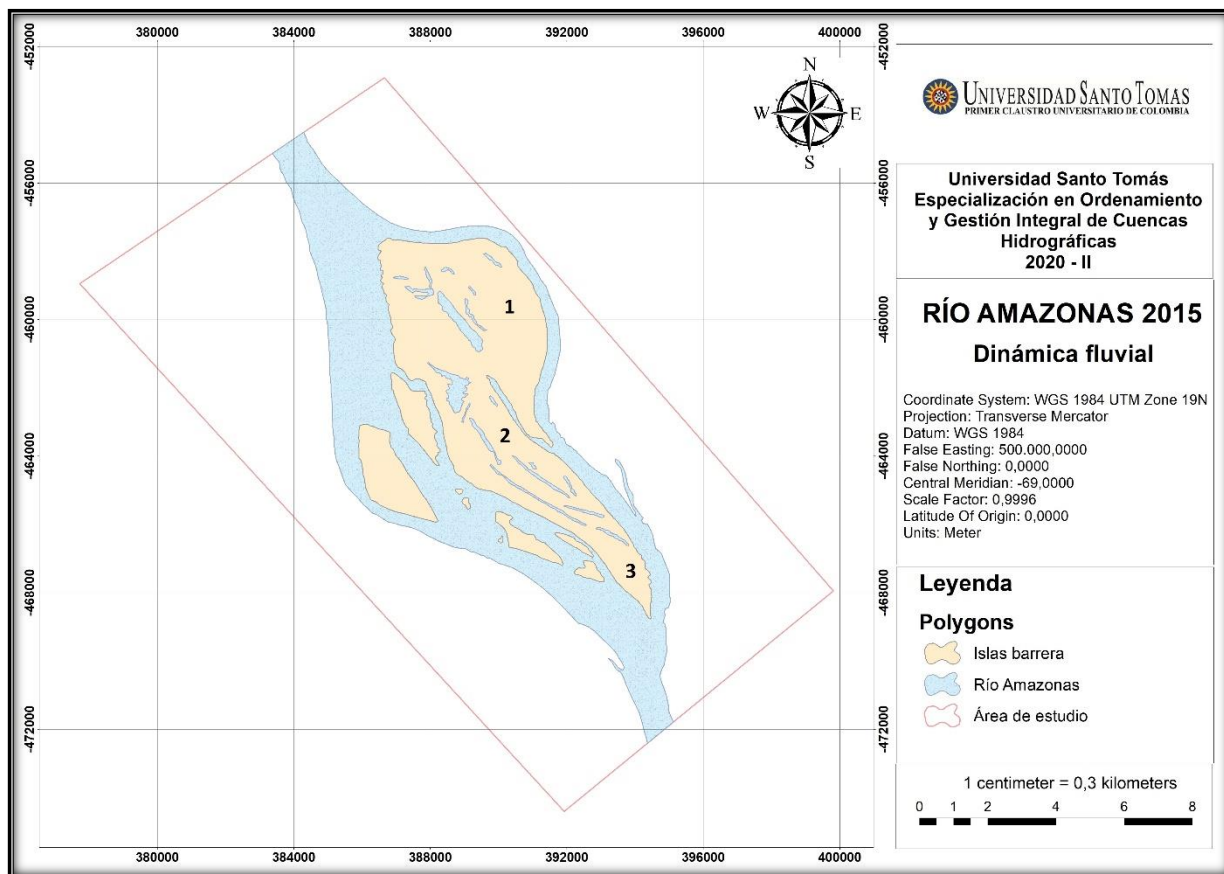


Figura 14: Dinámica Fluvial 2015

Fuente: Equipo de trabajo

✓ 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 15).

