



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA
MAZONIA PERUANA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

**“ANÁLISIS DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN
SUSPENSIÓN EN LOS RÍOS UCAYALI, MARAÑÓN Y EN LA
CONFLUENCIA DEL AMAZONAS, LORETO, PERÚ, 2014”**

TÉSIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

Presentado por:

KAREN PATRICIA GARCÍA ANGULO

Bachiller en Gestión Ambiental

PROMOCIÓN 2014

IQUITOS – PERÚ

2015



UNAP

**FACULTAD DE AGRONOMIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
EN GESTION AMBIENTAL**



ACTA DE SUSTENTACIÓN

En Iquitos, a los 26 días del mes de SEPTIEMBRE del dos mil quince, a horas 12:00 M. el Jurado designado por la Escuela de Formación Profesional, intergrado por los Señores Miembros que a continuación se indica:

- | | |
|--|-------------------|
| Ing. JORGE AQUILES VARGAS FASABI, M.Sc. | PRESIDENTE |
| Ing. RONALD YALTA VEGA, M.Sc. | MIEMBRO |
| Ing. JORGE ENRIQUE BARDALES MANRIQUE, M.Sc. | MIEMBRO |

Se constituyeron en el Auditorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, para escuchar la sustentación de la Tesis titulada: **“ANÁLISIS DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN EN LOS RÍOS UCAYALI, MARAÑÓN Y EN LA CONFLUENCIA DEL AMAZONAS, LORETO, PERÚ, 2014”**, presentado por la Bachiller en Gestión Ambiental **KAREN PATRICIA GARCÍA ANGULO**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN GESTION AMBIENTAL** que otorga la Universidad de acuerdo a Ley y Estatuto.

Después de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: A SATISFACCION

El Jurado después de las deliberaciones correspondientes en privado, llegó a las siguientes conclusiones:

La Tesis ha sido APROBADO POR UNANIMIDAD

Siendo las 13:30 P.M. se dio por terminado el acto FELICITANDO a la sustentante por su trabajo.


Ing. JORGE AQUILES VARGAS FASABI, M.Sc.
Presidente


Ing. RONALD YALTA VEGA, M.Sc.
Miembro


Ing. JORGE E. BARDALES MANRIQUE, M.Sc.
Miembro

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA
FACULTAD DE AGRONOMIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN GESTIÓN AMBIENTAL

Tesis aprobada en sustentación pública el día 26 de Setiembre del 2015, por el jurado Ad-Hoc nombrado por la Escuela Profesional de Ingeniería en Gestión Ambiental, para optar el título de:

INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

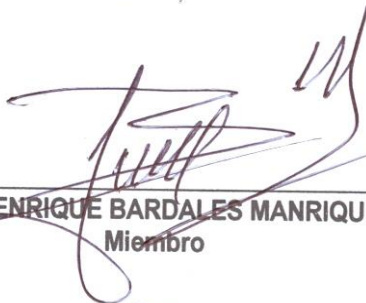
JURADO:



Ing. JORGE AQUILES VARGAS FASABI, M.Sc.
Presidente



Ing. RONALD YALTA VEGA, M.Sc.
Miembro



Ing. JORGE ENRIQUE BARDALES MANRIQUE, M.Sc.
Miembro



Ing. JUAN LUIS ROMERO VILLACREZ, M.Sc.
Asesor



Ing. DARVIN NAVARRO TORRES, Dr.
Decano



DEDICATORIA

A Dios nuestro Padre celestial, por conducirme por el camino correcto, con inteligencia, sabiduría, tolerancia, perseverancia, y como guía en La culminación de mi carrera profesional.

A mis Padres: Rubita y Wilson por confiar en mi y brindarme el amor y cariño que me motivó a esforzarme con esmero y dedicación, para sortear las dificultades y cumplir con la meta trazada.

Con mucho cariño: A mis abuelos

AGRADECIMIENTO

A los Docentes de la Facultad de Agronomía, de la Escuela de Ingeniería en Gestión Ambiental, por motivarme e inculcarme a los estudios, y brindarme los conocimientos que fortalecieron mi desempeño académico y personal. Al personal administrativo que labora en la Facultad por su colaboración desinteresada.

A todas aquellas personas que confiaron en mí; mis amigos y compañeros que compartieron momentos gratos y difíciles que se nos presenta en la vida, durante los años de estudios en la Universidad, por su comprensión y su apoyo incondicional.

A todo el personal del Servicio de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú, oficiales, técnicos y personal civil que pertenecen a ésta institución, por brindarme su colaboración desinteresada en la consecución del presente trabajo.

A Dn. **Jorge Abad Cueva Dr.**, por confiar en mí, y brindarme su apoyo incondicional para plantear el trabajo de investigación, por su inquietud en conocer la complejidad de los ríos amazónicos y del mundo, para generar conocimiento para el desarrollo de la humanidad.

Al Dn. **Juan Luis Romero Villacrez. MSc.**, mi asesor, por brindarme el asesoramiento adecuado en el planeamiento y ejecución del estudio.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA3

AGRADECIMIENTO4

INDICE GENERAL5

INDICE DE CUADROS7

INDICE DE GRÁFICOS7

FOTOS8

INDICE DE ANEXOS9

INTRODUCCIÓN8

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA10

1.1 DEFINICION DEL PROBLEMA12

1.2 HIPÓTESIS13

1.3 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES13

1.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE: (X)13

1.3.1 VARIABLE DEPENDIENTE: (Y)13

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN14

1.1.1 OBJETIVOS GENERALES14

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

CAPITULO II: METODOLOGÍA

2.1 MATERIALES

2.2 MÉTODOS

2.2.1 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

2.2.2 TIPOS DE INVESTIGACIÓN

2.2.3 DISEÑO

2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

2.3.1 POBLACIÓN

2.3.2 MUESTRA

2.3.3 UBICACIÓN DEL ESTUDIO

CAPÍTULO III: REVISION DE LITERATURA

3.1 MARCO TEÓRICO

3.2 MARCO CONCEPTUAL

CAPITULO IV. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

5.2 RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

INDICE DE CUADROS

Pág.

CUADRO N° 1. MUESTRAS VERTICALES DE SEDIMENTOS DE LOS RÍOS MARAÑÓN, UCAYALI Y AMAZONAS.

CUADRO N° 2. MUESTRAS DE SEDIMENTOS SUSPENDIDOS DE LOS RÍOS MARAÑÓN, UCAYALI Y AMAZONAS

CUADRO N° 3. CANTIDAD DE SEDIMENTOS EN (g) OBTENIDOS EN LABORATORIO. RIO MARAÑÓN

CUADRO N° 4. CANTIDAD DE SEDIMENTOS EN (g) OBTENIDOS EN LABORATORIO. RIO UCAYALI

CUADRO N° 5. CANTIDAD DE SEDIMENTOS EN (g) OBTENIDOS EN LABORATORIO. RIO AMAZONAS

CUADRO N° 6. CÁLCULO DEL CAUDAL DE LÍQUIDOS (m^3/s) Y CAUDAL DE SÓLIDOS ($t/día$) QUE TRANSPORTAN LOS RÍOS MARAÑÓN, UCAYALI Y AMAZONAS

INDICE DE GRÁFICOS

Pág.

GRÁFICO 1. TOTAL DE SEDIMENTOS DE TRES SECCIONES VERTICALES DEL RÍO MARAÑÓN

GRÁFICO 2. TOTAL DE SEDIMENTOS (G) DE LA SECCIÓN VERTICAL IZQUIERDA DEL RÍO MARAÑÓN

GRÁFICO 3. TOTAL DE SEDIMENTOS (G) DE LA SECCIÓN VERTICAL CENTRO DEL RÍO MARAÑÓN

GRÁFICO 4. TOTAL DE SEDIMENTOS (G) DE LA SECCIÓN VERTICAL DERECHA DEL RÍO MARAÑÓN

GRÁFICO 5. PESO PROMEDIO DE SEDIMENTOS (G) DE LAS TRES SECCIONES VERTICALES DEL RÍO MARAÑÓN

GRÁFICO 6. SEDIMENTOS OBTENIDOS POR PUNTO DE MUESTREO (EN PORCENTAJE), RÍO MARAÑÓN

GRÁFICO 7. TOTAL DE SEDIMENTOS DE TRES SECCIONES VERTICALES DEL RÍO UCAYALI

GRÁFICO 8. TOTAL DE SEDIMENTOS (G) DE LA SECCIÓN VERTICAL IZQUIERDA DEL RÍO UCAYALI

GRÁFICO 9. TOTAL DE SEDIMENTOS (G) DE LA SECCIÓN VERTICAL CENTRO DEL RÍO UCAYALI

GRÁFICO 10. TOTAL DE SEDIMENTOS (G) DE LA SECCIÓN VERTICAL DERECHA DEL RÍO UCAYALI

GRÁFICO 11. PESO PROMEDIO DE SEDIMENTOS (G) DE LAS TRES SECCIONES VERTICALES DEL RÍO UCAYALI

GRÁFICO 12. SEDIMENTOS OBTENIDOS POR PUNTO DE MUESTREO (EN PORCENTAJE), RÍO UCAYALI

GRÁFICO 13. TOTAL DE SEDIMENTOS DE TRES SECCIONES VERTICALES DEL RÍO AMAZONAS

GRÁFICO 14. TOTAL DE SEDIMENTOS (G) DE LA SECCIÓN VERTICAL IZQUIERDA DEL RÍO AMAZONAS

GRÁFICO 15. TOTAL DE SEDIMENTOS (G) DE LA SECCIÓN VERTICAL CENTRO DEL RÍO AMAZONAS

GRÁFICO 16. TOTAL DE SEDIMENTOS (G) DE LA SECCIÓN VERTICAL DERECHA DEL RÍO AMAZONAS

GRÁFICO 17. PESO PROMEDIO DE SEDIMENTOS (G) DE LAS TRES SECCIONES VERTICALES DEL RÍO AMAZONAS

GRÁFICO 18. SEDIMENTOS OBTENIDOS POR PUNTO DE MUESTREO (EN PORCENTAJE), RÍO AMAZONAS

GRÁFICO 19. TOTAL DEL CAUDAL DE LÍQUIDOS (M^3/S) Y CAUDAL DE SÓLIDOS (T/DÍA) SEDIMENTOS OBTENIDOS POR PUNTO DE MUESTREO (EN PORCENTAJE), RÍO AMAZONAS

INDICE DE FOTOS

Pág.

FOTO 1. Instalación de la botella Niskin para la obtención del sedimento en suspensión

FOTO 2. Personal fijando en el fondo de lecho el peso muerto

FOTO 3. Investigadores transfiriendo el volumen de líquido con sedimentos a los envases de plásticos.

FOTO 4. Muestras recolectadas de las secciones verticales de los ríos en estudio

INDICE DE IMÁGENES

Fig. 1. Mapa de ubicación de los puntos en el río Marañón

Fig. 2. Mapa de ubicación de los puntos en el río Ucayali

Fig. 3. Mapa de ubicación de los puntos en el río Amazonas

Fig. 4. Tipos de transporte de sedimentos (**Maza, J.A. 1987**)

Fig. 5. Patrones morfológicos típicos de ríos **Niño (2 004)**.

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. DATOS PROCESADOS DE MUESTRAS DE LAS SECCIONES VERTICALES DE LOS RÍOS MARAÑÓN, UCAYALI Y AMAZONAS

ANEXO 2. RESUMEN DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN DE TRES SECCIONES VERTICALES DE LOS RÍOS MARAÑÓN, UCAYALI Y AMAZONAS

INTRODUCCIÓN

Los ríos amazónicos especialmente el Ucayali y el Marañón se unen para formar el Amazonas, en el noreste peruano, los mismos que se caracterizan por presentar una fuerte dinámica fluvial que tiene un ambiente extenso sobre el medio ambiente abiótico y biótico, para el transporte de fluido y sedimentos suspendidos. Los ríos son sistemas naturales dinámicos y complejos. Su función principal es el transporte de agua, sedimentos, nutrientes y seres vivos.

Al referirnos a la carga de sedimentos que transportan los ríos (principalmente arena y limo) que se vierte a los ríos desde el exterior tiene su origen en situaciones tan dispares como la formación de montañas o glaciares, el vulcanismo o los usos de la tierra que aceleran la pérdida de suelo (erosión), los mismos que su vez transportados en grandes cantidades los recodos y meandros se vuelven más sinuosos.

En efecto, precisamente el funcionamiento dinámico de los ríos, su actividad continua, genera un valor adicional valioso a los sistemas naturales, su complejidad dificulta la gestión de los recursos hídricos y ha llevado a obras de contención o de fijación enormemente impactantes en los ecosistemas fluviales y en la propia dinámica hidromorfológica.

Los ríos amazónicos cumplen función importante en la vida del poblador ribereño y en todos los componentes bióticos y abióticos, que se interrelacionan entre sí, para complementarse y correlacionarse mutuamente, generando formas de vida en los ecosistemas acuáticos y

terrestres, entre ellos la formación de várzeas, complejo de orillales, entre otros. Sin embargo, la dinámica, la hidromorfología de los ríos generan muchos cambios por erosión, migración, sedimentación, cambios en los cauces, los mismos que alteran ciclos biológicos de especies endémicas.

