

EL RÍO AMAZONAS EN LOS ALREDEDORES DEL PUERTO DE LETICIA

Lilian POSADA GARCÍA¹ y Jairo HERRERA ARANGO²

RESUMEN

Este trabajo presenta algunos aspectos de la dinámica fluvial del río Amazonas entre los municipios de Leticia y Puerto Nariño, Colombia, distantes 75 Km. Se realizó una visita de reconocimiento durante los primeros días del mes de Abril de 1998 que coincidió con una época de inundaciones del río, por lo que muchos rasgos del paisaje fluvial estaban sumergidos. No obstante, se pudo apreciar el problema de sedimentación en el puerto fluvial de Leticia y se hizo un breve análisis de la dinámica del río en el sector para determinar las causas y posibles soluciones al problema. Se identificaron las geoformas en el corredor del río, se hicieron mediciones batimétricas en diferentes secciones transversales a lo largo del tramo de estudio, en los brazos y cauce principal, para validar las hipótesis de migración lateral hacia la banca derecha en la zona de Leticia que explica en parte los procesos de sedimentación en el puerto, y de migración hacia la frontera colombiana en la zona de Puerto Nariño, explicable por los procesos de erosión que se observaron en esta región.

ABSTRACT

This paper presents some aspects of the fluvial dynamics of the Amazon River in a reach 75 Km long between the towns of Leticia and Puerto Nariño, Colombia. A reconnaissance field trip was done during the beginning of April 1998, a flood season in the Amazon, for which many of the geomorphic features were submerged. Nevertheless, the sedimentation problem on the fluvial port of Leticia was observed and a brief analysis of the fluvial dynamics of the reach was made in order to determine the causes and possible solutions to the problem. The main fluvial landforms along the river corridor were identified and batimetric measures in different cross sections along the main and secondary channels were taken to validate hypothesis of lateral migration to both banks: lateral migration toward the right bank in the vicinity of Leticia, that partially explains sedimentation processes in the fluvial port, and toward the Colombian border around the zone of Puerto Nariño, that account for the erosion processes observed in this region.

INTRODUCCIÓN

Durante la visita de reconocimiento al río Amazonas en el sector Puerto Nariño – Leticia, realizada durante la época de inundaciones de abril 98, se identificaron algunos aspectos geomorfológicos e hidrodinámicos que permitieron hacer una descripción preliminar de la dinámica fluvial del río en el sector, especialmente en las vecindades del puerto fluvial de Leticia, capital del departamento colombiano del Amazonas. Se identificaron dos tramos, Puerto Nariño - El Vergel y El Vergel - Leticia, donde los procesos geomórficos diferentes

¹ Profesora, posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas. Dpto de Ing. Civil. e-mail: lposada@perseus.unalmed.edu.co. A.A. 1027 Medellín

² Estudiante de Ingeniería Geológica. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Medellín. e-mail: jairo.herrera@iname.com

le imponen rasgos diferentes al paisaje. En el primero, los procesos de erosión en un paisaje colinado evidencian la migración lateral del río hacia la frontera colombiana y, en el segundo, los procesos de sedimentación dan fe de la migración lateral hacia la frontera peruana. Aunque gran parte del paisaje fluvial estaba inundado, las mediciones batimétricas permitieron identificar las zonas de agradación, barras y bancos de arena, en la parte anterior de Caño Leticia (sector La Playa), canal que separa a Leticia de la Isla Fantasía y sitio de ubicación del muelle. Los problemas de sedimentación en un muelle flotante como es el de Leticia amenazan con su destrucción.

GENERALIDADES.

La Cuenca Amazónica.

El curso superior del río Amazonas lo constituyen los ríos peruanos Ucayali y Marañón. El primero nace en la Cordillera de Chilca (al noroeste del Lago Titicaca) y después de un recorrido de 2200 Km se une al Marañón cerca de la población de Nauta (Ecuador). El río Marañón nace en la Cordillera de Huayhuash, ubicada al noreste de la ciudad de Lima; después de un recorrido de 1650 Km, de los cuales la mitad inferior representa la frontera entre Ecuador y Perú, aporta un caudal medio anual de 10870 m³/s. Después de unirse al Ucayali, el río recibe el nombre de Solimoes (con excepción del tramo colombiano donde se le llama Amazonas) hasta la ciudad de Manaus, capital del estado brasileño del Amazonas, y a partir de allí, recibe el nombre de Amazonas. Su primer gran afluente es el río Napo que drena el nordeste ecuatoriano aguas abajo de la ciudad de Iquitos (Perú), donde se inicia el tramo navegable de 3800 Km hasta la desembocadura. Los grandes navíos ingresan por el brazo de Pará en la desembocadura del río Tocantins, brazo que separa el sur del continente con la isla Marajó

La cuenca Amazónica, conocida como el Pulmón del Mundo, es la cuenca hidrográfica más grande del mundo, con 6.3 millones de km². Desde el nacimiento de los ríos Ucayali y Marañón, el drenaje principal tiene una dirección Sur - Norte, hasta Iquitos, donde adquiere una dirección preferencial Oeste - Este, siguiendo aproximadamente la línea ecuatorial hasta su desembocadura en el océano Atlántico. Además de ser el más caudaloso, el río Amazonas es el segundo más largo del mundo - después del río Nilo- con una longitud de 7600 Km. El ancho de su canal varía entre los tres y 14 Km, pero en la desembocadura alcanza 340 Km. El canal principal presenta un alineamiento recto hasta Iquitos y puede considerarse anastomosado en el tramo Iquitos - Manaus; es en este tramo donde se encuentran los 117 Km colombianos. En adelante es un río ligeramente recto debido al control estructural que le ofrecen las rocas de los escudos Guayanés y Brasileño.