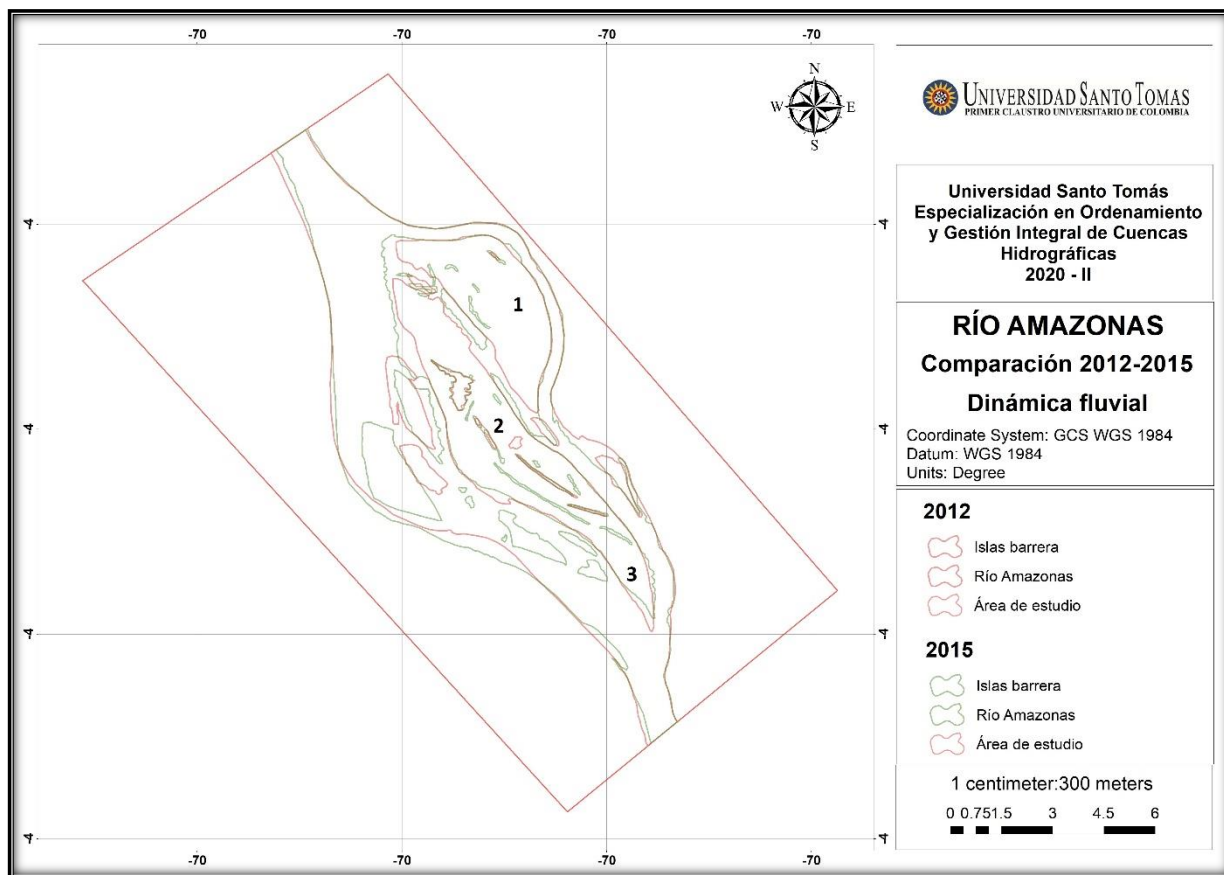


Figura 15: Dinámica Fluvial 2012 – 2015

Fuente: Equipo de trabajo

Para 2015 y 2019, 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. 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 16).

Para este último año, se sigue evidenciando el proceso de anabranch, en el que el río Amazonas desprende un brazo y metros más adelante retoma el cauce del que se apartó.