Así, el presente trabajo de investigación preliminar, pretende generar conocimiento, despertar el interés por el estudio en el comportamiento de los ríos amazónicos, a fin de estudiar y cuantificar los sedimentos que transportan los ríos Marañón, Ucayali y Amazonas. Asimismo, determinar si el Ucayali o Marañón aportan mayor cantidad de sedimentos al río Amazonas, y, cuál de estos ríos aporta más material sólido que líquido.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 PROBLEMA, HIPÓTESIS Y VARIABLES

1.1.1 Descripción del problema

El río Amazonas considerado el río más caudaloso del mundo, cuyo origen es Andino, se forma en la confluencia de los ríos Ucayali y Marañón, cerca de la localidad de Nauta. Estos dos ríos amazónicos, transportan “aguas blancas” o “turbientas”, transportan sedimentos; (agua cargada de limos de los Andes y de los piedemontes) y los ríos más pequeños de “aguas negras” (agua de lluvia con alto contenido de ácidos orgánicos), que drenan de las áreas pantanosas. Es necesario resaltar que la Amazonia Peruana, mayormente son terrazas bajas de origen aluvial y de mayor fertilidad, corresponde a una superficie aproximada de 3'278,500.0 ha, y representa el 2,55% de la extensión territorial del país (ONERN 1982). En la várzea, los ríos constituyen el más importante componente en la infraestructura de ambientes, ya que los ríos de aguas blancas ricos en sedimentos contribuyen considerablemente en la superficie inundada (Junk, 1984; Salo et al., 1986). La várzea amazónica es de formación relativamente reciente, y los suelos sedimentados como las playas y barreales son típicamente fértiles con alto contenido de nutrientes valiosos y sometidos a nuevas contribuciones periódicas, **(Junk, 1984, Räsänen et al., 1987, 1982; Irion, 1989, Räsänen 1993; Irion et al., 1997)**.

Estas formaciones recientes, que van acumulando sedimentos en inundaciones periódicas, tienen mucha importancia, en lo que se refiere a la geomorfología, cambios en la dinámica fluvial, en las actividades del poblador amazónico, hábitats de especies ícticas, vegetación sucesional, por las mismas características de los sedimentos, y por ello que se hace necesario

estudiar para cuantificar y caracterizar los mismos procedentes de estos dos ríos (Ucayali y Marañón) para formar el río Amazonas.

Según algunas referencias, el movimiento de los sedimentos puede darse de dos mecanismos diferentes: por escorrentía superficial sobre la cuenca de drenaje, y por el trabajo del agua en los cauces. La mayor parte del agua que llevan de las corrientes se origina como escurrimiento, el cual al moverse sobre su superficie produce erosión de los materiales de las pendientes laterales del río y dan origen a parte del material que es transportado por el cauce.

Anteriormente, para la cuantificación de los sedimentos era necesario contar y utilizar mayor logística (materiales y costos) para las mediciones, hoy en día existen nuevas técnicas que permite contar con mediciones del transporte de estos materiales (sedimentos) en forma sistemática y precisa, utilizando técnicas o métodos estandarizados y accesibles, de un modo tal que su implementación no vuelva inviable la sistematización en términos de procesamiento de la información y de costos asociados.

Es por ello que se hace necesario, cuantificar la información de las concentraciones de sedimento en suspensión, y para ello existen equipos que permiten realizar mediciones con la embarcación en movimiento y con una alta resolución espacial y temporal, que nos permitirán entender el comportamiento de los materiales transportados por el río y conocer cómo se mezclan estos dos ríos, cual es la longitud de mezcla; como esta zona de confluencia afecta la dinámica original del río Amazonas, y con las muestras obtenidas determinar cuál de estos dos ríos aporta más material sólido que líquido.

a) Definición del problema

De acuerdo a los procesos de conceptualización nos planteamos la siguiente interrogante de investigación, ¿Cómo influye el transporte en la caracterización de los sedimentos de la confluencia de los ríos Ucayali - Marañón, en Nauta. Loreto, 2014?

1.1.1 Hipótesis

El estudio del transporte y la caracterización de los sedimentos de la confluencia de los ríos Ucayali y Marañón, nos permitirán entender el comportamiento, mezcla, dinámica original y cuantificación de los materiales sólidos y líquidos que estos ríos conducen.

1.1.2 Identificación de las variables

1.1.3.1 Variable independiente (X)

X1: Transporte de sedimentos

1.1.3.2 Variable dependiente (Y)

Y1: Caracterización de los sedimentos

1.1.3 Operacionalización de las variables

Variables	Indicadores	Índices
<u>Independiente</u> Transporte de Sedimentos	-Partículas en suspensión - Velocidad del caudal - Tamaño de partículas - Volumen de sedimentos - Sedimentos por columnas de agua.	% de Arena % de Limo % Arcilla Peso Peso
<u>Dependiente</u> Caracterización de los sedimentos	Análisis Físico -Análisis Granulométrico -Densidad	% de Arena % de Limo % Arcilla

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Objetivo general

- Evaluar y cuantificar los sedimentos transportados por la confluencia de los ríos Ucayali y Marañón en Loreto, Nauta en el año 2014.
- Determinar las características físicas de los materiales transportados por los ríos de la confluencia Ucayali y Marañón en Loreto, Nauta en el año 2014.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar los sedimentos que transportan los ríos Ucayali y Marañón.
- Entender el comportamiento de los materiales transportados por los ríos Ucayali y Marañón, para formar el río Amazonas.
- Determinar cuál de los ríos de la confluencia aporta más material sólido que líquido.

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La finalidad del presente estudio a realizarse en la Provincia de Nauta, específicamente en la confluencia de los ríos Ucayali y Marañón, es cuantificar y caracterizar los sedimentos que se transporta en el cauce, en las columnas de agua, además determinar los materiales en suspensión; asimismo, conocer cuál es la longitud de mezcla de estos dos ríos, y cómo influye en la dinámica original del río Amazonas, que hace que cambie la geomorfología, el ecosistema acuático, medio de vida y reproducción de especies ícticas.

Los ríos de la Amazonia Peruana transportan sedimentos no determinados actualmente, que dan formaciones a ecosistema de várzea, que se forman por sedimentación, y albergan especies por sucesión vegetal, asimismo dan origen a playas y barreales, donde los ribereños desarrollan un tipo de agricultura mediante métodos tradicionales y de subsistencia.

La necesidad de cuantificar y caracterizar los sedimentos transportados por los ríos Ucayali y Marañón, para formar el Amazonas, se hace posible hoy en día, por la utilización de tecnología

moderna a través de los ADCP (Perfiladores de Corriente Acústica Doppler), el cual mide el transporte de sedimentos en forma sistemática y precisa, no solo realiza la medición de caudales, velocidad de la corriente, sino que es una potencial herramienta para obtener información cuantitativa de las concentraciones de sedimento en suspensión, a través del análisis de la intensidad de señal de retorno o backscatter. Una de ellas se basa en el uso de ecuaciones de la teoría acústica que describen la propagación del sonido en agua (**Holdaway et al, 1999; Thorne y Hanes, 2002**; entre otros).

Es por ello se hace necesario poder establecer cuál de estos dos ríos aporta mayor cantidad de sedimentos, si genera cambios en la dinámica fluvial del río Amazonas, que hace muchas veces que los procesos ecológicos varíen, se alteren los hábitats, de los recursos naturales, y se producen cambios en las actividades que realiza el poblador amazónico, muchas originando migraciones de los pueblos por impactos negativos que se presentan a través del cambio de cauce de los ríos amazónicos.

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1 MATERIALES

2.1.1 Ubicación

El área de estudio se desarrolló en el Departamento de Loreto, Provincia de Loreto, Distrito Nauta, específicamente entre la confluencia del río Amazonas, con los ríos Ucayali y Marañón. Dentro de las coordenadas geográficas 04°26'26" latitud Sur y 73°26'50" longitud Oeste. Limita al norte con la comunidad de Hipólito Unanue, al Sur, con la Reserva Nacional Pacaya Samiria y Marañón, al Este con el pueblo Mariscal Ramón Castilla y al oeste con el poblado Payorote.

2.1.2 Ecología

ONERN (1 991), considera ecológicamente a la zona de estudio como Bosque Húmedo Tropical (bh-T).

En relación con los diagramas bioclimáticos para la clasificación de zonas de vida en el mundo, elaborado por L.R. Holdridge para la región latitudinal tropical, se aprecia que la zona de vida Bosque húmedo tropical (bh-T) pertenece a la región latitudinal tropical, al piso altitudinal basal y a la provincia de humedad húmedo; su promedio de precipitación total por año está entre 2000 y 4000 mm. y la relación de evapotranspiración potencial esta entre 0.50 y 1.00. La estación invernal no es muy marcada y se caracteriza por un nivel de precipitación pluvial y temperatura ligeramente igual a la de las otras estaciones, además posee una levada humedad relativa la cual fluctúa entre 80 – 88%, (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

2.1.3 Geología

La zona de estudio desde el punto de vista morfo-estructural constituye parte de una depresión estructural, cuyos bordes están limitados por los ríos Marañón y Ucayali y que abarca toda la llamada Reserva Nacional Pacaya Samiria. Esta depresión, denominada “Depresión Ucamara”, abarca una secuencia estratigráfica cuyo orden de sucesión geocronológica comprende depósitos fluviales, fluvio-aluviales y aluviales, pertenecientes al Cuaternario, los que se encuentran recubriendo en la zona de la Reserva a bloques estructurales precretáceos limitados por fallas (horts y gravens), así como a pliegues y fallas del basamento precretáceo.

2.1.3.1 Geología del cuaternario

Está constituido por un conjunto de sedimentos aluviales, fluviales y fluvio-aluviales que recubren toda la zona de estudio, presentándose en mayor proporción los sedimentos fluvio-aluviales y fluviales; las características de estos depósitos, de la base al tope, son las siguientes:

a. Depósitos aluviales

Se le denomina también formación corrientes, afloran únicamente en la margen izquierda del río Marañón, fuera de la zona de estudio, pero han sido considerados por su implicancia en el aspecto de geología estructural.

Se observa en los alrededores de la ciudad de Nauta, margen occidental de la isla Gran Punta (localidades de San Jacinto y Oriental), alrededores de San Antonio y Miraflores, así como en las cercanías de la desembocadura del río Tigre en el Marañón y áreas vecinas. Forman terrazas medias en Nauta, San Jacinto y Oriental, así como terrazas bajas en San Antonio, Miraflores y cercanías del río Tigre. Estos depósitos están constituidos principalmente por arenas compactas gris y gris blanquizas, arcillas pardo marrones y gris marrones, limos de características similares a las arcillas y localmente lentes de gravas finas.

b. Depósitos fluvio-aluviales

Se le denomina formación Ucayali y afloran en la parte central de la zona de estudio, en la parte interna, en áreas vecinas a las quebradas Yanayacu y Yanayacu del Pucate, estando bordeados por los depósitos fluviales reciente inundables (islas, playones, explayamientos, orillares y meandros abandonados que ocupan ambas márgenes del río Ucayali y margen derecha del Marañón)-

Estos depósitos fluvio-aluviales forman las llamadas terrazas, tanto medias como bajas, que ocupan una de las áreas más grandes de la zona de estudio; como terrazas medias afloran en la margen derecha del río Ucayali, entre Jenaro Herrera y Bagazán y como terrazas bajas inundables en ambas márgenes del canal de Puinahua y en la parte central de la zona de estudio.

Estos depósitos están constituidos litológicamente por arenas, limos y arcillas, predominando esta última en mayor proporción, estando constituidos por sedimentos de color marrón y marrón rojizo, siendo más compactos en las áreas de terrazas medias; en algunas terrazas, se observa intercalaciones de arcillas marrones y arenas blancas, aunque en otras áreas se aprecia arenas grises y gris blanquizas.

Se ha determinado la existencia de dos tipos de **depósitos fluviales**, denominados **fluvial reciente** y **fluvio-hidromórficos**.

➤ Depósitos fluvio-recientes. Son conjuntamente con los depósitos fluvio-aluviales los que más abundan en la zona de estudio; afloran principalmente en ambas márgenes del río Ucayali y en la margen derecha del río Marañón, constituyendo las unidades fisiográficas denominadas orillares, islas, playones, meandros, diques, etc., todos ellos de características inundables.

Litológicamente, estos depósitos están constituidos por limos, arenas de grano fino y arcillas, formando materiales inconsolidados que presentan mucho retrabajamiento por las sucesivas inundaciones de los ríos.

- ✓ Depósitos fluvio-hidromórficos. Son áreas depresionadas constituidas por limos, restos de plantas y materia orgánica, de espesor variable, y con problemas de drenaje de moderados a muy fuertes, que presentan un colchón de agua variable, debajo de los depósitos superficiales, así como nivel de agua subterránea alta. Las dimensiones que presentan son variables, dependiendo ello del volumen de precipitación y la crecencia de los ríos, lo que permite a través de los años la entrada de las aguas y la oxigenación respectiva. Se presentan en el sector central, en áreas vecinas a las quebradas Yanayacu y Yanayacu del Pucate, así como entre la isla Samiria, Shapajilla y Santa Isabel, todas ellas en la margen derecha del río Marañón.

2.1.3.2 Geología estructural

El análisis de las fotografías aéreas, como de los mosaicos aerofotográficos, fotocartas, imágenes de satélite, así como del patrón de drenaje, ha permitido reconocer la existencia de una serie de fallas, principalmente en el área del río Ucayali, así como en el río Marañón, aunque existen también otras dos fallas en el área del río Ucayali, en áreas vecinas a Requena (río Tapiche) y Jenaro Herrera.

a. Fallamiento en el área del río Marañón

- ✓ Falla Nauta. Está situada en la margen izquierda del río Marañón, a la altura de la localidad de Nauta, de donde toma su nombre; pone en contacto depósitos aluviales de la formación Corrientes (margen izquierda) con orillares (margen derecha) y se ubica sobre un estirón del río Marañón. Presenta rumbo N47°E y una extensión cerca de 25 km. de largo.
- ✓ Falla Las Palmas. Ubicado en la margen izquierda del río Marañón, en un estirón del río, aguas arriba y a continuación de la falla Nauta, entre las localidades de Las Palmas (de donde deriva el nombre), José Olaya, 9 de Octubre y San Antonio; pone en contacto

sedimentos de la formación Pebas (colinas del Terciario) en la margen izquierda, con depósitos fluvio-recientes (orillares) por la margen derecha. Presenta un rumbo N81°E y una extensión aproximada de 12.5 km.