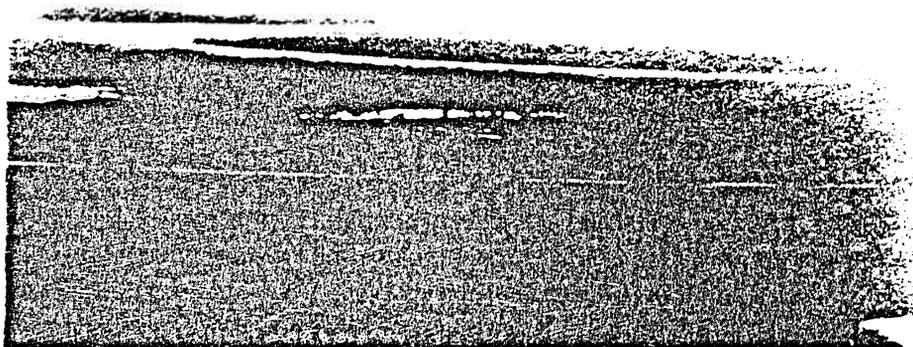


FIG. 1 Vista panorámica del río. Se aprecia, en primer plano, la mancha de inundación de la margen izquierda (Colombia); en segundo plano, el extremo de la Isla Ronda y comienzo de Isla Rondinha; al fondo, la llanura de inundación de la margen derecha (Perú).

Amazonía Colombiana.

De los 6.3 millones de km² de área que presenta la Cuenca Amazónica, 403348 Km (6.4%) pertenecen a Colombia y se distribuyen entre los departamentos de Caquetá, Putumayo, Guanía, Guaviare, Vaupés y Amazonas. Las mayores alturas de la Amazonía Colombiana se encuentran en cercanías de Sibundoy (Putumayo) sobre la cordillera Centro-Oriental con 3000 msnm y las más bajas sobre los límites con Brasil y Perú entre 60 y 90 msnm. En general puede considerarse como una región ondulada con alturas que no superan los 500 msnm como es el caso de la Serranía de Chiribiquete al Occidente del departamento del Guaviare y algunos afloramientos del Escudo Guayanés hacia el nordeste.

Esta región no sólo encierra enorme importancia por su biodiversidad sino también por la manifestación de recursos no renovables cual es el caso del carbón en la Serranía de Chiribiquete al sur del río Apoporis, de asfalto, micas, calizas, cobre, oro, plata y petróleo en el piedemonte de la cordillera Central, en los departamentos de Putumayo y Caquetá.

HIDROGRAFÍA

Desde Iquitos hasta Manaus, el río recibe aportes significativos de los ríos Madeira y Negro, los cuales se ubican, por sí solos, dentro de los ríos más caudalosos del mundo. El río Madeira se origina en la cordillera Madre de Dios (Perú), en su recorrido de unos 1500 Km drena la zona septentrional de Bolivia, aporta un caudal medio de unos 30000 m³/s; el río Negro, llamado Guainía en sus cabeceras colombianas, recoge las aguas del río Vaupés

(Colombia), del río Casiquiare (Venezuela) y del río Branco, para entregar al Amazonas un caudal medio de 100000 m³/s, en la ciudad de Manaus. Este volumen de agua contribuye a retardar el descenso de las aguas del Amazonas. A partir de Manaus, los afluentes principales son el Tapajoz y el Xingu que nacen en la meseta Mato Grosso del escudo Brasileiro. En Óbidos (Brasil), a 500 Km de su desembocadura, donde la superficie del río se encuentra apenas unos centímetros sobre el nivel del mar, se han registrado caudales de 235000 m³/s (junio 14/76), 123000 m³/s (diciembre 13/82), 177000 m³/s (marzo 04/84) y profundidades hasta de 100 m (Nordin et al, 1977).

En su recorrido, el río Amazonas recibe afluentes que drenan regiones de los hemisferios austral y boreal con características geológicas y climatológicas muy diversas, por lo que los afluentes de la derecha y de la izquierda se alternan en alimentarlo produciendo un solo período prolongado de inundaciones y un solo período de aguas bajas (julio a octubre). Las diferencias en la conformación geológica de las áreas por donde cruzan los ríos afluentes y del lugar de su nacimiento producen grandes variaciones en las formaciones vegetales que las cubren (Dominguez, 1983), en las características de su curso, en el ciclo anual del volumen de sus aguas, en su riqueza biológica y en el color de sus aguas. Debido a la coloración, se tiene la siguiente clasificación:

- Ríos de aguas blancas. Provenientes de la cordillera de los Andes y de las planicies terciarias y cuaternarias arrastran gran cantidad de sedimentos y arcillas en suspensión lo cual les da una coloración amarillenta o blanco lechoso. Esos elementos sirven de nutrientes a los microorganismos que dan origen a las cadenas alimenticias acuáticas y subacuáticas, en cantidad suficiente como para presentar una relativa riqueza en pesca y anfibios. Los más característicos son el Putumayo o río Iça en Brasil y el Guaviare.
- Ríos de aguas negras. Son los ríos provenientes de las rocas o suelos arenosos de los escudos Guayanés y Mato Grosso los cuales, dada la baja disponibilidad de material fino, presentan poca carga en suspensión, son demasiado transparentes pero la coloración de las aguas en grandes masas es muy oscura en ríos de poco fondo, con arenas blancas, adquiere coloraciones amarillas; esta coloración se debe al alto contenido de ácidos fúlvicos (húmicos) en solución, derivados de la descomposición incompleta de la materia orgánica (Medina, 1978). El más conocido es el río Negro ó Guainia en Colombia.
- Ríos de aguas claras. Son ríos de características intermedias entre los dos extremos anteriores. El contenido de material en suspensión es lo suficientemente bajo como para permitir una mayor profundidad de zona fótica. En Colombia, los más conocidos son los ríos Caquetá o Japurá en Brasil con su afluente el Yari y el río Apaporis, los cuales por su origen en los Andes o en la planicie terciaria y cuaternaria son ríos blancos, pero van adquiriendo una coloración cada vez más oscura a medida que desciende su curso.

Clima.

Dado el tamaño y la densa vegetación esta cuenca se autoregula aunque también se ve afectada por su situación geográfica tropical que la ubica dentro del área de influencia de la Zona de

Convergencia Intertropical y de los vientos alisios, además de la humedad que penetra desde el Océano Atlántico y la variedad de climas en la Cordillera de los Andes.