✓ **Comparación 2015 - 2019**

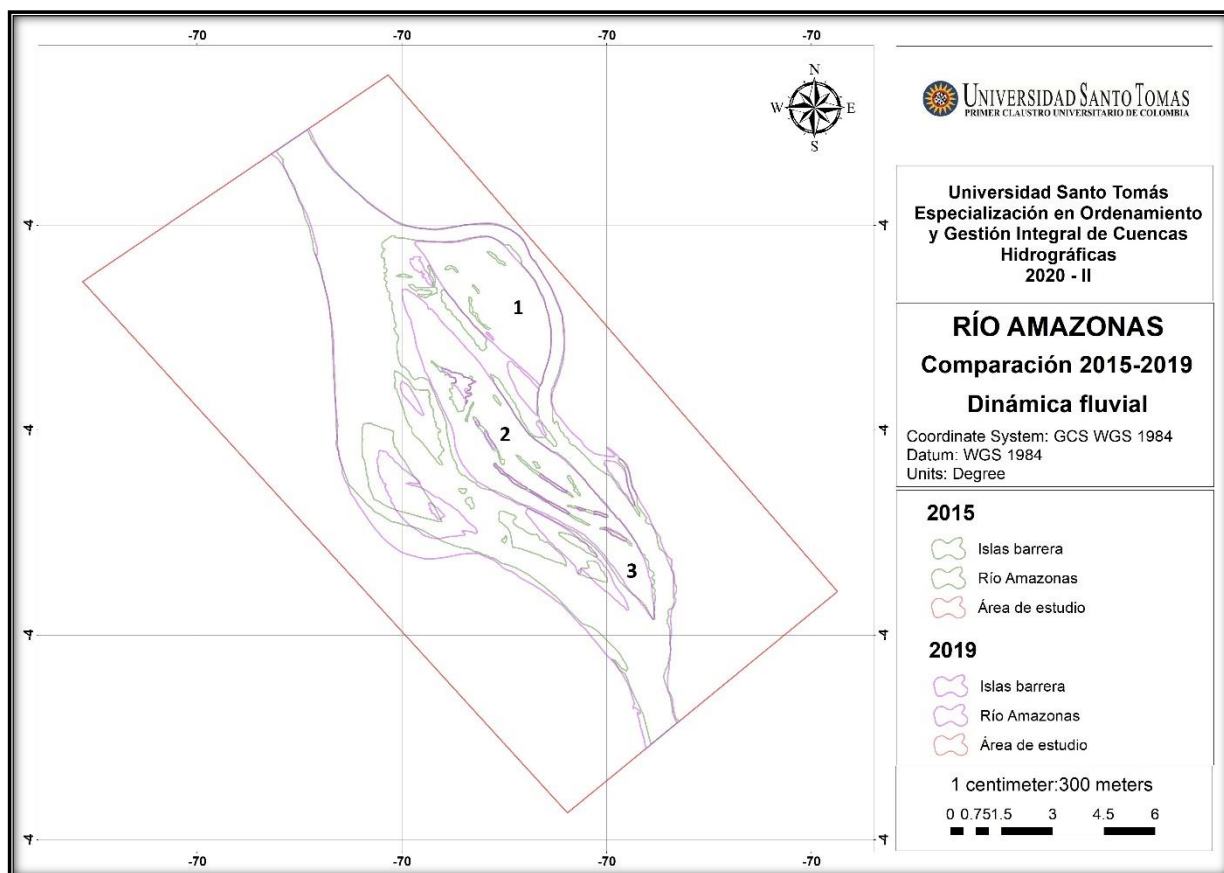


Figura 16: Dinámica Fluvial 2015 – 2019

Fuente: Equipo de trabajo

11.2 ESTABILIDAD DE LADERAS

Del trabajo de campo y el análisis de la dinámica fluvial presentado en el numeral anterior e ilustrado y compilado en la Figura 17, se determina 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. 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.

De 1970 a 2020, la margen derecha migró en territorio peruano cerca de kilómetro y media hacia el W. Durante este mismo período la isla 1 se mantuvo estable y las islas 2 y 3 se fusionaron en una sola. Adicionalmente, se formaron otras pequeñas islas, algunas de las cuales, aparecieron y desaparecieron en el período analizado y otras que surgieron, aún se mantienen.