- ✓ Falla San Regis. Presenta un rumbo N°70W. Se ubica en la margen izquierda del río Marañón; entre San Regis y San Jacinto, pone en contacto sedimentos de la Formación Pebas (colinas del terciario) con depósitos aluviales de la formación Corrientes y, aguas arriba de José Olaya, pone en contacto la formación Pebas con orillares fluvio-recientes. Presenta una extensión aproximada de 18 km.

b. Fallamiento en el área del río Ucayali

- Falla Yucuruchi. Se ubica en el último estirón del río Ucayali, en la margen derecha, a la altura de las localidades de Yucuruchi (de donde toma su nombre) y Libertad – San José; se encuentra entre orillares fluvio recientes. Presenta un rumbo N°40E y una extensión aproximada de 16 km de largo.
- Falla San Antonio. Está ubicada en la margen derecha del río Ucayali, en un estirón del río, aguas debajo de la localidad de Requena, a la altura de la localidad de San Antonio; presenta un rumbo N44°E, y una extensión de 8 km. Pone en contacto depósitos fluvio recientes del cuaternario (margen izquierda) con rocas de la formación Pebas del Terciario (margen derecha).
- Falla Yanallpa. Se presenta en la margen izquierda del río Ucayali, en un estirón del río, aguas debajo de la falla San Antonio, a la altura de las localidades de Santa Rosa y Yanallpa, de donde toma su nombre. Tiene un rumbo N10°W y una extensión aproximada de 15 km. Esta falla es responsable del alineamiento del meandro y corta en la parte superior y media, depósitos fluvio-recientes del Cuaternario; en la parte inferior corta rocas de la Formación Pebas.

- Falla Tapiche. Se encuentra cerca del pueblo de Requena, en el último estirón del río Tapiche; tiene un rumbo aproximado N20°W y 17.5 km de largo. Pone en contacto en la parte norte a sedimentos de la formación Ucayali (margen izquierda) con depósitos fluvio recientes; en la parte central a sedimentos de la formación Ucayali con la formación Pebas y en la parte sur se encuentra en rocas pertenecientes a esta formación del terciario. Esta falla en la parte sur se apoya en el borde oriental del meandro Yarina, en la margen derecha del río Tapiche.
- Falla Jenaro Herrera. Se ubica en las proximidades de la localidad de Jenaro Herrera, aguas abajo; es una falla ligeramente curva, que parte del río Ucayali con rumbo N45-50E. En la primer aparte corta sedimentos de la formación Ucayali y después pone en contacto rocas de la formación Pebas (borde derecho) con sedimentos fluvio-aluviales de la formación Ucayali.

2.1.4 Geomorfología

Para los efectos del estudio geomorfológico se han tomado en cuenta los siguientes parámetros: unidades geomorfológicas y geomorfología dinámica, los que se han estudiado en base a un análisis foto interpretativo.

✓ Unidades Geomorfológicas

En base al estudio efectuado, ha sido posible reconocer la existencia de las siguientes cinco unidades geomorfológicas:

- Área inundable por los ríos Ucayali, Marañón y Canal de Puinahua.
- Área de terrazas bajas inundables
- Áreas de terrazas altas no inundables
- Área hidromórfica
- Área de colinas

✓ **Área inundable por los ríos Ucayali, Marañón y Canal de Puinahua.**

Comprende las áreas de islas, playones, explayamientos, diques, complejos de orillares (recientes, subrecientes y antiguos) y meandros abandonados, formados por procesos de sedimentación en la llanura de inundación, por acción de las aguas que se desbordan del cauce del río en las épocas de avenida.

Esta área inundable presenta un gran desarrollo en ambas márgenes del río Ucayali en la zona de estudio, especialmente de complejos de orillares, los que se van ampliando cada vez más en las áreas vecinas a la confluencia de los ríos Ucayali y Marañón. En el área del río Marañón, el área inundable se presenta casi únicamente en la margen derecha, especialmente entre las localidades de Alianza, San Ramón, Nuevo Miraflores y Pampa Hermosa, aguas debajo de esta localidad, especialmente entre San Jacinto, isla Gran Punta y 20 de enero, aflora en ambas márgenes; por debajo de José Olaya lo hace solamente por la margen derecha debido a que por la margen izquierda, por acción de varias fallas afloran sedimentos de la formación Pebas (colinas del terciario).

En el área del canal de Puinahua, se observan pequeños sectores de áreas inundables, principalmente en la margen izquierda a la altura de las localidades de San Pedro y Manco Cápac, y en ambas márgenes a la altura de Urarinas, en todos estos sectores aparecen complejos de orillares subrecientes, salvo en el sector de Uraninas en que se observan también meandros abandonados en la margen derecha.

✓ **Área de terrazas bajas inundables**

Comprende las áreas que constituían el anterior nivel superior de los ríos Ucayali y Marañón que quedaron más elevadas cuando ambos ríos, en épocas anteriores de grandes avenidas, erosionaron verticalmente hacia los bordes izquierdos (Marañón) y derechos (Ucayali), pasando a discurrir estos ríos en un nuevo nivel inferior.

Esta unidad geomorfológica aparece principalmente en el sector central inferior de la zona de estudio, entre los ríos Marañón y Ucayali, así como en la margen izquierda del río Ucayali, entre Puerto Loreto y Nuevo San Juan; en sectores de la margen izquierda del Canal de Puinahua y entre la margen izquierda del Ucayali y la derecha de la quebrada Zapoteyacu. Asimismo, en la margen derecha del río Marañón, aguas arriba de la localidad de Libertad, y en la margen izquierda del mismo río, entre Libertad y San Regis.

Estas terrazas bajas se caracterizan por ser inundables en los periodos de creciente normal.

✓ **Áreas de terrazas altas no inundables**

Comprende las terrazas de segundo nivel; es decir, las terrazas de nivel superior a las terrazas bajas inundables, las primeras en formarse. Presentan alturas variables entre 6 y 8 m., lo que las hace no inundables para las crecientes normales.

Esta unidad geomorfológica aparece principalmente en el sector central superior de la zona de estudio, entre los ríos Marañón y Ucayali; en menor proporción, aparecen en ambas márgenes del canal de Puinahua, así como en la margen derecha del río Ucayali, tras las áreas inundables y en un pequeño sector del río Marañón, a la altura de la localidad de 23 de junio.

✓ **Área hidromórfica**

Comprenden las áreas depresionadas estacionalmente cubiertas con agua, presentan materia orgánica medio descompuesta y agua turbia por lo general; se caracterizan por presentar alto nivel de agua subterránea, base arcillosa y problemas de mal drenaje.

Presentan fases marcadas en su evolución, observándose así en forma general sectores centrales cubiertos, permanentemente con agua y que presentan solo bosque ralo, compuesto por vegetación acuática y especies arbustivas y áreas circunvecinas, en fases menores de inundabilidad, con vegetación que se hace cada vez más alta y más densa., en donde se desarrollan especies resistentes a la inundación.

Sus dimensiones son variables, dependiendo del volumen de precipitación y de la creciente de los ríos. Se les observa tanto en las terrazas bajas como en las medias, presentando sus mayores desarrollos en estas últimas.

✓ Área de colinas

Se caracteriza por presentar una morfología fuertemente ondulada, con alturas variables entre 30 y 50 m de altura. Se han formado durante la última etapa del plegamiento de la Cordillera de los Andes y han sufrido la acción subsecuente de la erosión fluvial; involucran sedimentos principalmente arcillosos.

Afloran principalmente en la margen izquierda del río Marañón, entre San Regis y Nauta, así como en la margen derecha del Ucayali, entre Requena y Santa Rosa.

2.2 MÉTODOS

La metodología para la estimación del transporte de sedimentos, de las tres zonas (Ucayali, Marañón y Amazonas), donde se obtuvo 9 muestras por cada punto de muestreo, con la ayuda de una botella Niskin (tipo de botella muy utilizada para tomar muestras de agua, normalmente para estudios oceanográficos), ver Fig. 1, el cual fue acoplado a un Sistema de Posicionamiento Global, en forma diferencial a tiempo real, el cual provee el posicionamiento de la embarcación con errores menores a 2 cm en la horizontal.



FOTO 1. Instalación de la botella Niskin para la obtención del sedimento en suspensión.

2.2.1 Muestras

2.2.1.1 Río Marañón

Se tomó muestras de sedimento sólido en suspensión en nueve puntos de muestreo en el río Marañón, las cuales fueron vertidas en botellas de plástico, y codificadas según referencia, para su posterior procesamiento.

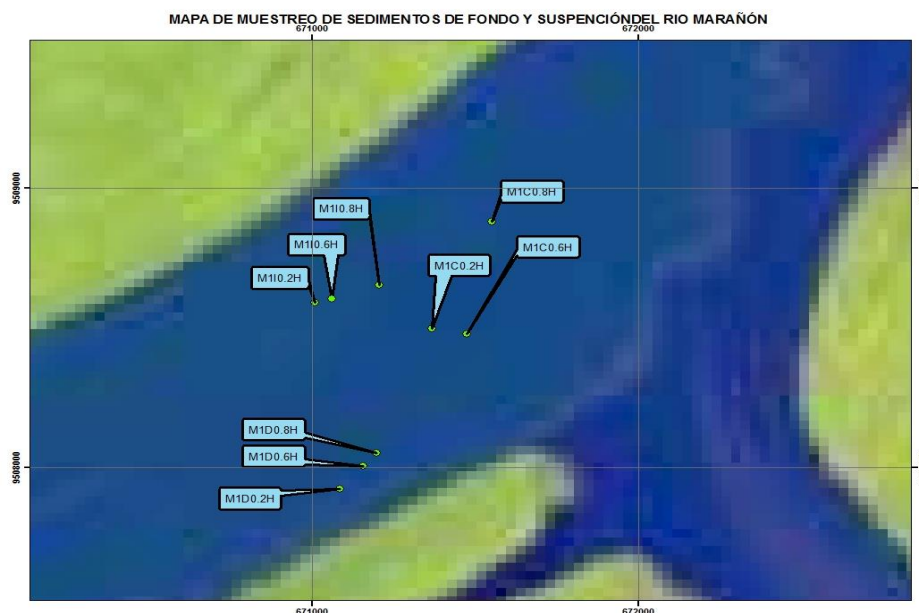


Fig. 1. Mapa de ubicación de los puntos en el río Marañón

2.2.1.2 Río Ucayali

Del mismo modo, se repitió el procedimiento anterior, para el cual se tomó muestras de sedimento sólido en suspensión en nueve puntos de muestreo en el río Ucayali, las cuales fueron vertidas en botellas de plástico, y codificadas según referencia, para su posterior procesamiento.

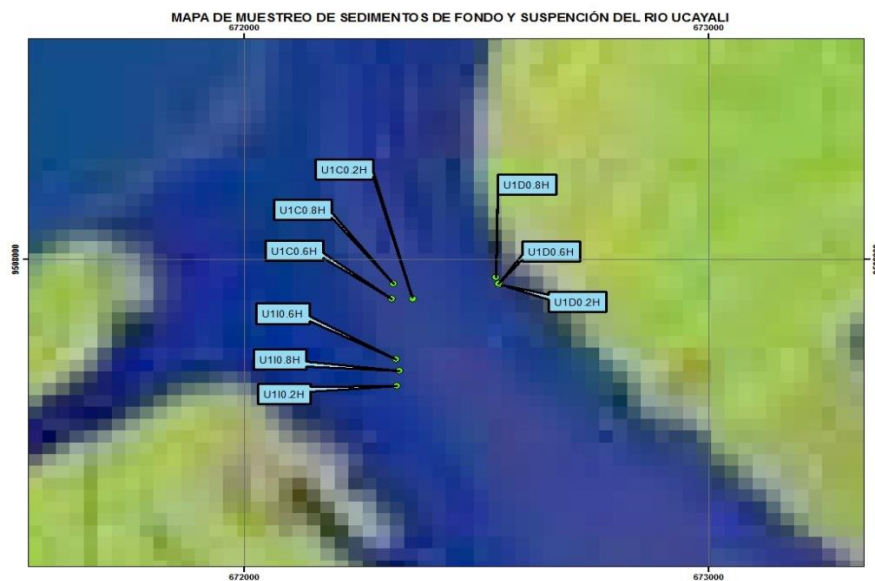


Fig. 2. Mapa de ubicación de los puntos en el río Ucayali

2.2.1.3 Río Amazonas

Luego de obtener las muestras en los ríos Marañón y Ucayali, se repitió el procedimiento anterior, para el cual se tomó muestras de sedimento sólido en suspensión en nueve puntos de muestreo en el río Amazonas, las cuales fueron vertidas en botellas de plástico, y codificadas según referencia.

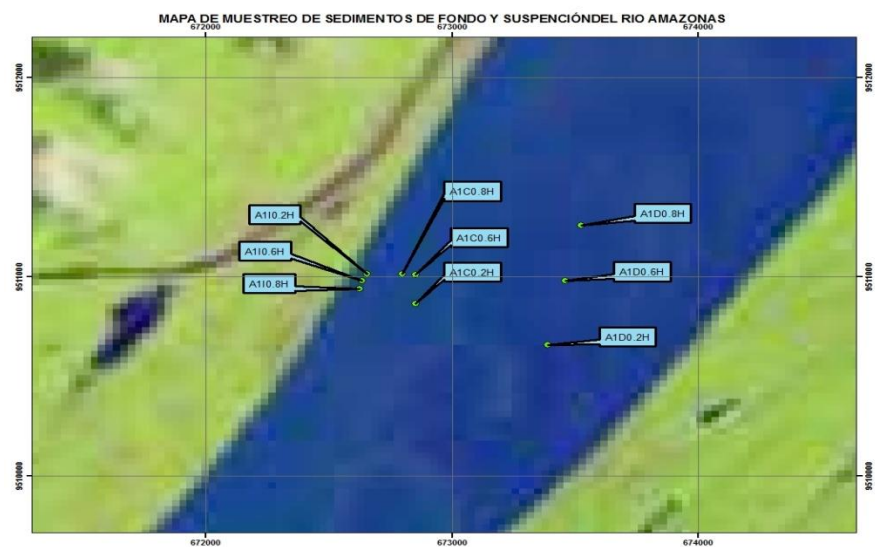


Fig. 3. Mapa de ubicación de los puntos en el río Amazonas

2.2.2 Técnicas de Muestreo

Para el presente estudio se utilizó el muestreo aleatorio simple, para ello se identificaron 9 puntos de muestreo en cada río (Marañón, Ucayali, Amazonas), los cuales fueron representativos, a fin de obtener muestras de sedimentos en suspensión de cada uno de los ríos.