En la Amazonía Colombiana el piso térmico predominante es el cálido; sin embargo, hacia la zona cordillerana existen pequeñas áreas pertenecientes al piso térmico frío. La capital del Putumayo, Mocoa, se encuentra sobre el piso templado al igual que las mayores alturas de la Serranía de Chiribiquete. El bajo Putumayo y el Trapecio Amazónico tienen una pertenencia climática muy clara al hemisferio climático sur (a los 2° de latitud sur), con un solo período de lluvias y otro seco, como en el hemisferio norte, pero totalmente opuestos, presentándose el verano hacia junio y julio y lluvias más fuertes en enero. La frontera colombo-ecuatoriana es la región más lluviosa de la cuenca Amazónica, con precipitaciones que superan los 4000 mm al año y con sitios donde se superan los 5000 mm.

Las condiciones climáticas medias para la ciudad de Leticia son las siguientes: precipitación media de 3215.9 mm/año, con una distribución de tipo bimodal – biestacional; temperatura media diaria entre 17.3°C y 32.2°C, con un valor medio mensual de 24.5°C; humedad relativa, en general muy alta, tiene un promedio anual de 85.4 %, presentando máximos de 91%; brillo solar promedio mensual de 123.24 h. Se estimó la evapotranspiración real, ETR, en 1482 mm/año, a partir de la ecuación de Turc, utilizando los valores medios anuales de precipitación (3215.9 mm) y temperatura (24.5°C), de Leticia. Lloyd y Marques (1988) reportaron una interceptación de la lluvia por la vegetación del 91% en la selva amazónica.

Caudales y Niveles.

El caudal medio del río Amazonas en Leticia es de 33000 m³/s. Se registró un caudal mínimo de 12400 m³/s en septiembre de 1988 y un valor máximo de 60800 m³/s en mayo de 1993. Los registros obtenidos en Caño Leticia muestran variaciones en el nivel del río de más de 12 m entre el período de aguas bajas y el de aguas altas. Dado que se presenta un rezago de aproximadamente dos meses para la respuesta hidrológica de la cuenca Amazónica, los periodos de aguas altas en la ciudad de Leticia no corresponden con los de mayor precipitación. La tabla 1 presenta los niveles medios mensuales del río en Leticia para el periodo agosto/96 a marzo/98. En ésta se observa que el nivel de las aguas empieza a subir desde octubre hasta junio. Al comparar los periodos agosto - marzo, figura 2, se observa que en el último período presentó niveles mínimos más altos que en el primero, a partir de diciembre/97, reflejando la influencia del fenómeno del Niño. En los primeros días del mes de abril/98 los niveles aún estaban creciendo; durante los diez días de la visita estos mostraron un incremento de 0.7 m.

Suelos.

La Planicie Amazónica – al sur del Caquetá y al occidente del río Yari, hasta el pie de la Cordillera de los Andes – es muy diferente a la Guyana Colombiana. Esta región pertenece al valle del Amazonas, cuya formación geológica es muy reciente. Los suelos son ácidos y ricos en

óxidos de hierro y aluminio. Estas tierras firmes son terrenos levemente ondulados de arcillas amarillas o rojo ocre, que han sido disectadas por la acción de la lluvia y de las corrientes fluviales que las erosionan. Su origen geológico es casi en su totalidad del terciario.

TABLA 1. Niveles mensuales de mira (m) en Leticia - Colombia.

Fecha	Mínimo	Máximo	Fecha	Mínimo	Máximo
Ago-96	8.67	9.69	Jun-97	15.41	17.16
Sep-96	7.30	8.68	Jul-97	8.63	15.12
Oct-96	8.78	11.71	Ago-97	7.51	8.38
Nov-96	9.83	12.68	Sept-97	6.63	7.61
Dic-96	9.60	13.49	Oct-97	6.27	8.85
Ene-97	9.86	12.90	Nov-97	6.91	11.37
Feb-97	9.03	15.44	Dic-97	11.61	14.28
Mar-97	15.53	17.20	Ene-98	14.37	15.36
Abr-97	16.68	17.18	Feb-98	14.69	15.35
May-97	17.01	17.28	Mar-98	15.38	16.19

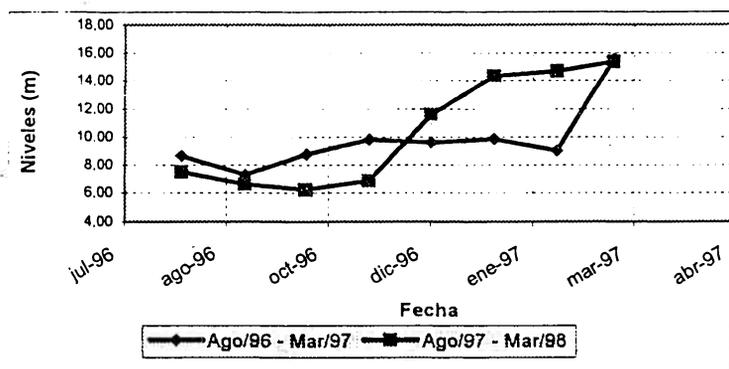


FIG. 2 Niveles mínimos en Puerto Leticia.

Como formaciones cuaternarias y recientes se presentan mesetas y vegas de los ríos que cruzan el área, con depósitos de arcillas y limos en sus orillas, producto de las inundaciones periódicas; sus suelos tienen, por tanto, buenas características químicas, aunque a veces presentan problemas físicos (drenaje pobre).

En el Piedemonte – serie de terrazas de acarreo, serranías y terrenos levemente ondulados que se alinean en un cinturón al pie de la Cordillera de los Andes– los suelos son de constitución física muy variada, desde suelos muy permeables hasta totalmente impermeables. Allí se encuentran maderas valiosas como el cedro (*Cedrela*), el laurel (*Nectandra*) y el abarco (*Cariniana*).