En inmediaciones al casco urbano de Leticia (Amazonas), el río Amazonas tiene un comportamiento meándrico, evidenciado en la presencia de rastros de antiguos canales y la migración de algunas de las curvas del río, como la que se ubica 2 km aguas arriba.

Aunque en período analizado (1965 a 2019), no se observó que el río divagara por la totalidad de la llanura de inundación, la presencia de cauces abandonados, evidencia que en algún momento del tiempo geológico el río corrió estas áreas.

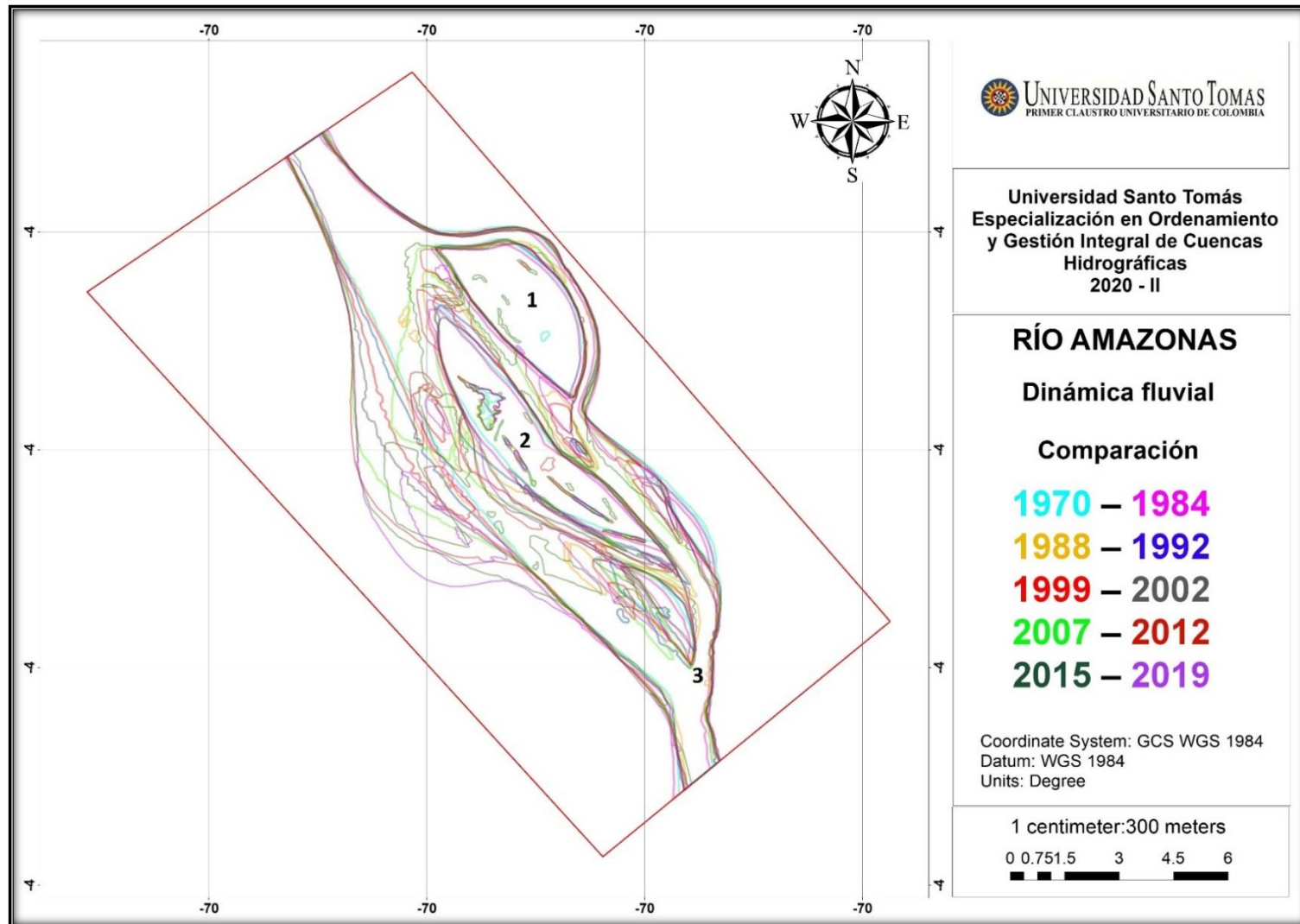


Figura 17: Composición de dinámica fluvial de 1970 a 2019

Fuente: Equipo de trabajo

11.3 INCIDENCIA POR INUNDACIONES

Según el Diccionario de la Real Academia Española (2014), una inundación es “la ocupación por parte del agua de zonas que habitualmente están libres de esta”, es decir aquellas zonas que con frecuencia están secas. Sin embargo y como se trató anteriormente en el análisis de dinámica fluvial, para el área de estudio, casi la totalidad de la llanura de divagación del río Amazonas, en algún momento de los últimos 36 años ha estado ocupada por agua y algunos sectores han estado ocupados por algún cauce del río.

A partir de la geología, geomorfología, dinámica fluvial y estabilidad de márgenes, detalladas en los numerales 7 a 10 del presente estudio, se produjo el “*Mapa de Zonificación de Amenaza por Inundación*” para el área de estudio, el cual según la “Guía Metodológica para la elaboración de Mapas de Inundación” (IDEAM, 2017), se define como “*mapas de amenaza de inundación adaptados con fines de planificación. Las zonas muestran las amenazas existentes, clasificadas como amenaza baja, media o alta*”.

De este “*Mapa de Zonificación de Amenaza por Inundación*”, se concluye que la mayor parte del casco urbano de Leticia y Tabatinga se encuentran en zona de amenaza baja por inundación, cuyo límite lo marca la parte baja del escarpe que divide la penillanura de la zona de inundación, sobre la cota 70 m.s.n.m (ver