Etapas del estudio

1. Fase Gabinete: En el Servicio de Hidrografía y Navegación, se diseñó el estudio para efectuar el análisis de transporte de sedimentos en los ríos Marañón, Ucayali y Amazonas, donde se elaboraron los mapas de cada zona con sus respectivos puntos.
2. Toma de muestras: Las muestras se recogieron en los nueve puntos de muestreo de los ríos en estudio, el 25 de Octubre del 2014. Para ello, un día antes se trasladaron hasta Nauta las embarcaciones Hidro 177 (EHI 177) y la Hidro V, del Servicio de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú, equipadas con los equipos para efectuar la toma de muestras in situ. Luego de realizar las calibraciones de los equipos se procedió a efectuar las mediciones a fin de tomar las muestras de sedimentos suspendidos con ayuda de la botella Niskin (la misma que estuvo sujeta a un peso muestro para lograr el fondeo de la misma). Este procedimiento consistió en tomar muestras de sedimento sólido en suspensión en 3 zonas hidráulicamente diferentes que son Marañón, Ucayali y Amazonas con el fin de abarcar el mayor rango de concentraciones posible.



FOTO 2. Personal fijando en el fondo de lecho el peso muerto

El contenido de dicha botella, se trasvasó hacia un envase de 3 litros de capacidad, cuyo procedimiento se repitió para cada uno de los puntos en estudio por río (27 muestras en total).



FOTO 3. Investigadores transfiriendo el volumen de líquido con sedimentos a los envases de plásticos.

La botella Niskin (muestreador) tiene una capacidad de 3 litros, por lo que fue necesario verter el contenido hacia otro envase de la misma capacidad; de tal modo, que no se pierda el contenido de las muestras obtenidas y el análisis pueda dar resultados más exactos.



FOTO 4. Muestras recolectadas de las secciones verticales de los ríos en estudio

3. Fase Laboratorio:

Las muestras recolectadas obtenidas de los tres ríos muestreados (27 muestras) debidamente codificadas fueron enviadas al laboratorio. Las 27 muestras fueron dejadas en reposo por 25 días en las instalaciones del Servicio Nacional de Hidrografía, a fin de que la suspensión puedan estar en reposo; después de ese tiempo, cuando los sólidos se sedimentaron, se decantó la mayor cantidad de líquido, para que de esta manera se pudiera tener mayor concentración de los sedimentos de la suspensión y enviar las muestras al laboratorio del CIRNA (Centro de Investigación de Recursos Naturales de la Amazonía).

Para el análisis de las muestras de sedimento de fondo se aplicó el método de tamizado utilizando los tamices de apertura de 1mm, 600 μm , 500 μm , 180 μm , y <180 μm . Las muestras de sedimento en suspensión fueron procesadas, en primer lugar, separando el material correspondiente a la carga de lavado (limos y arcillas) y del fondo (arenas) por tamizado húmedo para luego, previa evaporación y secado, realizar el cómputo de las concentraciones en el volumen de muestra tomado.

2.2.3 Diseño y estadística a emplear

Para efecto del análisis de los datos obtenidos a partir del muestreo y de los datos del laboratorio, se hizo a través de la estadística descriptiva, en base a datos cuali-cuantitativos, analizando la distribución de los datos, mediante la media, porcentajes.

CAPÍTULO III

REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 MARCO TEÓRICO

3.1.1 Los ríos amazónicos

La selva baja de la Amazonía peruana abarca alrededor de 680,000 km² (**Dourojeanni, 1990**), en esta área, los ríos constituyen la más importante infraestructura así como los llanos inundables significando más del 12% de la superficie total, (**Salo et al., 1986**). Estos ríos son ricos en sedimentos, los cuales originan de los dos anteriormente mencionados.

Así mismo **Encarnación (1993)**, indica que los bosques son una manifestación de la diversidad biológica, presentan cierta similitud en relación al clima, así para condiciones de suelos inundables los clasifica como Clase II, bosque bajal, sub clase A. diferenciables en bosques. **Irmiler (1977)**. 1. Expuesto al flujo de agua blanca; tahuampas, pungales, arenales, barriales, restingas. 2. Expuestas a aguas negras.

3.1.1.1 Descripción del río Marañón

El río Marañón tiene sus nacientes al sud este del departamento de Huánuco, en la provincia de Dos de Mayo, en el nevado de Yarupa (5,800 msnm), en la cordillera de Raura y al confluir con el río Ucayali forma el río Amazonas.

Se divide en alto Marañón, desde sus nacientes hasta el pongo de Manseriche y bajo Marañón o Marañón propiamente dicho, desde la salida del pongo (Borja) hasta su confluencia con el río Ucayali.

Desde sus nacientes hasta la confluencia con el río Ucayali tiene una longitud aproximada de 1,800 km. (972 millas náuticas); la extensión del bajo Marañón es de aproximadamente 787 km. (425 millas náuticas).

A partir del Pongo de Manseriche, el río Marañón penetra en la selva baja donde inicia su curso bajo discurriendo por un lecho meándrico, tomando una dirección general de oeste a este.

En este sector recibe afluentes por ambas márgenes, que incrementan su caudal de manera notable, hasta su confluencia con el río Ucayali

A partir del poblado de Borja el río Marañón es caudaloso y ancho, con lecho de rocas y piedras de regular dimensión, cascajo y riveras rocosas; desde la desembocadura del río Morona hasta la desembocadura del río Pastaza el lecho es de arena y cascajo, y a partir de este punto hasta la confluencia del río Ucayali su lecho es arenoso.

Presenta terrenos bajos e inundables en la margen derecha y relativamente alta en la margen izquierda.

La época de creciente ocurre entre los meses de noviembre a mayo, siendo la máxima creciente de marzo a mayo. La época de vaciante se presenta entre los meses de junio y octubre, llegando a su máxima de agosto a octubre. La amplitud máxima es de 8.5 mts.

El río Marañón es navegable durante todo el año, por embarcaciones de hasta 4 pies de calado. En época de creciente se puede navegar con buques de hasta 8 pies de calado. La navegación nocturna se debe efectuar con todas las precauciones de calado, se debe tener cuidado con las nieblas que se forman en las madrugadas.

3.1.1.2 Descripción del río Ucayali

El río Ucayali, que conjuntamente con el río Marañón forman el río Amazonas, se origina de la confluencia de los ríos Urubamba y Tambo; por la naturaleza de su fondo, se divide en alto Ucayali, desde sus inicios hasta la boca del Pachitea y en bajo Ucayali desde la boca del río Pachitea hasta la confluencia con el Marañón.

Su longitud total es de 842 millas; es un río caudaloso de curso sinuoso con numerosas islas. Tiene una dirección generalizada de Sur a Norte y su ancho varía entre 430 y 1,075 m.

Sus aguas son de color sepia y su velocidad promedio es de 3 nudos, llegando a 8 nudos en creciente en el Alto Ucayali.

El Alto Ucayali está caracterizado por lo torrencioso de sus aguas, cuya intensidad en creciente fluctúa entre 4 y 8 nudos, su lecho es de arena desde la boca del Pachitea hasta el poblado de Bolognesi, desde este lugar aguas arriba el lecho es pedregoso, con playas de cascajo y piedras hasta la confluencia de los ríos Tambo y Urubamba.

El Bajo Ucayali comienza después que recibe las aguas del río Pachitea por la margen izquierda. Su caudal se incrementa en forma notable y penetra en la Selva Baja, donde discurre con una velocidad de 4 nudos en época de creciente; en época de vaciante se forman grandes playas en los sectores convexos de los meandros convirtiéndose en campos agrícolas.

El río Ucayali en su mayor parte está constituido por riberas bajas e inundables sin embargo existen riberas altas (Requena, Orellana, Pucallpa, Masisea en el bajo Ucayali, Iparia, Cumaría, el Pozo y el Alto Ucayali).

3.1.1.3 Descripción del río Amazonas

El río Amazonas se forma de la confluencia de los ríos Marañón y Ucayali. El sabio Raimondi llegó a la conclusión que el Marañón entrega mayor cantidad de volumen de aguas, aunque el Ucayali es de mayor longitud.

Tiene una longitud de 3, 762 km (2,031.3 millas náuticas) hasta la desembocadura en el Océano Atlántico de los cuales 570 km (307.7 millas náuticas) bañan el territorio peruano.

Su curso es predominantemente hacia el este, con amplios meandros y numerosas islas, su cauce varía entre los 1,000 y 4,000 metros en el territorio peruano, con riberas bajas e inundables en creciente, excepto algunas zonas de riberas altas donde se ubican normalmente los asentamientos humanos. Su lecho está constituido mayormente por material tipo fango y arena fina, con menor proporción de arcilla.

La profundidad de sus aguas varía como en todo río de acuerdo al ancho entre sus orillas. En territorio peruano oscila entre 10 y 30 metros, más abajo tienen de 75 a 100 metros.

Sus principales afluentes son el Napo por la margen izquierda a 41 millas aguas debajo de Iquitos, el Yavarí por la margen derecha a 270 millas de Iquitos y el Putumayo, a 472.3 millas por la margen izquierda, ya en territorio brasileiro.

La creciente se inicia generalmente, al igual que en los ríos Marañón y Ucayali, en el mes de Octubre y dura hasta fines de Marzo, llegando a su máxima en los meses de Enero y Febrero. La vaciante siguiendo las fluctuaciones de sus formadores, comienza en el mes de Abril, llegando a ser su máxima en los meses de Julio y Agosto, durando hasta el mes de Setiembre.

El río Amazonas no presenta ningún problema de navegación en épocas de máxima creciente ha sido surcado por buques de 28 pies de calado desde Belén do Para hasta Iquitos.

3.1.1 Transporte de sedimentos

El movimiento de los sedimentos se puede dar mediante dos mecanismos diferentes: escorrentía superficial sobre la cuenca de drenaje y trabajo del agua en los cauces.

Los estudios sobre transporte de sedimentos se hacen con diferentes propósitos, entre ellos:

- Calibración de coeficientes de rugosidad con datos de aforos y levantamientos topográficos.
- Evaluación de capacidad de transporte líquido y sólido de los cauces, detallando características de los sedimentos.
- Calibración de modelos de transporte para definir zonas de agradación, degradación o equilibrio.
- Descripción de la dinámica fluvial de los cauces, caracterización de material de arrastre y suspensión, perfiles de flujo para diferentes caudales, capacidad de transporte líquido y sólido.

a. Transporte de sedimentos por escorrentía superficial

Se origina por escurrimiento y proviene de las laderas vecinas, el cual produce erosión de los materiales de las pendientes laterales de un río, y dan origen a parte del material que es transportado por el cauce.

El escurrimiento o escorrentía superficial, que fluye como una lámina de agua, o en canales someros muy juntos entre sí, llamados arroyuelos o cárcavas, es algunas veces suficientemente poderoso para vencer la resistencia del suelo a la erosión y transportar una gran cantidad de material pendiente abajo hacia los cauces de los ríos.

Cuando el sedimento del lecho es de granulometría no uniforme, la definición y determinación de la condición de arrastre incipiente se hace más compleja. En primer lugar, es necesario definirla fracción granulométrica para la cual se desea determinar la condición de arrastre incipiente.

Además, la presencia de granos de sedimento de distinto tamaño induce fenómenos de naturaleza no lineal, que implican que la condición de arrastre incipiente de una partícula en un lecho de partículas de igual tamaño es distinta de aquella de la misma partícula rodeada de partículas de diferente tamaño.

b. Transporte de sedimentos en cauces naturales

El área total que es cubierta por los cauces de las corrientes es sólo una proporción muy pequeña de la superficie total del terreno drenado por tales corrientes (puede ser $< 1\%$), pero sin embargo, los mecanismos de transporte de sedimentos en el cauce son los más destacados.

El agua que fluye a lo largo de los cauces de los ríos realiza varios trabajos: a) erosiona el cauce del río, profundizándolo y/o ampliándolo; b) transporta sedimentos, y c) deposita sedimentos.

Muchas de estas actividades dependen de la energía cinética de la corriente, y ésta, a su vez, depende de la cantidad de agua, de la forma y tipo de cauce y del gradiente de la corriente.

Una corriente gasta su energía de varias maneras: la mayor parte se consume en la fricción del agua sobre el cauce y entre partículas del fluido; la energía de la corriente que queda para la erosión y transporte del material es relativamente escasa. La depositación tiene lugar cuando disminuye la energía y la corriente no puede mover por más tiempo el material que ha estado trasladando. El material que una corriente levanta directamente de su propio cauce (o que es aportado por la escorrentía de las laderas, por sus tributarios o por los movimientos en masa) se mueve corriente abajo hacia su meta final, el océano. Tres clases de materiales se distinguen en un cauce natural considerando únicamente la resistencia que ofrecen a ser transportados por una corriente: materiales no cohesivos o granulares, materiales cohesivos y rocas.