Los suelos de las vegas soportan una vegetación muy variada; en las vegas altas, donde sólo llegan las inundaciones más fuertes, se encuentra vegetación densa y enmarañada con árboles de madera liviana como la cieba (*Ceiba*), el balso (*Ochroma*) y consistencia “fofa” como el higuérón (*Ficus*). En las vegas bajas, donde las inundaciones son más frecuentes (Várzeas e Igapós en Yeral), se presentan asociaciones vegetales de tipo hidrofítico muy difícilmente aprovechables

para uso comercial; sin embargo, estas áreas cumplen un papel vital para el desarrollo del ciclo biológico de numerosos animales y plantas de la región (Dominguez, 1983).

GEOLOGÍA REGIONAL.

Galvis et al. (1979) dividieron el área de la Amazonía Colombiana como sigue:

Precámbrico.

Complejo Migmatítico de Mitú. Representado por las rocas cristalinas que conforman el Escudo Guayanés en territorio colombiano, al sur del río Guaviare, al norte del Caquetá y al oriente del Yari. Morfológicamente se manifiesta con serranías de poca altura (300–500 m) aisladas en medio de una gran planicie de erosión (peniplanicie).

Formación la Pedrera. Compuesta por una secuencia plegada de sedimentos arenoso-pelíticos sometida a metamorfismo incipiente. Morfológicamente se presenta como serranías estrechas, alargadas y algo sinuosas, con alturas que no sobrepasan los 400 m.s.n.m. Esta formación reposa discordantemente sobre rocas graníticas del Complejo Migmatítico de Mitú (Galvis et al., 1979)

Formación Roraima. Secuencia sedimentaria que aflora en la parte central y noroccidental del departamento de Guainía. Compuesto por un conglomerado cuarzoso hacia la base y sobre éste, una alternancia de shales pizarrosos y areniscas conglomeráticas ferruginosas y el superior compuesto por conglomerado y ortocuarcita.

Formación Piraparaná. Secuencia volcano-sedimentaria plegada de color rojizo con un espesor de 80 m aproximadamente.

Diques de Diabasa. Dentro del Proyecto Radargramétrico del Amazonas se hace mención a unos 15 diques de rocas básicas intruyendo al Complejo Migmatítico de Mitú y a la Formación La Pedrera. La gran mayoría de éstos es de composición diabásica.

Paleozoico

Formación Araracuara. Esta secuencia sedimentaria, predominantemente arenácea, tiene un espesor aproximado de unos 200 m y se presenta en estratos horizontales.

Sienita Nefelínica de San José del Guaviare. Definida por Vesga y Castillo (1972) como un cuerpo ígneo localizado al sur de San José del Guaviare.

Cenozoico

Terciario Inferior Amazónico. Denominación informal dada a una unidad de arcillas horizontales y espesor desconocido que se presenta al sur de la Amazonía Colombiana.

Terciario Superior Amazónico. Denominación informal para un conjunto de sedimentos de origen continental, morfológicamente caracterizado por presentar drenaje dendrítico menos denso que en el Terciario Inferior con valles en forma de U y colinas redondeadas.

Depósitos Cuaternarios. Compuestos por arenas eólicas distribuidas irregularmente y de espesor variable, terrazas y aluviones.

GEOMORFOLOGÍA

En el tramo de 75 Km, comprendido entre los municipios de Leticia y Puerto Nariño, se observan tres unidades de paisaje que pueden circunscribirse en los sistemas definidos por Galvis et al. (1979) así:

Sistema de terrazas

Antiguo nivel de terrazas. Es posible encontrar zonas planas de gran extensión que evidencian la existencia de este nivel; sin embargo, los procesos erosivos han ido modificándolo hasta producir un paisaje ondulado con colinas redondeadas hasta de 10 m de altura compuestas por arcillas limo-arenosas de color rojizo a gris claro, algunas intercalaciones de arena limo-arcillosa como es el caso de la quebrada Yahuaraca, aguas arriba de la bocatoma para el acueducto de Leticia.

Los principales procesos erosivos presentados en esta unidad son del tipo remoción en masa, donde generalmente predomina el derrumbamiento debido a los cambios en el nivel de las aguas, de forma que durante aguas altas el talud se satura y durante aguas bajas el sobrepeso ocasionado por dicha saturación, el descenso rápido del nivel freático y la ausencia de soporte producen el derrumbamiento. También se observan deslizamientos rotacionales de 20 a 50 m de longitud, erosión laminar y por sobrepastoreo (pata de vaca) en zonas dedicadas a la ganadería y cárcavas incipientes en la quebrada La Beatriz aguas abajo del Caño Pichuna, a la altura de la Armada Nacional. Sobre este nivel de terraza se encuentran ubicadas la ciudad de Leticia, capital del departamento colombiano del Amazonas y Tabatinga, la segunda ciudad del estado brasileño del Amazonas cuya capital es Manaus.

Segundo nivel de terraza. Este nivel se observa hasta Puerto Nariño sobre la margen izquierda del río Loreto Yacu. Allí, los rasgos geomorfológicos de la terraza se han conservado debido a que los procesos geomórficos han tenido efectos de grado menor que en el nivel descrito anteriormente; no obstante, la terraza ha sido fuertemente disectada de tal forma que sobre la margen izquierda del río Amazonas, aguas arriba de Isla Serra entre El Vergel y Macedonia, se observa un paisaje colinado semejante al descrito anteriormente y de composición similar. Las colinas presentan mayor altura (de 15 a 20 m). Las variaciones de nivel son la causa principal de la erosión en las bancas en las cercanías de Puerto Nariño, municipio ubicado sobre los dos niveles de terraza a orillas del río. Con excepción del cárcavamiento, los procesos erosivos presentados en este nivel de terraza son los mismos relatados para el primero.

Sistema de paisajes aluviales en la llanura de inundación.

Llanura de inundación. La llanura de inundación es una superficie topográficamente plana anegadiza en épocas de creciente, sobre la cual se encuentran la selva inundable, diques, pantanos, madre viejas, lagos y “backswamps”.