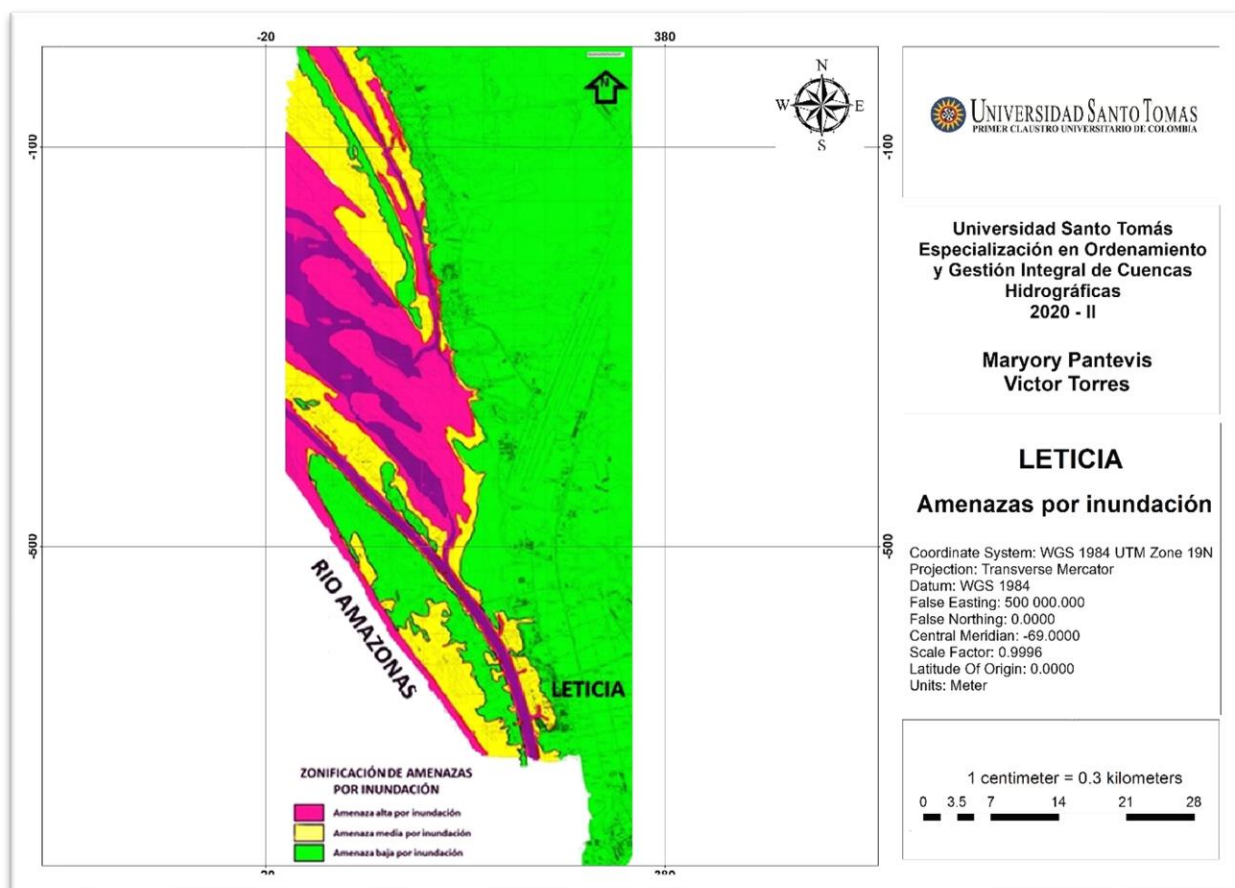


Figura 18), haciendo que la penillanura se ubique entre 10 y 12 m por encima de la llanura de inundación, razón por la cual la probabilidad de que se inunde es mínima. Se anota que además de la zona de penillanura, algunos sectores de la llanura de inundación se ubican sobre los 70 msnm, por lo que fueron también clasificados como zona de amenaza baja por inundación. Según se pudo apreciar en el análisis multitemporal, detallado en la dinámica fluvial (numeral 9), en la llanura de inundación, existen zonas que periódicamente se anegan y otras que, aunque en el período analizado, raramente se observaron bajo el agua, hay registros históricos y testimonios que confirman que esporádicamente quedan bajo el agua. Así las cosas, esas zonas que, de acuerdo con la dinámica fluvial, se anegan periódica y regularmente y que se ubican por

debajo de la cota 68 msnm, se consideran como zona de amenaza alta por inundación y aquellas ubicadas entre las cotas 68 y 70 msnm, se clasificaron como de amenaza media por inundación.