El material granular está formado por partículas sueltas. La fuerza que un líquido debe hacer para mover las partículas en función del peso de cada partícula y del coeficiente de fricción interna. El material cohesivo está formado de partículas muy pequeñas que ofrecen resistencia al flujo de agua. Se necesitan velocidades de corriente más altas para erosionar partículas más pequeñas del tamaño de la arcilla y limo ya que la fuerza de cohesión que impide el transporte de las partículas por una corriente es considerablemente mayor que el peso de la partícula, pero una vez que esta fuerza es vencida, la partícula se puede comportar como si fuera granular y es transportada fácilmente en suspensión debido a su peso y tamaño reducidos. El material rocoso usualmente no es movido o erodado por una corriente de agua durante el tiempo de vida de una estructura, el cual puede comportarse como granular si está fracturado y la energía del flujo es muy alta.

1. Degradación del cauce

Los materiales se degradan en diferentes tiempos: suelos granulares sueltos se erosionan rápidamente mientras que en los suelos arcillosos son más resistentes. Sin embargo, la degradación final de suelos cohesivos o cementados puede ser tan profunda como la de suelos arenosos, variando el tiempo en el cual se produce. Por ej., bajo condiciones de flujo constante, la degradación máxima se alcanza en horas para suelos arenosos, en tanto que puede tardar días en suelos cohesivos, meses en depósitos glaciales, piedras areniscas y pizarras, años en piedra caliza y siglos en rocas tipo granito. Es posible que varias crecientes se requieran para que se produzcan las máximas pérdidas del material, especialmente en suelos cohesivos.

La interacción entre el flujo y el material aluvial ha sido más ampliamente estudiada debido a que es el caso más frecuente asociado con problemas en la hidráulica de los ríos.

Los sedimentos tienen su origen en el lecho, en las laderas del río y en la cuenca hidrográfica. Una corriente puede transportar material de tres maneras: 1) en solución, 2) en suspensión y 3) por carga de fondo. Debido al proceso de transporte, el sedimento presente en una determinada sección del canal, en un momento dado ha experimentado cambios en cuanto a su forma, tamaño y distribución de tamaños, esos cambios se deben principalmente a los fenómenos de abrasión y al de selección hidráulica.

- **Abrasión:** es la reducción en tamaño de las partículas de sedimento por acción mecánica, tal como: impacto, deslizamiento, frotación (fricción), rotación, salto, suspensión intermitente o continua (dependiendo de la intensidad del flujo).

- **Selección o clasificación hidráulica:** consiste en el agrupamiento, por acción del flujo, de las partículas de sedimento que responden al flujo en una manera similar; al mismo tiempo, en la separación de aquellas partículas que respondan al flujo en una forma diferente.

2. Mecanismos de transporte

Los mecanismos de transporte: solución, suspensión y carga de lecho.

➤ **Solución:**

En la naturaleza ningún agua es completamente pura; cuando cae el agua y se filtra en el terreno, disuelve algunos de los componentes del suelo, después el agua puede infiltrarse a través de las aberturas, poros y grietas de la roca y disolver materiales a medida que se mueve. Gran parte de esta agua encuentra su camino hacia las corrientes, ubicadas a niveles inferiores. La cantidad de materia disuelta varía con el clima, la estación y la ubicación geológica y se mide en términos de partes de materia disuelta por millón de partes de agua (ppm).

➤ **Suspensión:**

Las partículas de materia sólida que son barridas por la corriente turbulenta de un río constituyen el material en suspensión, cuyo proceso de transporte está controlado por dos factores: la turbulencia del agua y la velocidad de caída de cada grano individual. La velocidad de caída es la relación que eventualmente alcanza un grano cuando la aceleración causada por la gravedad se equilibra con la resistencia del fluido a través del cual está cayendo el grano, el cual aumenta con el tamaño de partícula, suponiendo que su forma general y densidad permanecen iguales; cuanto más grande sea una partícula más turbulento deberá ser el flujo que se necesita para mantenerla en suspensión; y puesto que la turbulencia aumenta con la velocidad de flujo, resulta que la cantidad más grande de material es movida durante la época de avenidas, es decir, cuando las velocidades y la turbulencia son mayores, de manera que solamente en unas cuantas horas o muy pocos días durante la época de inundaciones, una corriente transporta más material que durante períodos de flujo bajo o normal mucho más largos.

➤ **Carga de lecho:**

Los materiales que se mueven a lo largo del fondo de una corriente constituyen la carga de lecho de dicha corriente, en contraste con la carga suspendida y la carga en solución.

Las partículas de la carga de lecho se mueven hacia delante de 3 maneras: por saltación, rodamiento y deslizamiento. Una partícula transportada por saltación brinca de un punto a otro lecho de la corriente; primero levantada por una corriente de agua turbulenta y despedida hacia adelante; a continuación, si es demasiado pesada para mantenerse en suspensión, cae otravez al fondo en algún sitio, corriente abajo. Algunas partículas son excesivamente grandes y pesadas para ser levantadas, aún momentáneamente, por la corriente; pero pueden ser empujadas y llevadas a lo largo del lecho de la corriente y, de acuerdo con su forma, moverse hacia adelante, ya sea por rodamiento o deslizamiento.

Las partículas se mueven generalmente rodando o deslizando unas sobre otras a velocidades bajas; sin embargo cuando las velocidades aumentan, arenas e incluso gravas pueden ser transportadas en suspensión.

3. Depositación

Al referirse al tema, en cuanto la velocidad de la corriente disminuye por debajo por debajo del punto necesario para mantener en suspensión, comienza la corriente a depositar su carga suspendida, el cual se da en forma selectiva, por el cual primero, se asientan los materiales más gruesos; después, a medida que la velocidad (y en consecuencia la energía) continúa debilitándose, se van asentando materiales cada vez más finos. Los sedimentos del medio fluvial, presentan características diversas, según la zona en que se hayan depositado, de manera que unos representan la acumulación en el canal, otros, la

que tuvo lugar en sus márgenes y también existen otros sedimentos correspondientes a zonas alejadas del cauce.

b.1 Distribución del transporte de sedimentos

El transporte de sedimentos desde el punto de vista de la hidráulica fluvial se puede clasificar en dos grandes grupos de acuerdo con su origen: *carga de lecho* y *carga lavada* (ver Figura 1). La principal diferencia entre el uno y el otro es que la carga de lecho depende de las características físicas de los materiales, en tanto que la carga lavada depende más de las condiciones de la cuenca hidrográfica. La carga de material de lecho del cauce puede ser transportada sobre el fondo del río o en suspensión en toda la columna de agua; la carga lavada, corresponde al material más fino, usualmente arcillas y limos, con origen en la cuenca, o bien, pueden provenir de la erosión que el mismo río produce en sus márgenes, el cual puede ser transportado en suspensión la mayor parte del tiempo, excepto en zonas de aguas tranquilas como embalses donde el material muy fino puede sedimentarse.

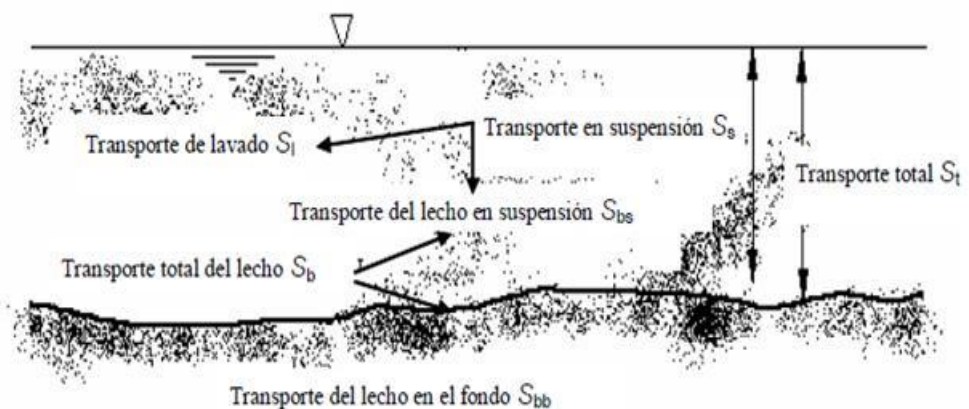


Fig. 4. Tipos de transporte de sedimentos (Maza, J.A. 1987)

- **Transporte del lecho total o carga del material de fondo (S_b).** Los sedimentos tienen origen en el lecho del cauce y pueden ser transportados como carga de lecho

de fondo (S_{bb}), o como carga de lecho suspendida (S_{bs}). La carga de lecho es generalmente granular tipo piedras, gravas, y arenas.

- **Transporte de lecho en el fondo o carga de fondo (S_{bb}).** Es el material de lecho ya sea por deslizamiento, rodamiento o saltación, y tiene un espesor aproximado igual a dos veces el diámetro de la partícula considerada. La carga de lecho en el fondo varía entre el 5% y 25% de la carga en suspensión, aunque pueda representar porcentajes mayores en materiales gruesos.
- **Transporte del lecho en suspensión o carga en suspensión (S_{bs}).** Es el material del lecho que es transportado en suspensión por el flujo de agua. El líquido levanta partículas debido a su velocidad y turbulencia. Las partículas se mantienen en suspensión hasta que caen nuevamente al cesar las condiciones de velocidad y turbulencia.
- **Transporte de lavado (S_l).** Estos sedimentos tienen su origen por erosión en la cuenca hidrográfica y eventualmente en las laderas del cauce, el cual proviene de aguas arriba y no es representativo del sedimento en el fondo del cauce. La carga lavada está formada por partículas muy finas especialmente limo y arcillas que son mantenidas fácilmente en suspensión y no intervienen en el proceso de agradación y degradación del río. Solo en zonas de velocidades muy bajas como embalses, las partículas pueden sedimentarse. Sin embargo, dado que la velocidad de sedimentación es muy inferior a las fuerzas ascendentes debidas a la turbulencia del fluido, la carga lavada depende básicamente de la erosión y condiciones geológicas e hidroclimatológicas de la cuenca y no del caudal del río. (Recuperado de internet: http://artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/T_TRANSPORTE_SEDIMENTOS.pdf)

3.1.2 Mecánica del transporte de sedimentos

Si las condiciones de escurrimiento en un canal aluvial superan la condición umbral de arrastre entonces el fluido es capaz de inducir el transporte generalizado del sedimento del lecho. Este transporte se puede clasificar en, al menos, dos modos: transporte de fondo y transporte en suspensión. En forma general puede definirse el transporte de fondo como aquel durante el cual las partículas de sedimento transportadas por el flujo se mantienen en frecuente contacto con el lecho.

Transporte en suspensión, en contraste, es aquel durante el cual las partículas de sedimento son difundidas en la totalidad de la columna de agua, teniendo un infrecuente contacto con el lecho. Esta distinción entre modos de transporte es bastante subjetiva, sin embargo, en la práctica, ella resulta ser menos problemática, dado que el transporte de fondo está asociado a sedimento relativamente grueso (en el rango de arenas hacia arriba), en tanto el transporte en suspensión se relaciona con sedimento fino (desde arenas finas hacia abajo). Ello porque si bien, en principio, cualquier partícula podría ser puesta en suspensión (independientemente de su tamaño) si el escurrimiento tiene suficiente capacidad de arrastre, en la práctica dicha capacidad es limitada en cauces naturales a los rangos antes indicados, según, **Niño (2004)**.

Los sedimentos que son transportados por el lecho de los ríos, es posible determinar hoy en día, y se hace muy necesario estudiarlos, ya que en los ríos de “aguas turbias” o “aguas blancas” como el Ucayali, Marañón y Amazonas, cuyo origen es andino, son los que transportan gran cantidad de sedimentos. **Latosinski F, et al (2011)**, desarrollaron un estudio en el río Paraná, para estimar la concentración y el transporte de sedimentos de fondo en suspensión, utilizando el Perfilador Acústico Doppler. Afirman que, el sedimento transportado en la columna de agua, ya sea proveniente del fondo del cauce (material grueso) o de su cuenca de aporte (material fino), impacta directamente en el comportamiento del río, su hábitat y en los aprovechamientos que de él se hacen. Puede pensarse, por ej., en la colmatación de embalses, problemas de sedimentación en zonas portuarias y en los denominados “pasos críticos” de navegación fluvial que requieren continuos dragados de mantenimiento. Añaden que es bien conocido que el material grueso del

cauce transportado por el fondo o en suspensión es el principal agente modelador de su morfología, de aquí la importancia de conocer los procesos gobernantes y cuantificar en forma precisa el transporte de este material.

Los métodos tradicionales para la cuantificación del transporte de sedimento utilizados hasta hoy día, requieren que la embarcación permanezca anclada en verticales seleccionadas a lo largo de una sección transversal del río para así producir el muestreo del sedimento y las características del flujo (velocidades). Estos métodos, si bien han demostrado ser precisos para dicha cuantificación, requieren tiempos prolongados de medición, procesamiento en laboratorio de las muestras y elevados costos, además de obtener una baja resolución espacial del fenómeno.

Se desprende la necesidad de contar con mediciones del transporte de sedimentos en forma sistemática y precisa, a través de técnicas o métodos estandarizados y accesibles, de un modo tal que su implementación no vuelva inviable la sistematización en términos de procesamiento de la información y de costos asociados. Por ejemplo, en un gran río como el Paraná (así como en la mayor parte de los grandes ríos del mundo) se presenta una escasez de este tipo de información, destacándose aforos sólidos aislados en el tiempo y espacio, y sólo sistemáticos en pocas estaciones de aforo, realizados por organismos estatales y privados. Este fenómeno hace que los estudios para cuantificar el transporte de sedimento requieran de metodologías de estimación como los que se presentan en **Alarcón et al, (2003)**.