La llanura de inundación del Amazonas es más amplia sobre la margen derecha; es decir, la correspondiente a Perú, debido a las bajas pendientes de la zona. Sobre la margen izquierda se encuentra limitada por el primer nivel de terraza. La amplitud de la llanura de inundación en la margen colombiana es variable, de tal forma que es posible dividir el trayecto Puerto Nariño - Leticia en dos tramos: el primero desde Leticia hasta Isla Serra en el cual la llanura es ancha y no se observan terrazas sino en puntos aislados; es decir, predomina la sedimentación. En el segundo tramo, desde Isla Serra hasta Puerto Nariño, la llanura es bastante angosta y las terrazas dominan el paisaje, con predominio de los procesos erosivos. A partir de Puerto Nariño, aguas arriba del río Loreto Yacu, la llanura de inundación de éste se presenta amplia hacia el Nordeste.

Diques. El río deposita material de diferente granulometría según el nivel en que se encuentre, de tal forma que cuando el nivel está alto se deposita arena fina y cuando está bajo, arcillas y limos, propiciándose la formación de barras e islas; así en épocas de creciente se depositan bancos de arena que son sellados y protegidos por las arcillas depositadas en épocas de aguas bajas. En épocas de inundación, el material más grueso se deposita sobre la orilla del río y paralelo a ella formando diques que son un control natural del río. Dichas formaciones son aprovechadas por algunas comunidades indígenas, como es el caso de la Comunidad de Ronda, que ha visto en éstas un aliado, de tal manera que habitan sobre el dique, cultivan en los paleodiques o diques abandonados y pescan en los humedales desarrollados entre ellos.

Pantanos interiores o *backswamps*. Estas formaciones se presentan cuando el río se desborda sobre los diques. Entre Puerto Nariño y Leticia, sobre la margen izquierda del río Amazonas, son bastante abundantes. Entre los más representativos se encuentra el de Isla San José o Comunidad Nazaret, figura 3, el cual presenta una longitud de aproximadamente 300 m y 100 a 150 m de ancho. Además se observan grandes humedales de este tipo en el Parque Nacional Amacayacu donde ha sido preciso construir senderos elevados para los turistas y los mencionados anteriormente en Isla Ronda. La deriva del río hace que con el tiempo estos *backswamps* se conviertan en lagos o pantanos, o simplemente se sequen. En épocas de aguas bajas se facilita la formación de pantanos los cuales pueden secarse total o parcialmente como es el caso del Caño Leticia.

Lagos. Sobre la margen izquierda del río Amazonas se presentan lagos y sistemas de lagos de profundidad variable, entre los que se encuentran los siguientes.

- Lagos de la Armada. Ubicados cerca de la quebrada La Beatriz.
- Lagos dentro de islas. En general pueden asociarse con el crecimiento y desarrollo de las islas que los contienen y a la ruptura, en sitios aislados, de los diques. Quizás el más grande de la zona sea el sistema de lagos de Isla Mocagua conformado por cinco lagos.

- Sistema de Lagos de Yahuaracaca. Conformado por cuatro lagos formados a partir de la deriva del río Amazonas hacia su margen derecha abandonando antiguos canales; este sistema es alimentado tanto por aguas del Amazonas como de la quebrada Yahuaracaca y presenta profundidades hasta de 10 metros. Entre ellos existe una clara diferencia en cuanto al contenido de material en suspensión de sus aguas, de forma que el Lago Yahuaracaca N°1 presenta aguas blancas y el N°4, ubicado al Este del N°1, aguas claras.
- Sistema de Lagos Tarapoto. Estos lagos se encuentran aguas arriba del municipio de Puerto Nariño, son alimentados por el río Loreto Yacu sobre cuya margen derecha se abren y presentan aguas claras aunque este río es de aguas blancas. En estos lagos se midieron profundidades hasta de 25 metros.



FIG 3 *Backswamp* de Isla San José.

Sistema de Islas. Un producto bastante notorio de los procesos sedimentarios son las grandes islas que se encuentran en el tramo estudiado del río Amazonas, figura 4. En general puede suponerse que su origen y evolución son favorecidos por los cambios de nivel del río y por tanto su movilidad. Es precisamente la presencia de estas islas la que le confieren al río Amazonas, en su trayecto entre Iquitos (Perú) y Manaus (Brasil), un patrón de alineamiento anastomosado. En el tramo Puerto Nariño - Leticia, las principales islas son:

Isla Cacao (Perú). Ésta se encuentra localizada frente a la desembocadura del río Loreto Yacu, es la de mayor extensión en el tramo en estudio, aproximadamente 17 Km de largo por 3 Km de ancho (Duque, Santiago, comunicación verbal). Su origen puede relacionarse con barras tributarias, dado el alto contenido de material en suspensión que transporta el Loreto Yacu.

Isla Ronda. Esta isla ubicada frente a la desembocadura del Caño Pichuna y la quebrada La Beatriz no presenta forma hidrodinámica lo cual permite pensar en su estabilidad. Su crecimiento, observado a partir de paleodiques, es hacia la margen izquierda del río distante unos 400 metros.

Isla Rondinha. Isla ubicada al Sur de la Isla Ronda y cuyo origen puede relacionarse con barras alternas. Presenta forma hidrodinámica, es decir que su zona aguas arriba está siendo erosionada y depositada aguas abajo en su "cola" e incluso en las islas Fantasía y Santa Rosa. Este proceso se ve favorecido por la disminución en el ancho del canal que separa la Isla Ronda de la margen izquierda del río, lo que ha ido desviándolo hacia Rondinha.

Isla Fantasía o de Leticia. Localizada frente a Leticia. Su proceso de formación se viene observando durante los últimos 15 a 20 años como producto de barras alternas y el desplazamiento de Isla Ronda. Su presencia es motivo de preocupación por parte de los habitantes de Leticia debido a que se ha convertido en una trampa de sedimentos que promete, en caso de no encontrarse solución, cerrar la zona portuaria actual de esta ciudad. Los registros batimétricos indican un depósito de arena en la zona aguas arriba de ella y que tiende a unir la Isla Fantasía con el sector de La Playa, esto permite suponer que, en un futuro, el Caño Leticia puede convertirse en el Lago Yahuaraca N°5.