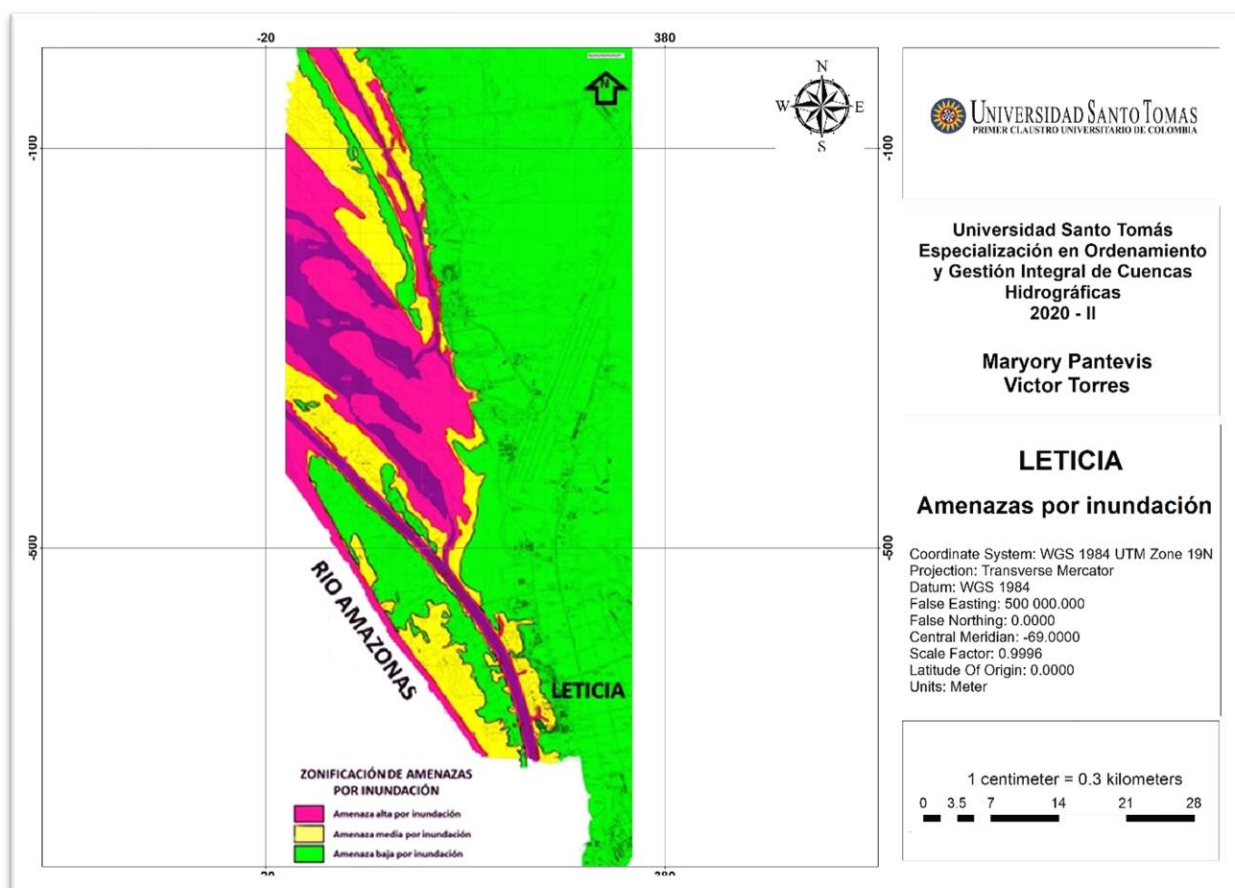


Figura 18: Amenazas por inundación

Fuente: Equipo de trabajo

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ Con el análisis multitemporal podemos conocer el comportamiento del río desde 1970 a 2019, conociendo todos los procesos geológicos, geomorfológicos que se llevan a cabo en este intervalo de tiempo. Donde se formaron y destruyeron islas, por causa de la sedimentación y erosión.
- ✓ la zona de interés presenta una dinámica fluvial con procesos de anabranch que obedecen a que los brazos del río que se separan, pero posteriormente vuelvan al cauce principal.
- ✓ Las islas barreras presentan pequeños desplazamientos hacia el suroeste, esto debido a la constante remoción de material que arrastra el río, situación que también ha generado el surgimiento de playones e islas pequeñas en el suroeste del cauce (territorio peruano), donde se presenta un proceso de socavación pronunciado y que se hace notorio en la figura comparativa de la dinámica de los años 1970 a 2019.
- ✓ En los rasgos morfoestructurales generales del área, permite distinguir terrenos con formas del relieve local características y afectadas de manera particular por los fenómenos de depositación y erosión, que generan diferentes rasgos geomorfológicos.
- ✓ La estabilidad de laderas en el área de estudio es de constante depósito de sedimento que aporta el canal del río, generando como consecuencia que las islas denominadas 2 y 3, se fusionaran aproximadamente entre los años 2007 y 2012. Mientras que también aparecieron pequeñas islas que aún se mantienen pero que no son estables.
- ✓ El “*Mapa de Zonificación de Amenaza por Inundación*”, evidencio que un gran parte del casco urbano de Leticia y Tabatinga se encuentran en zona de amenaza baja por inundación, cuyo límite lo marca la parte baja del escarpe que divide la penillanura de la zona de inundación, sobre aproximadamente en la cota 70 m.s.n.m