Latosinski F, et al (2011), la tecnología acústica Doppler (en particular los perfiladores de corriente acústicos Doppler –ADCP), utilizada en los últimos años para medir caudales y velocidad del agua, ha sido reconocida también como una potencial herramienta para obtener información cuantitativa de las concentraciones de sedimento en suspensión, a través del análisis de la intensidad de la señal de retorno ó backscatter. Dos aproximaciones se pueden hallar en la literatura específica en relación al uso de tecnología Doppler para estimar concentraciones de sedimento en suspensión. Una de ellas se basa en el uso de ecuaciones de la teoría acústica que describen la propagación del sonido en agua (**Holdaway et al, 1999; Thorne y Hanes, 2002**; entre otros). La otra se enfoca

en expresiones empíricas que relacionan cambios en la intensidad de la señal acústica de retorno recibida por el ADCP con variaciones de la concentración de partículas en suspensión medidas en campo, utilizando instrumental mecánico y acústico u óptico (**Wright et al, 2010; Gray y Gartner, 2009; Szupiany et al, 2009; Wall et al, 2006; Kostaschuk et al, 2005; Gartner, 2004; Filizola and Guyot, 2004; Poerbandono and Mayerle, 2002; Creed et al, 2001**). En este sentido, los ADCP poseen la ventaja de realizar mediciones con la embarcación en movimiento y con una alta resolución espacial y temporal. Aunque los autores citados han reportado resultados alentadores, el uso de dispositivos acústicos Doppler para medir concentraciones precisas de sedimento en suspensión aún requiere mayores pruebas sobre la influencia de la calidad y el tamaño no uniforme de partículas en suspensión sobre la intensidad de retorno.

3.1.3 Clasificación de los ríos

Los ríos pueden separarse en dos grupos principales: dependiendo de la libertad que tienen para modificar su cauce: a) **cauce con lechos rocosos**, los cuales están conformados por los afloramientos de roca, de modo que el material que forma su lecho y riberas determinan la morfología del cauce, y b) **canales aluviales**, los cuales tienen plena libertad para ajustar su cauce y pendiente en respuesta a cambios hidráulicos, y escurren en un canal con lecho y riberas constituidos por el material transportado bajo condiciones de flujos actuales, los cuales tienen mayor interés desde el punto de la ingeniería, dado que su comportamiento puede ser afectado por la actividad humana.

Desde el punto de vista de su edad geomorfológica en cauce natural se puede clasificar como joven, maduro o viejo. Cauces jóvenes tienen perfiles transversales de forma triangular, son irregulares y de alta pendiente y sus lechos tienen material grueso y fracturado con poca abrasión. Estos cauces corresponden, por ejemplo, a ríos de montaña en zonas altas. Los cauces maduros se caracterizan por tener valles más amplios, pendientes más bajas, riberas erosionables y lechos de granulometría graduada. Las planicies de inundación son angostas. Los cauces viejos son de

baja pendiente, con valles y planicies de inundación anchos. Las riberas presentan pretilles naturales.

Ríos o tramos de ríos de cauces aluviales pueden clasificarse como rectos, meandrosos, trezados o alguna combinación de ellos, (Fig. 2). Tramos de un río que son muy rectos lo largo de una gran distancia son generalmente inestables, lo mismo que tramos con muchas islas o con curvas que migran muy rápidamente.

Un canal trezado es relativamente ancho, con riberas mal definidas inestables. Es caracterizado por un curso de agua de relativamente alta pendiente, con múltiples divisiones alrededor de islas o bancos de sedimento. El trezamiento es un patrón que puede producirse por una combinación de dos factores: a) el tramo del río es alimentado con una mayor cantidad de sedimento que la que puede acarrear, lo cual resulta en la depositación de parte de la carga de sedimentos, o b) el tramo es de alta pendiente con una caja del cauce suficientemente ancha, de modo que el flujo es de baja altura y se produce el afloramiento de barras de sedimento formándose islas en el cauce fácilmente. Los canales múltiples que se forman dentro de la caja de un río trezado, formados por la presencia de barras o islas, son generalmente inestables y cambia de posición en el tiempo con las fluctuaciones de caudal. Otro aspecto que favorece la formación de canales trezados corresponde a la existencia de riberas fácilmente erosionables (de arena o grava), las cuales permiten el ensanchamiento del cauce en crecidas. Ello conduce al afloramiento de barras en períodos de bajo caudal, los cuales suelen estabilizarse debido al crecimiento de vegetación y acorazamiento del lecho, formando islas. La respuesta de un cauce trezado ante cambios externos es difícil de predecir debido a la inestabilidad propia de este tipo de sistema fluvial, **Niño (2 004)**.

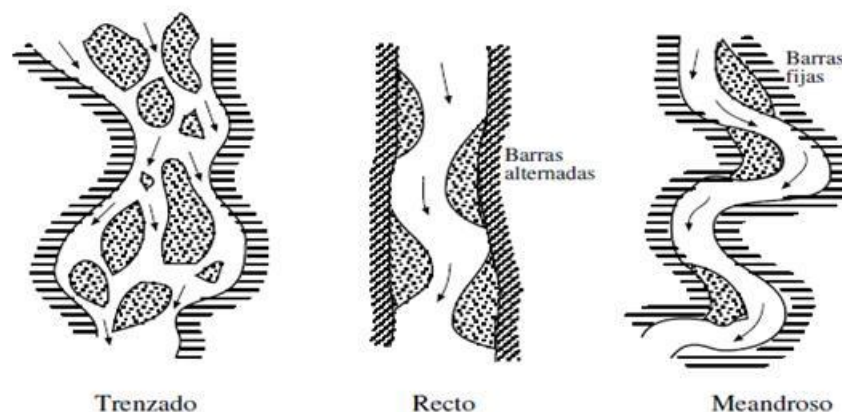


Fig.5.Patrones morfológicos típicos de ríosNiño (2 004).

Según la **FAO (2 008)**, la llanura de inundación o cauce mayor es una forma de relieve construida por la corriente fluvial en su régimen de crecidas, de topografía básicamente llana, casi siempre ligeramente cóncava, aunque cursos bajos puede ser ligeramente convexa si el cauce menor se ha elevado en sus propios sedimentos, quedando enmarcado por diques naturales. Durante las avenidas la llanura de inundación se convierte en recinto de disipación de energía de las aguas desbordadas y de almacenamiento de caudal a lo largo del proceso, efecto laminador que repercute en la reducción del caudal-punta aguas abajo, con el consiguiente aplanamiento del hidrograma. También constituyen un recinto de decantación, responsable del crecimiento vertical de la fertilidad del terreno aluvial, de los materiales finos que la corriente transporta en suspensión. La inundación recarga el acuífero aluvial que se encuentra bajo la llanura. De ahí que un sistema fluvial con crecidas y una llanura de inundación que puede inundarse garanticen un nivel freático elevado y con ello la supervivencia de los ecosistemas de ribera.

Dentro de la llanura de inundación puede diferenciarse el corredor ribereño, espacio que incluye el cauce menor y las riberas y cuyo límite externo viene a estar marcado por la propia movilidad lateral del cauce, englobando los paleocauces más recientes. Cuenta con una altísima diversidad biogeoquímica, física y biológica, y con un microclima especial de mayor humedad y menor amplitud térmica que puede contrastar notablemente con el exterior. Su papel como corredor

ecológico es fundamental para la dispersión y migración de especies. Las riberas son un mosaico de terrenos definido por el tipo de sedimento, su altitud relativa respecto al cauce y al freático de su edad o estado sucesional. Son ecotonos o ecosistemas ricos transitorios entre el ecosistema acuático de la corriente y el ecosistema terrestre del fondo del valle. El terreno de ribera, llano pero irregular, labrado por las aguas de desbordamiento, está directamente influenciado por el flujo subterráneo, por lo que se considera un humedal. La dinámica del cauce puede provocar la escisión de brazos abandonados, paleocauces que pueden mantener durante décadas una lámina de agua y vegetación asociadas.

Las cuencas hidrográficas, proporcionan a la sociedad bienes y servicios ambientales muy importantes entre ellos, la contención de la erosión, fijación de carbono, conservación de la biodiversidad y mantenimiento del paisaje, pero sin duda el atributo de las cuencas hidrográficas y por el cual son ecosistemas únicos e irremplazables, es el suministro interrumpido de agua, igualmente, presentan un potencial considerable en términos de energía, producción forestal, recursos genéticos, cantidad, calidad y control del agua, y en la producción agrícola sostenible, si se utilizan las tecnologías adecuadas.

El motor de la dinámica es el caudal, tanto líquido como sólido. Las crecidas son los grandes procesos dinamizadores del sistema, siendo capaces de modificar el paisaje, la geomorfología y la ecología fluviales en un solo día mucho más que varias décadas de funcionamiento hidrológico normal. Así pues, las crecidas son episodios absolutamente necesarios para el sistema. Sin crecidas la dinámica se reduce por debajo de los umbrales mínimos que garantizan las interacciones entre los elementos del sistema, con lo que este deja de funcionar como tal y compromete con ello la supervivencia de todos los ecosistemas integrados en él.

En la práctica la dinámica fluvial se resuelve en la combinación y en el enfrentamiento de procesos de erosión, transporte, y sedimentación. Sobre un mismo espacio o sector fluvial y a lo largo del tiempo pueden registrarse, por lo que respecta a la dinámica longitudinal y vertical, procesos de incisión o de acreción. La incisión es el encajamiento por combinación de erosión lineal y

remontante en el fondo del lecho fluvial. La acreción o colmatación es la tendencia del crecimiento o elevación del cauce menor, debido al predominio de la deposición sobre la erosión. De forma natural todos los cursos de agua suelen contar con sectores en los que predominan uno u otro proceso, tal como se expuso al hablar del perfil longitudinal. Diversas acciones antrópicas pueden invertir o acelerar estas tendencias. Acreción e incisión repercuten en procesos secundarios de dinámica vertical y longitudinal, como la migración de barras y la migración de resaltes y pozas.

Por lo que respecta a la dinámica lateral o transversal, el balance erosión-sedimentación se manifiesta en las orillas o en las barras centrales del cauce, resultando procesos variados, complejos y a veces combinados: meandrización (incremento de la sinuosidad), ampliación de curvaturas (incremento de la amplitud de onda), migración de meandro aguas abajo, acortamiento de curvaturas por atajo en canal de crecidas o por corta de cuello de meandro, entrelazamiento o subdivisión en brazos, simplificación o reducción a un cauce único, y regularización de márgenes sin tendencia clara, estrechamiento del cauce, ensanchamiento del mismo, cambios de lugar de confluencias e incluso avulsiones o cambios de trazado radicales a lo largo de un trecho de la llanura de inundación, etc. De forma más simple también pueden catalogarse todas y cada una de las orillas de un cauce como erosivas o retrocesas o bien sedimentarias o en avance, de acuerdo con sus procesos y tendencias dominantes.

Ollero, (2007), define a la dinámica fluvial como un conjunto de procesos complejos y activos y metamórficos de los sistemas fluviales en su componente espacial como en su evolución temporal, generando de ella una morfología fluvial que va a analizar y estudiar las formas fluviales resultantes de los procesos fluviales (principalmente erosión, transporte y sedimentación). Asimismo añade, que el sistema fluvial se estructura en cuencas hidrográficas y en una red de drenaje compuesta por un sistema jerarquizado de cursos fluviales desde pequeños surcos hasta ríos, que influyen unos a otros hasta configurar el colector principal de la cuenca. En ella, la llanura de inundación o cauce mayor es una forma de relieve construida por la corriente fluvial en su régimen de crecidas, de topografía básicamente llana, casi siempre ligeramente cóncava, aunque en cursos bajos

puede ser levemente convexa si el cauce menor se ha elevado en sus propios sedimentos, quedando enmarcados por diques naturales; dentro de la llanura de inundación puede diferenciarse el corredor ribereño, espacio que incluye el cauce menor y las riberas y cuyo límite externo viene a estar marcado por la propia movilidad lateral del cauce, englobando los paleocauces más recientes.

Reinec y Singh (1980); Morisawa(1985), citados por **Eeva Tuukki et al., (1 996)**, indican que los ríos pueden clasificarse de acuerdo al patrón de los cursos; así los ríos de curso directo y meándrico presentan un solo cauce, mientras que los ríos de cursos trenzados y anastomosados contienen divisiones sucesivas y rejuntemientos de los canales alrededor de las islas aluviales. En ríos anastomosados las islas son más estables que en las de cursos trenzados.

Al referirse a la dinámica fluvial menciona que la dinámica fluvial tiene un efecto extenso sobre el medio ambiente abiótico y biótico en la Amazonia Peruana (**Kalliola et al., 1 987. Kalliola et al., 1 992a y 1 992b**). Durante las inundaciones, grandes cantidades de agua penetran en las planicies de inundación y, los ríos de agua blanca, como el Amazonas, traen consigo una carga considerable de sedimentos fértiles, con el origen en los Andes (**Sioli 1 984; Furch y Klinge 1 989; Rodriguez et al., 1 992; Kalliola 1 993; Linna 1 993**). Y, además de eso, la mayor parte de los sedimentos superficiales en áreas no inundables es también de origen fluvial (**Räsänen et al, 1 987**).

3.2 MARCO CONCEPTUAL

Abrasión: es la reducción en tamaño de las partículas de sedimento por acción mecánica, tal como: impacto, deslizamiento, frotación (fricción), rotación, salto, suspensión intermitente o continua (dependiendo de la intensidad del flujo).

Acreción o colmatación: Es la tendencia al crecimiento o elevación del cauce menor, debido al predominio de la deposición sobre la erosión (**Arturo Elosegui, 2009. La vegetación terrestre asociada al río**)

Avenidas: Una avenida (conocida en algunos lugares también como crecida - de un río, arroyo, etc.,-creciente, riada o aguas altas) es la elevación del nivel de un curso de agua significativamente mayor que el flujo medio de éste. Durante la crecida, el caudal de un curso de agua aumenta en tales proporciones que el lecho del río puede resultar insuficiente para contenerlo. Entonces el agua lo desborda e invade el lecho mayor, también llamado llanura aluvial.