CASO DEL PUERTO DE LETICIA.

El caño Leticia, localizado entre Leticia e Isla Fantasía, presenta una longitud aproximada de dos Km comprendidos entre el sector de La Playa y el puerto fluvial de Leticia. La profundidad de este caño, en abril/98, fue de 12 metros y el ancho varía entre los 100 y 150 metros frente al muelle.

El origen de este caño puede asociarse a diferentes aspectos tales como el movimiento lateral de la isla Ronda, y por consiguiente el cierre paulatino del brazo que la separa de la llanura de inundación y la deriva natural del río Amazonas que, en este punto, es hacia su margen derecha.

La ciudad de Leticia fue fundada en el año de 1867 y desde entonces sus pobladores han desarrollado su vida a partir del transporte fluvial. Barcos de diferente calado, transportando mercancía arribaban al puerto flotante de Leticia hasta hace apenas unos años; sin embargo, el caño Leticia está sufriendo un proceso de agradación tal que amenaza con inhabilitar totalmente el muelle. La posibilidad de construcción de otro puerto es un tanto improbable, en vista de que hacia aguas abajo está la ciudad de Tabatinga (Brasil) y aguas arriba, los Lagos Yahuaraca. Además, la adquisición de material de construcción sólo es posible en la región conocida como La Pedrera, a ocho días de navegación, cerca de la confluencia de los ríos Caquetá y Apoporis (ver Geología Regional) en el departamento de Caquetá, lo que eleva los costos de la construcción de nuevas vías de comunicación hacia zonas que permitirían la ubicación de un nuevo muelle.

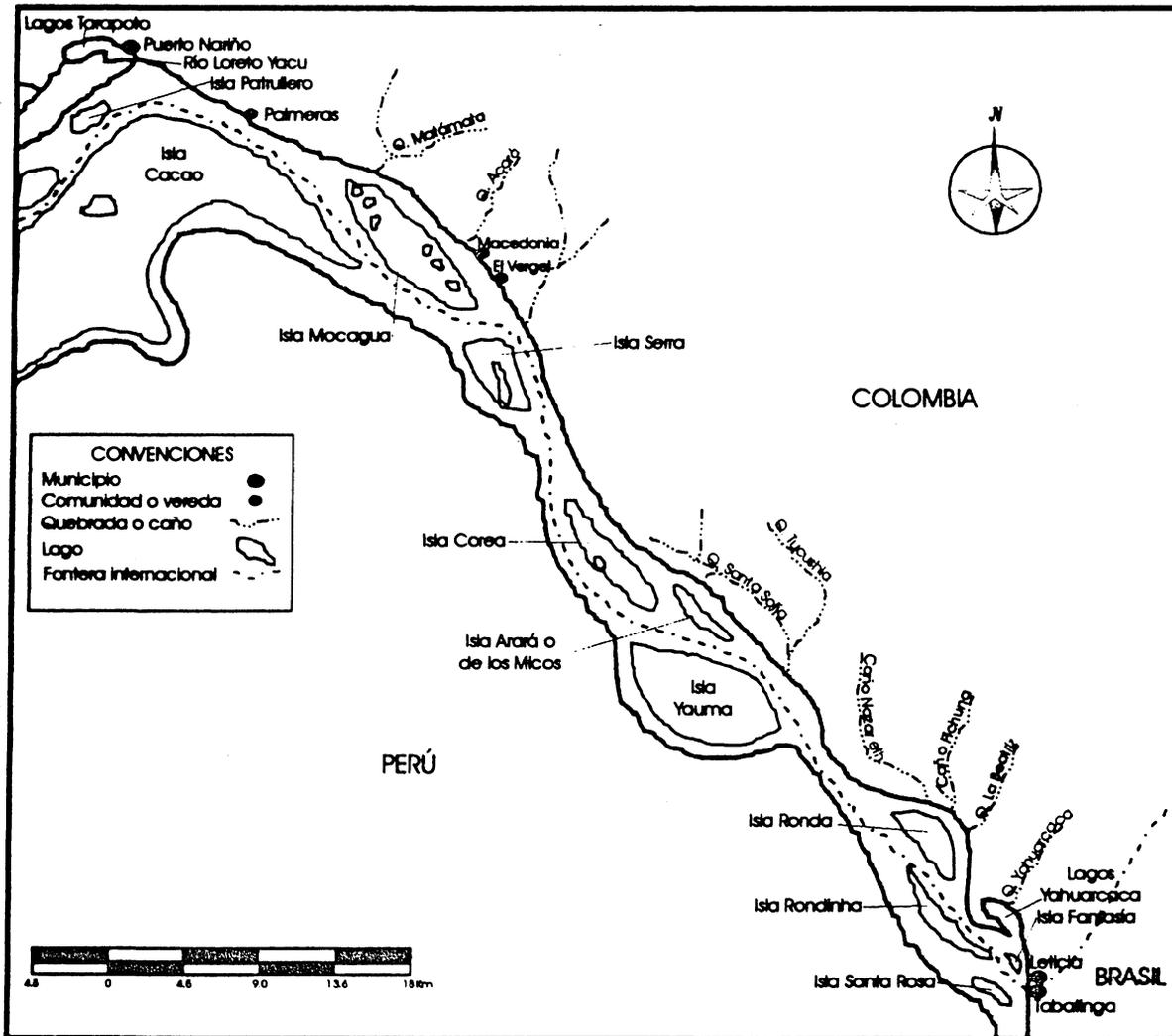


FIG. 4. Mapa de localización

El proceso de agradación es tal que el canal presenta profundidades hasta de 12 metros en aguas altas pero en aguas bajas no alcanza al metro, según información suministrada por los pobladores. En los periodos de aguas bajas, el muelle flotante pierde su calidad (queda apoyado) y esto amenaza con destruirlo totalmente.