13. REFERENCIAS

- 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. Revista de Teledetección. Recuperado el 04 de 2020, de*
http://telenet.fai.cie.uva.es/promotores/revista/revista_07/AET7_4.pdf
- Cabrera, J. (2015). *Recuperado el 29 de 03 de 2020, de*
http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/modhidro_1.pdf
- Cruz, F. D. (2015). *Recuperado el 04 de 2020, de*
<http://dspace.bibliolatino.com/bitstream/bibliolatino/484/1/Felipe%20de%20la%20Cruz.pdf>
- Estrada , V., & Pacheco, R. (2011). *http://scielo.sld.cu/. Recuperado el 29 de 03 de 2020, de*
<http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v33n1/riha08112.pdf>
- Garzon , C., & Gonzalez, E. (2016). *umariana.edu.co. Recuperado el 29 de 03 de 2020, de*
<https://scholar.google.com/scholar?um=1&ie=UTF-8&lr&q=related:fAZOby7adeJoUM:scholar.google.com/>
- Guevara, A., & Reina, L. (2018). *Recuperado el 04 de 2020, de*
<https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/4163/La%20vulnerabilidad%20y%20el%20reconocimiento%20como%20categor%C3%ADas%20que%20atravesan%20las%20formas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- IDEAM-UNAL, (2015). *PROYECTO EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA DE LOS PROCESOS DE SEDIMENTACIÓN (EROSIÓN, TRANSPORTE Y DEPÓSITO DE SEDIMENTOS) EN DIEZ SUBZONAS DE LA CUENCA MAGDALENA – CAUCA. Recuperado el 06 de 04 del 2020, de*
<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/15016/INFORME+DINAMICA+SEDIMENTOS+DIC+2.pdf/e2ff79f6-af78-4e1b-a554-bf3a2205dde1>
- Mojica, J. (2005). *Recuperado el 05 de 04 del 2020, de*
<https://www.redalyc.org/pdf/491/49160205.pdf>
- Ollero, & et.al. (02 de 2011). *Recuperado el 10 de 04 del 2020, de*
https://www.researchgate.net/publication/260425423_Innovacion_y_libertad_fluvial
- Prieto, A. (1995). *Recuperado el 03 de 04 de 2020, de*
https://www.researchgate.net/publication/266181443_Aspectos_estructurales_y_tipos_de_vegetacion_de_la_isla_Mocagua_rio_Amazonas

- Rodríguez, P. (08 de 2008). Recuperado el 14 de 04 del 2020, de <https://es.scribd.com/doc/168986411/Hidraulica-Ruiz-Canales>
- 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. *ELSEVIER*, 1-4. Recuperado el 05 de 04 del 2020
- Rubio, V. (05 de 03 de 1995). Obtenido de <https://repositorio.uam.es/handle/10486/6520>
- Ruiz, V. (2013). Recuperado el 03 de 04 de 2020, de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/34856/1/Ecosistemas_22_3_16.pdf
- Segura, L. (10 de 2013). Obtenido de https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/2010
- Franco & Rodríguez (2005). Recuperado el 03 de 04 de 2020, de *Análisis multitemporal satelital de los bosques del Carare – Opón, mediante imágenes Landsat de 1991 y 2002.*
- CORPOAMAZONIA, 2006. Plan de Ordenación y Manejo de la Microcuenca de la Quebrada Yahuaraca, Leticia. Recuperado el 06 de 04 del 2020, de http://www.corpoamazonia.gov.co/files/Ordenamiento/POMCA/POM_Yahuaraca.pdf
- Sanchez, J., 2019. Cátedra en campo de Diagnóstico de Aspectos Físicos.
- IDEAM, 2017. Guía Metodológica para la elaboración de Mapas de Inundación
- Página web del Servicio Geológico de los Estados Unidos
- Registros recolectados por el equipo de trabajo en campo