Caudal: Cantidad de agua que pasa por la sección de un canal o cauce en una unidad de tiempo; se mide generalmente en metros cúbicos por segundo ($m^3/\text{seg.}$), litros por segundo ($l/\text{seg.}$) o pies cúbicos por segundo ($p^3/\text{seg.}$).

Botella Niskin: Tipo de botella muy utilizada para tomar muestras de agua, normalmente para estudios oceanográficos. El diseño de este tipo de botella es de Shale Niskin en marzo de 1966. Las primeras botellas Niskin se hicieron de metal, aunque el material más común en la actualidad es el PVC. Está constituida por un cilindro, es decir que está abierto en sus extremos. Para cerrarla lleva dos tapones conectados con una goma elástica (de las vendidas en las clínicas ortopédicas) que hace que se cierren cuando un sistema de muelle suelta un cuerdecilla que los mantiene abiertas. Para hacer saltar el muelle se lanza desde la superficie un mensajero (que no es otra cosa que un peso, normalmente una pieza de plomo) que va bajando por el cable que sustenta la botella.

https://ca.wikipedia.org/wiki/Botella_Niskin

Cauce: Cabal ocupado por un curso de agua, natural o artificial de carácter permanente o periódica. T. sin. Lecho.

Confluencia: Punto en el que un tributario (o afluente) se une a un cauce principal, puede darse varios casos, como confluencia concordante, confluencia diferida, confluencia discordante, etc.

Cuenca: Porción de la superficie, donde las aguas que pueden discurrir por sus vertientes, confluyen todas hacia un mismo receptor; río, lago o mar. Se dividen en dos clases: Cuenca exorreica, más común, cuando las aguas que escurren en ella son expulsadas fuera de la misma y cuenca endorreica, propia de los climas secos, cuando no tienen desagüe. Este término, en Geomorfología adquiere también con frecuencia además de su carácter hidrográfico un sentido topográfico, por el que se expresa a una región deprimida o cóncava o manera de cubeta.

Decantación: f. Proceso lento de sedimentación de partículas finas en suspensión, generalmente de limos y arcillas en aguas estancadas y tranquilas, transportada por agentes como principalmente el agua, más raramente el viento, y que tiene lugar en áreas depresionadas, plano-cóncavas o de planicies. La decantación se caracteriza por ser un proceso sumamente selectivo de las partículas, las cuales se depositan en función a su masa y a su peso, lo más grandes y pesados se depositan primero en los bordes, los más finos en las partes más profundas.

Estiaje: El **estiaje** es el nivel de caudal mínimo que alcanza un río o laguna en algunas épocas del año, debido principalmente a la sequía. El término se deriva de estío o verano, es la época de menor caudal de los ríos debido a la relativa escasez de precipitaciones en esta estación. Cuando nos referimos al régimen de un río, el estiaje es el período de aguas bajas. El estiaje de un río no depende solamente de la escasez de precipitaciones, sino que también se debe a la mayor insolación y, por ende, al mayor potencial de evapotranspiración (de las plantas) y de la evaporación más intensa de los cursos de agua. Principalmente es causado por sequía, calentamiento global o falta de lluvias. <https://es.wikipedia.org/wiki>

Erosión: Conjunto de procesos de modelado de la superficie terrestre por parte de unos agentes tales como: Aguas corrientes, viento, hielo, oleaje, la gravedad y el hombre entre los más

importantes. Incluye el transporte del material, pero no la meteorización in situ, ni el deslizamiento por gravedad. La modalidad e intensidad de la erosión depende de los agentes actuando en determinados factores tales como: clima, forma del relieve, naturaleza de la estructura y litología superficial, cobertura vegetal, pendiente del terreno, etc.

Lecho de un río: Fondo o cauce de un río. Los lechos de los ríos están compuestos por materiales granulares o cohesivos. El lecho está constituido por partículas sueltas o en cohesión de distintos tamaños.

<http://transportesedimentos.tripod.com/esp/1.2.htm>

Lecho plano: Es un lecho sin elevaciones o depresiones mayores que el tamaño máximo del material de fondo, en donde se observa que hay tres fases de fondo plano, una sin transporte de sedimentos y las otras dos con transporte de sedimentos. Con la fase de fondo plano sin transporte de sedimentos puede coexistir una decantación que puede originar una laminación paralela, de geometría semejante a la que se produce por tracción. No obstante, en cada caso, la relación entre la laminación o estratificación paralela y el estado del lecho, puede ser inferida de la textura y las relaciones secuenciales con el resto de las estructuras. La laminación o estratificación paralela del régimen del flujo superior puede presentar parting leneation. (Díaz Molina. Sedimentación Fluvial).

<https://books.google.com.pe>

Lecho rizado: Está caracterizado por ondulaciones que resaltan por encima del nivel del lecho, llamados rizos, los cuales son pequeñas formas con una pendiente alta, aguas abajo y suave en la parte aguas arriba, el espaciamiento y la geometría están dados a 1 azar para un caso individual, pero son uniformes en sentido estadístico.

Sedimento: Sedimento es la materia que, después de haber estado en suspensión en un líquido, termina en el fondo por su mayor gravedad. Este proceso se conoce como sedimentación.

A nivel geológico, un sedimento es el material sólido que se acumula en la superficie terrestre y que surge por la acción de diversos fenómenos naturales que actúan en la atmósfera, la hidrósfera

y la biosfera. Los vientos, las precipitaciones y los cambios de temperatura son algunos de los factores vinculados al desarrollo de sedimentos.

Sedimentación: Es el proceso por el cual el sedimento en movimiento se deposita. Ocurre cuando el material sólido, transportado por una corriente de agua, se deposita en el fondo de un río, embalse, canal artificial, o dispositivo construido especialmente para tal fin. Toda corriente de agua, caracterizada por su caudal, tirante de agua, velocidad y forma de la sección tiene una capacidad de transportar material sólido en suspensión y otras moléculas en disolución. El cambio de alguna de estas características de la corriente puede hacer que el material transportado se deposite o precipite; o el material existente en el fondo o márgenes del cauce sea erosionado. Puesto que la mayor parte de los procesos de sedimentación se producen bajo la acción de la gravedad, las áreas elevadas de la litosfera terrestre tienden a ser sujetas prevalentemente a fenómenos erosivos, mientras que las zonas deprimidas están sujetas prevalentemente a la sedimentación. Las depresiones de la litosfera en la que se acumulan sedimentos, son llamadas cuencas sedimentarias.

Transporte de fondo: Es aquel durante el cual las partículas de sedimento son transportadas por el flujo se mantienen en frecuente contacto con el lecho. Asimismo, está asociado al transporte de sedimento relativamente grueso (en el rango de arenas hacia arriba).

Transporte en suspensión: Es aquel durante el cual las partículas de sedimento son difundidas en la totalidad de la columna de agua teniendo un infrecuente contacto con el lecho. Está relacionado al transporte de sedimento fino (desde arenas finas hacia abajo).

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

Para el tratamiento de la información de las muestras de sedimentos en suspensión levantada en los ríos Marañón, Ucayali y Amazonas, después del procesamiento en el Laboratorio del CIRNA-UNAP, cuyos resultados se muestran a continuación.

4.1 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS DE LOS RÍOS EN ESTUDIO

En el Cuadro 1, se observa la codificación de la toma de muestras de las secciones verticales realizadas en los ríos Marañón, Ucayali y Amazonas (9 muestras de cada río) a diferentes profundidades, cada una con su respectiva lectura horaria, y sus coordenadas UTM.

Cuadro N° 01. Muestras verticales de sedimentos de los ríos marañon, ucayali y amazonas

RÍO	NOMBRE DE MUESTRA	PROF. (m)	N° ARCHIVO	HORA	PUNTO GPS	C OORDENADAS UTM	
						X	Y
MARAÑÓN	M1I0.2H	1.1	002	12:57:49	43	671010	9508590
	M1I0.6H	5.5	005	13:11:10	46	671061	9508603
	M1I0.8H	7.8	006	13:21:35	47	671207	9508653
	M1C0.2H	3.2	007	13:33:27	48	671367	9508496
	M1C0.6H	8	008	13:39:25	49	671476	9508478
	M1C0.8H	11	009	13:49:54	50	671552	9508880
	M1D0.2H	2	010	14:07:10	51	671086	9507922
	M1D0.6H	5.5	011	14:14:05	52	671157	9508004
	M1D0.8H	7.5	012	14:22:34	54	671199	9508050
UCAYALI	U1I0.2H	4	014	14:48:56	55	672329	9507679
	U1I0.6H	10.1	015	15:54:12	56	672327	9507746
	U1I0.8H	15.5	016	15:01:09	57	672334	9507717
	U1C0.2H	4	018	15:14:22	59	672363	9507899
	U1C0.6H	11	019	15:19:54	60	672317	9507899
	U1C0.8H	15	020	15:26:14	61	672322	9507937
	U1D0.2H	3.5	021	15:47:00	62	672551	9507936
	U1D0.6H	10	022	15:52:39	63	672548	9507938
	U1D0.8H	13.5	023	16:00:02	64	672542	9507954
AMAZONAS	A6I0.2H	2.2	028	17:04:02	68	672658	9511012
	A6I0.6H	8.7	029	17:07:13	69	672635	9510978
	A6I0.8H	11.6	030	17:11:21	70	672625	9510937
	A6C0.2H	3.5	031	17:18:40	71	672852	9510864
	A6C0.6H	9	032	17:22:36	72	672854	9511010
	A6C0.8H	10	033	17:27:53	73	672799	9511013
	A6D0.2H	1.5	025	16:36:42	65	673391	9510656
	A6D0.6H	4.3	026	16:42:23	66	673462	9510978
	A6D0.8H	5.8	027	16:49:59	67	673524	9511258

Fuente: Elaboración propia. Tesista 2014.

Una vez recolectadas las muestras de los sedimentos en suspensión, se dejó en reposo por 25 días, para luego extraer la cantidad de líquido, y luego enviar al laboratorio el volumen de sedimento en reposo, los que se muestran en el Cuadro N° 2.

Cuadro N° 02. Muestras de sedimentos suspendidos de los ríos marañón, ucayali y amazonas.

RÍO	NOMBRE DE MUESTRA	Volumen Extraído (l)	Volumen de Sedimento (l)	Volumen Total (l)
MARAÑÓN	M1I0.2H	2.00	0.470	2.470
	M1I0.6H	2.00	0.500	2.500
	M1I0.8H	2.00	0.500	2.500
	M1C0.2H	2.00	0.480	2.480
	M1C0.6H	2.00	0.515	2.515
	M1C0.8H	2.00	0.500	2.500
	M1D0.2H	2.00	0.500	2.500
	M1D0.6H	2.00	0.495	2.495
M1D0.8H	2.00	0.505	2.505	
UCAYALI	U1I0.2H	1.85	0.490	2.340
	U1I0.6H	2.00	0.520	2.520
	U1I0.8H	2.00	0.500	2.500
	U1C0.2H	2.00	0.500	2.500
	U1C0.6H	2.00	0.500	2.500
	U1C0.8H	2.00	0.470	2.470
	U1D0.2H	2.00	0.505	2.505
	U1D0.6H	2.00	0.480	2.480
U1D0.8H	1.85	0.100	1.950	
AMAZONAS	A6I0.2H	2.00	0.550	2.550
	A6I0.6H	2.00	0.540	2.540
	A6I0.8H	2.00	0.510	2.510
	A6C0.2H	2.00	0.495	2.495
	A6C0.6H	2.1	0.485	2.585
	A6C0.8H	2.00	0.495	2.495
	A6D0.2H	1.98	0.570	2.550
	A6D0.6H	2.00	0.475	2.475
	A6D0.8H	2.00	0.490	2.490

Fuente: Elaboración propia. Tesista 2014.

4.2 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS DE LAS SECCIONES VERTICALES DEL RÍO MARAÑÓN

En el Cuadro N° 3, se muestran los resultados del análisis granulométrico de las muestras de sedimento en suspensión de las secciones verticales del río Marañón, donde se observa las cantidades obtenidas por muestra de las tres secciones verticales (izquierdo, derecho, centro) a diferentes profundidades. Asimismo, el total, promedio, desviación estándar de las secciones, y el

total obtenido de las tres secciones del río. Los resultados nos indican que la sección vertical derecha alcanza un valor total de 4.13 g, donde se da la mayor velocidad de transporte de sedimentos del río Marañón, tal como se corrobora según el Grafico 1.