El proceso de agradación del caño Leticia se ve favorecido por acciones naturales como son la formación de barras de arena en el lecho hacia el sector de La Playa; la abundancia de gramalote, una gramínea acuática que se convierte en una excelente trampa de sedimentos, a lo largo de todo el canal y, por acciones antrópicas como es la presencia de un navío de la Armada Nacional Colombiana (ARC Riohacha) anclado cerca del puerto a lo ancho del canal propiciando la acumulación de sedimentos.

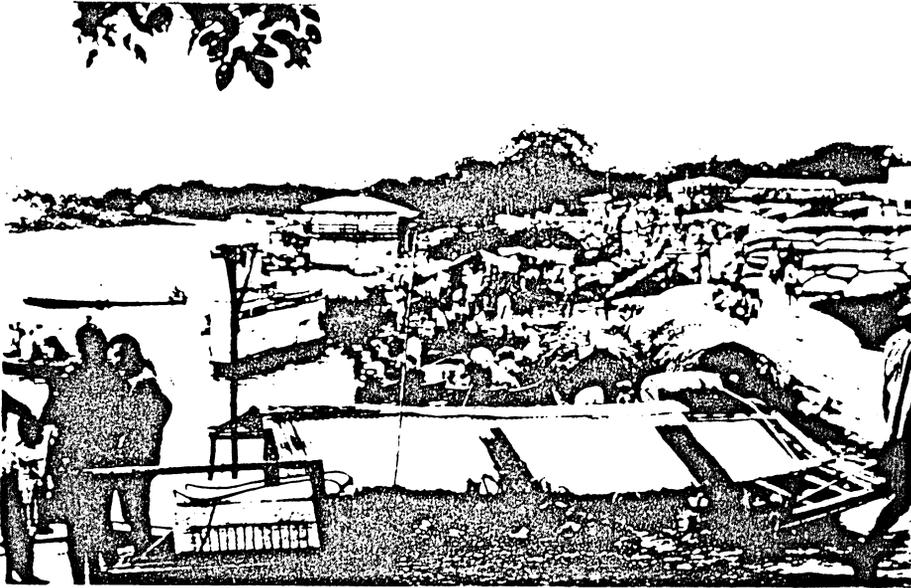


FIG. 5 Diques construidos con bolsacretos en la ciudad Leticia. Fotografia tomada durante el periodo de aguas bajas de diciembre de 1997 por Maria Isabel Marin Ceron.

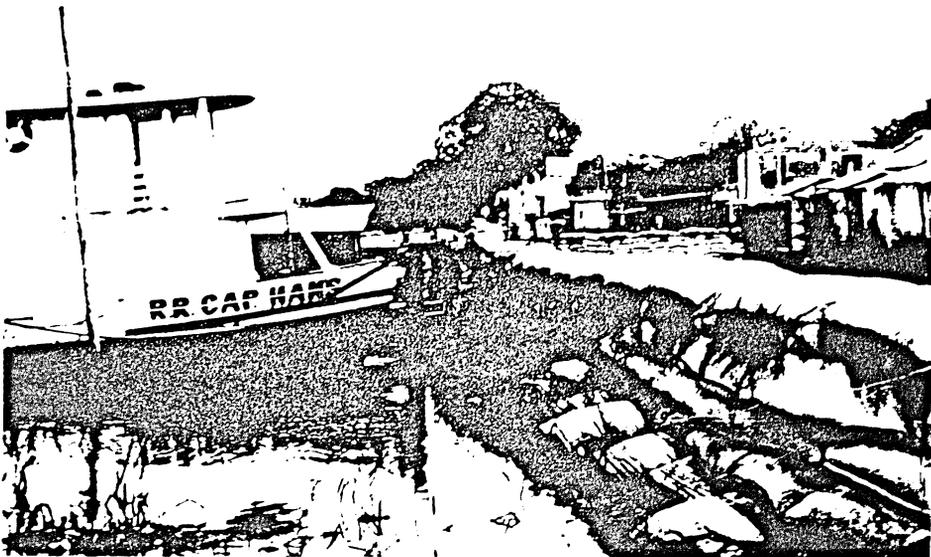


FIG. 6. Muelle de Leticia en aguas altas, fotografia tomada en abril de 1998.

Los diques con bolsacretos son utilizados por los habitantes como vías de acceso. Al comparar las fotografías se observa el cambio en los niveles del río en un periodo de 4 meses.

Soluciones actuales.

En vista del perjuicio que significa la situación, el Gobierno Municipal ha efectuado operaciones de dragado del muelle. El material producto del dragado se deposita detrás de un dique construido con bolsacretos (Figura 5) con la finalidad de reducir la sección transversal del caño y obligar así, a un proceso de degradación en el lecho. La construcción del dique no ha sido eficaz para controlar el problema. La Universidad Nacional de Colombia, Sede Santafé de Bogotá, propuso adecuar, en la zona aguas arriba de Isla Fantasía (margen derecha del caño Leticia), una nueva zona destinada a botadero, limitada con un geotextil que permita el drenaje pero retenga el material, que actúe a la vez como dique y reduzca aun más la sección del canal.

Soluciones propuestas.

Debido a la presencia de brazos e islas y a las características del material del lecho (arena fina limo - arcillosa) el canal del río Amazonas, en la zona colombiana, se clasifica como un canal tipo DA5, de acuerdo con el sistema de clasificación de corrientes propuesto por D. Rosgen (1996). El evidente proceso de sedimentación en Caño Leticia, la movilidad - aunque relativamente lenta - de algunas islas como Ronda y Rondinha y los procesos de erosión en la isla Rondinha, en su cara expuesta a la corriente principal del río Amazonas indican que el tramo no es del todo estable.

Un análisis de la dinámica del río Amazonas en el sector Puerto Nariño - Leticia permite diferenciar dos tramos con comportamiento diferente en el mismo sector:

- Puerto Nariño - El Vergel. En los 22 kilómetros que separan el municipio de Puerto Nariño de la Comunidad El Vergel se observan procesos erosivos sobre las antiguas terrazas del río Amazonas, por lo cual es posible suponer que el río está migrando lateralmente hacia territorio colombiano y abandonando el peruano. Ésta es, quizá, la razón por la cual Isla Cacao se presenta tan cerca de la llanura de inundación peruana, con su brazo derecho tendiendo a cerrarse. Esta región coincide, además, con el cambio brusco de dirección del río en los límites entre Colombia y Perú, hasta antes de Isla Cacao el río posee una dirección preferencial N60°E y aguas abajo de la misma es S48°E lo que indica un ángulo de giro de 78°.
- El Vergel - Leticia. En este tramo de 53 kilómetros las terrazas que venían observándose sobre la margen izquierda se alejan del río dando lugar a una amplia llanura de inundación; en este trayecto sólo se observan afloramientos de las terrazas frente a Isla Ronda, en la desembocadura de la quebrada La Beatriz y luego hasta Leticia. Este hecho, sumado a la disminución en la profundidad del Canal de Leticia, permite afirmar que el río se encuentra desplazándose hacia territorio peruano en este tramo. Es cerca de Leticia que se encuentra la Isla Ronda y en ella es posible observar, como se mencionó anteriormente,

el desplazamiento de los diques hacia la orilla, es decir, que en un futuro esta isla puede pasar a ser parte de la llanura de inundación.

Lo anterior muestra que el proceso de deriva del río en la zona es fuertemente activo y lo está llevando a retirarse hacia la zona peruana, el límite entre ambos países no está definido por la línea de mayor profundidad (thalweg) sino por coordenadas geo-referenciadas. En la zona de Isla Ronda el canal principal ha visto aumentado su caudal dado que se tiene una progresiva disminución en el ancho del brazo que separa la isla de tierra firme. Dicho aumento de caudal está generando procesos de erosión en la orilla izquierda de Isla Rondinha y, dada la baja pendiente y por tanto la baja capacidad del canal para transportar material sólido, el sedimento se deposita casi inmediatamente, coincidiendo con las barras observadas al realizar la batimetría en el sector de La Playa.

A partir de lo observado se proponen tres soluciones así:

Degradación del lecho. Dada la necesidad de evacuar los sedimentos del lecho del caño Leticia se propone, en primer término, forzar la remoción de sedimentos y evitar la formación de barras y bancos de arenas mediante la construcción de una obra de direccionamiento del flujo en Isla Rondinha y hacia el caño Leticia, que permita concentrar el flujo aumentando la capacidad de arrastre del río. Este proceso debe conjugarse con los diques planteados por la propuesta presentada por los ingenieros de la Universidad Nacional de Colombia - Bogotá. Para la época de aguas bajas, esta solución también sería eficaz.

Movilización del puerto. Es necesario hacer un estudio de la dinámica del río, no sólo en la parte colombiana, sino en un tramo amplio especialmente aguas abajo de Leticia y hasta la desembocadura del río Putumayo (Sao Antonio do Iça) para determinar la estabilidad del sector. Por ser Leticia una ciudad fronteriza entre Colombia, Brasil y Perú y por no existir otro polo de desarrollo similar en la frontera, la reubicación del puerto no parece ser la mejor solución, pero no debe desecharse si los procesos de sedimentación muestran ser de gran escala. Se recomienda localizar zonas de posible ubicación del muelle en el caso de que la acción de la deriva obligue a su reubicación.

Relleno hidráulico y desplazamiento del puerto. Incentivar la sedimentación mediante trampas de sedimento y vertimiento de material dragado acelerando el proceso de colmatación del caño Leticia, con el fin de desplazar el muelle hacia la margen derecha de Isla Fantasia donde se tiene la profundidad y espacio suficiente para su construcción.

AGRADECIMIENTOS

Al grupo de estudiantes de Hidráulica Fluvial de la Facultad de Minas (semestre 02 /97) que participaron en esta primera expedición por el río, aportando ideas sobre diferentes aspectos de la dinámica fluvial, socio-culturales y por la recopilación de material bibliográfico existente en el Instituto de Estudios Amazónicos, IMANI, Leticia; en especial al Ing. Santiago Arango por la organización de la expedición. Al Dr. Santiago Duque, Director del Instituto en la época de la visita, quien además de su hospitalidad, ofreció toda su experiencia sobre el río Amazonas, facilitó el uso de los equipos de medición y su biblioteca personal sobre el río Amazonas la

más completa encontrada hasta el momento en Colombia. A los investigadores del IMANI, en especial al Dr. Alan Gwood por su hospitalidad durante los diez días de estadía en el Instituto. Al Profesor César Julio Rodríguez por las anotaciones, correcciones e interés prestado.

REFERENCIAS

Atlas Básico de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1989, Santafé de Bogotá.

DOMÍNGUEZ, Camilo A. La selva oriental colombiana, forma típica de la Amazonía noroeste. Universidad Nacional de Colombia, (notas de clase), Santafé de Bogotá, 1983.

DOMÍNGUEZ, Camilo A. Amazonía Colombiana. Santafé de Bogotá. 1985.

GALVIS, J., HUGUETT, A. y RUGE, P. Geología de la Amazonía Colombiana. En : Boletín Geológico del INGEOMINAS. Vol. XXII, Nº 3 p. 3-86, Santafé de Bogotá 1979.

LLOYD, C.R. y MARQUES, A. de O. Spatial variability of throughfall and stemflow measurements in Amazonian rainforest. En: Agricultural and Forest Meteorology 42(1). 1988, p. 63-73.

MEDINA, E. El futuro de la cuenca Amazónica, Rev. Interciencia Vol. 3, Nº 4. Santafé de Bogotá. 1978

NORDIN, C.F., Jr., MEADE, R.H., MAHONEY, H.A., and DELANEY, B.M.. Particule size of sediments collected from the bed of the Amazon river and its tributaries in june and july 1976, USGS, open file report 77-400, 1977

ROSGEN, Dave. Applied Fluvial Morphology. Wildland Hydrology, Pagosa Springs, Colorado, 1996.