Cuadro N° 03. Cantidad de sedimentos en (g) obtenidos en laboratorio. rio marañón

N°	CÓDIGO	Punto de muestreo	PROF. (m)	Arenas	Limos y Arcillas				Total
				1 mm	600 μm	500 μm	180 μm	< 180 μm	
1	M1 I0.2 H	Izquierdo	1.1 m	0.12	0.09	0.07	0.14	0.62	1.04
2	M1 I0.6 H	Izquierdo	5.5 m	0.01	0.1	0.05	0.12	0.79	1.07
3	M1 I0.8 H	Izquierdo	7.8 m	0.04	0.05	0.09	0.1	0.97	1.25
TOTAL (g)				0.17	0.24	0.21	0.36	2.38	3.36
PROMEDIO				0.06	0.08	0.07	0.12	0.79	0.22
DESVEST				0.06	0.03	0.02	0.02	0.18	
4	M1 C0.2 H	Centro	3.2 m	0.11	0.1	0.12	0.11	0.51	0.95
5	M1 C0.6 H	Centro	8 m	0.01	0.11	0.09	0.28	0.52	1.01
6	M1 C0.8 H	Centro	11 m	0.02	0.11	0.06	0.11	0.98	1.28
TOTAL (g)				0.14	0.32	0.27	0.5	2.01	3.24
PROMEDIO				0.05	0.11	0.09	0.17	0.67	0.22
DESVEST				0.06	0.01	0.03	0.10	0.27	
7	M1 D0.2 H	Derecho	2 m	0.12	0.11	0.15	0.12	0.77	1.27
8	M1 D0.6 H	Derecho	5.5 m	0.03	0.04	0.1	0.2	0.9	1.27
9	M1 D0.8 H	Derecho	7.5 m	0.04	0.11	0.09	0.32	1.03	1.59
TOTAL (g)				0.19	0.26	0.34	0.64	2.7	4.13
PROMEDIO				0.06	0.09	0.11	0.21	0.90	0.28
DESVEST				0.05	0.04	0.03	0.10	0.13	
TOTAL MARAÑÓN (g)				0.50	0.82	0.82	1.50	7.09	10.73

Fuente: Elaboración propia

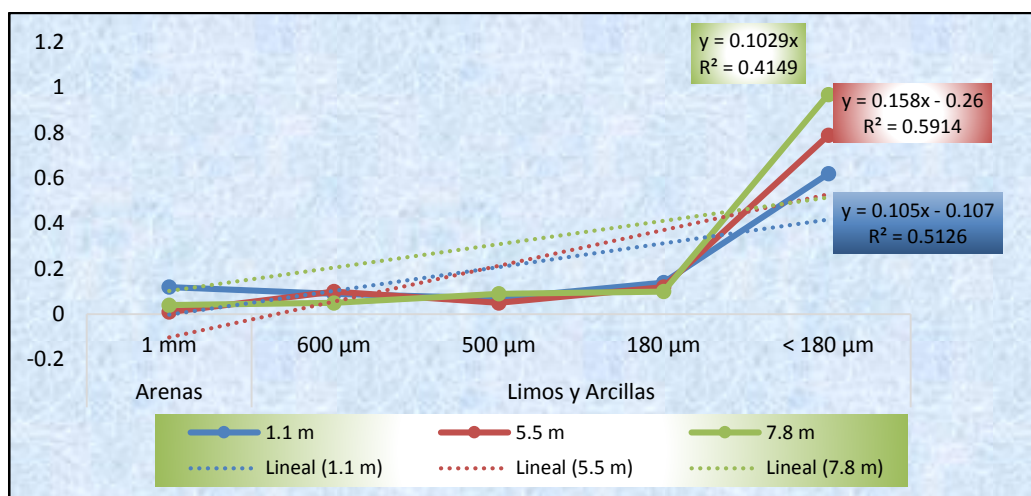
En el Gráfico 1, se presenta el peso total de las muestras de las secciones verticales (izquierdo, centro y derecho) tomado a diferentes profundidades del río Marañón, donde se observa que en las muestras de sedimentos en suspensión presenta mayor cantidad de partículas menores de 180 μm , en lo que corresponde a limo y arcilla (7.09 g), caso contrario se observa en partículas de 1 mm (arena), se presentan en menor cantidad (0.50 g).

Gráfico 1. Total de Sedimentos de tres secciones verticales del río Marañón

Fuente: Elaboración propia

El total de sedimentos en gramos de la sección izquierda del río Marañón (Gráfico 2), donde se observa que a diferentes profundidades la tendencia es creciente en lo que se refiere a la mayor concentración de partículas (sedimentos). Realizado el análisis de regresión y correlación, la línea de tendencia muestra la regresión lineal de los datos (pesos en gramos), en forma ascendente, siendo mucho más acentuada en partículas menores de 180 µm en los que corresponde a limo y arcilla. En cuanto al coeficiente de determinación (R^2) a diferentes profundidades (1.1 m, 5.5 m, 7.8 m respectivamente) se observa valores diferentes, destacando que a una profundidad de 5.5 m alcanzó un valor de 59.1%, lo cual nos indica que de la variación total del tamaño de partículas observados en la sección vertical izquierda del río Marañón el 59.1% es atribuible los pesos de las muestras (profundidad de 5.5 m), el 40.9% de la variabilidad restante que no es explicada por la regresión, no siendo significativo estadísticamente dicho valor. Caso similar se observa en las demás profundidades de 1.1m y 7.8 m.

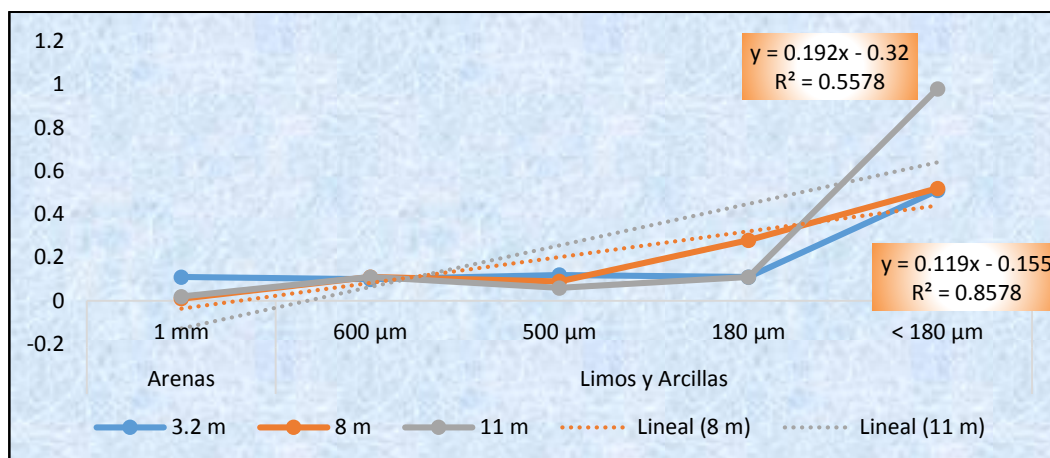
Gráfico 2. Total de Sedimentos (g) de la sección vertical izquierda del río Marañón



Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 3, se muestran los resultados de los pesos de las muestras de sedimentos de la sección vertical centro, donde se observa que a diferentes profundidades la tendencia es creciente en lo que se refiere a la mayor concentración de partículas (sedimentos). Realizado el análisis de regresión y correlación, la línea de tendencia muestra la regresión lineal de los datos (pesos en gramos), en forma ascendente, siendo mucho más acentuada en partículas menores de 180 μm en los que corresponde a limos y arcillas. En cuanto al coeficiente de determinación (R^2) a diferentes profundidades (3.2 m, 8.0 m, 11.0 m respectivamente) se observa valores diferentes, destacando que a una profundidad de 8.0 m alcanzó un valor de 85.7% lo cual nos indica que de la variación total del peso es atribuible al tamaño de partículas observados en la sección vertical centro del río Marañón, (profundidad de 8.0 m), y el 14.3% de la variabilidad restante no es explicada por la regresión, siendo significativo estadísticamente dicho valor.

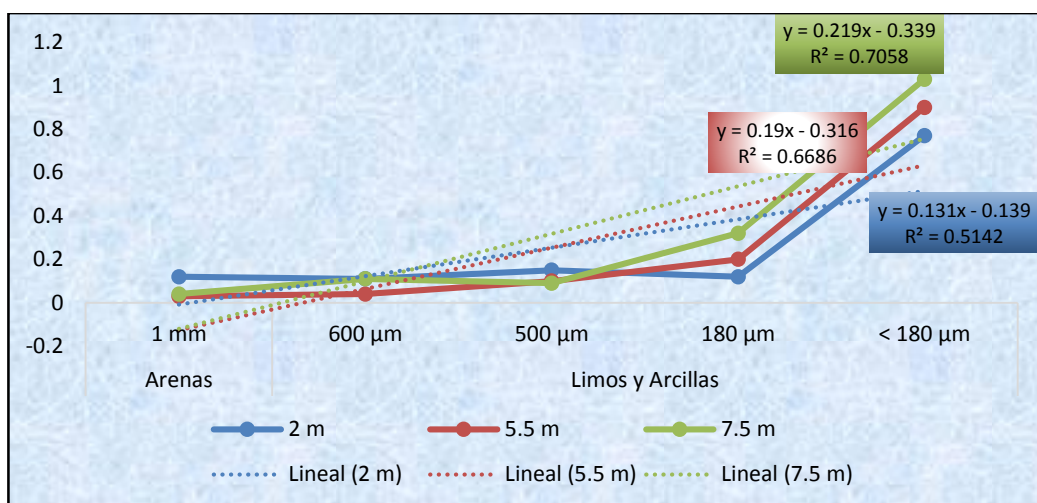
Gráfico 3. Total de Sedimentos (g) de la sección vertical centro del río Marañón



Fuente: Elaboración propia

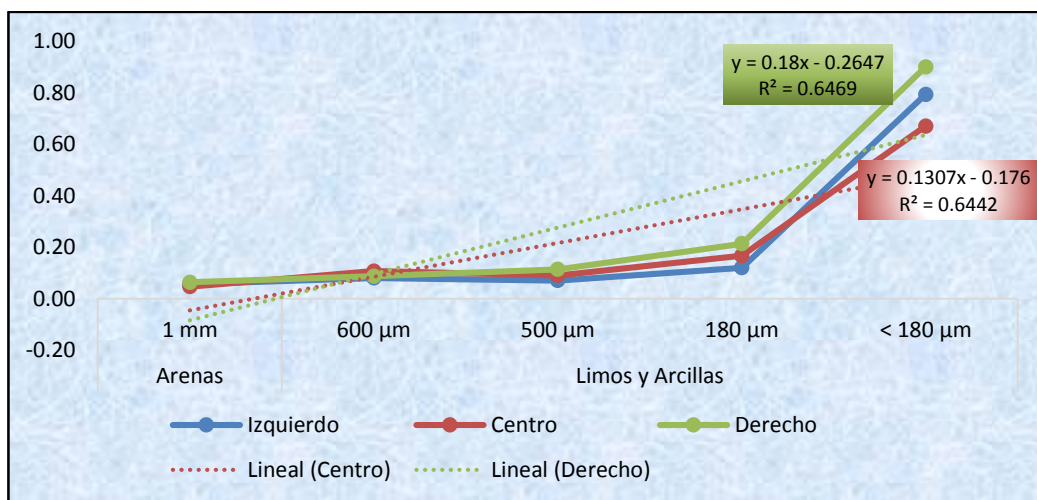
Los resultados del análisis de granulometría sometido a las muestras de sedimentos en suspensión correspondiente a la sección vertical derecha se presentan en el Gráfico 4, donde se observa que a diferentes profundidades la tendencia es creciente en lo que se refiere a la mayor concentración de partículas (sedimentos). Según el análisis de regresión y correlación, la línea de tendencia muestra la regresión lineal de los datos (pesos en gramos), en forma ascendente, siendo mucho más acentuada en partículas menores de 180 μm en los que corresponde a limos y arcillas. En cuanto al coeficiente de determinación (R^2) a diferentes profundidades (2.0 m, 5.5 m, 7.5 m respectivamente) se observa valores diferentes, destacando que a una profundidad de 7.5 m alcanzó un valor de 70.5% lo cual nos indica que de la variación total del peso es atribuible al tamaño de partículas observados en la sección vertical derecha del río Marañón, (profundidad de 7.5 m), y el 29.5% de la variabilidad restante que no es explicada por la regresión, siendo significativo estadísticamente dicho valor.

Gráfico 4. Total de Sedimentos (g) de la sección vertical derecha del río Marañón



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5. Peso promedio de Sedimentos (g) de las tres secciones verticales del río Marañón

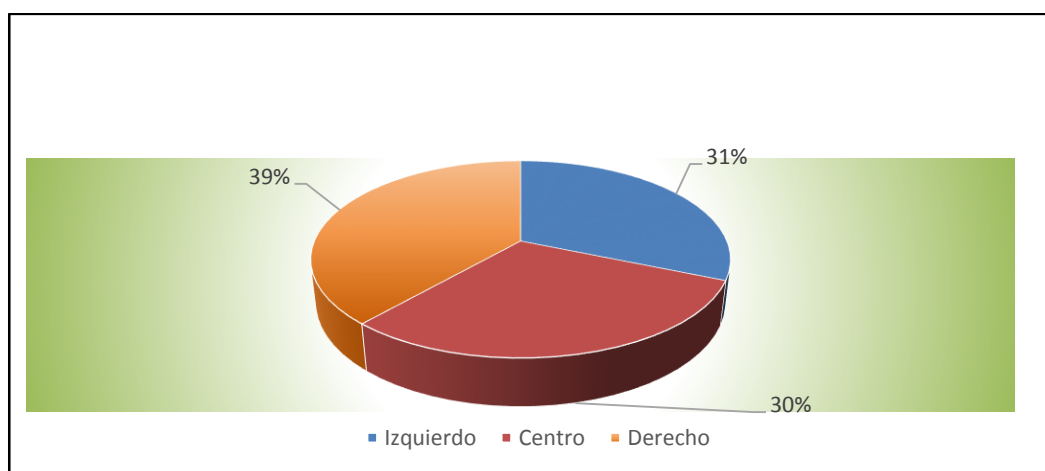


Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 5, se observan los promedios de las muestras de sedimentos de tres secciones verticales del río Marañón, notándose una tendencia creciente, tanto en la sección izquierda, centro y derecha en lo que se refiere a la cantidad de sedimentos que transporta cada sección del río, siendo la más notoria las partículas de 180 μm y menor de 180 μm (limos y arcillas) las que se transportan a mayor velocidad que las demás, tal es el caso de las partículas entre 1 y 10 mm tienden a moverse por rotación sobre los granos más abundantes (arenas) y pueden ser

transportadas más rápidamente; asimismo, arenas de tamaño grueso a fino ($0.0625 \text{ mm} < D < 1 \text{ mm}$) se mueven por tracción y suspensión intermitente con depositación temporal en dunas y barras puntuales. Los limos y arcillas $< 0.625 \text{ mm}$ se mueven principalmente en suspensión continua y pueden ser transportados rápidamente hasta la salida de la cuenca o pueden ser depositados en las llanuras de inundación, según http://artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/T_TRANSPORTE_SEDIMENTOS.pdf. En resumen, tal como se observa en el Gráfico 6, la mayor cantidad de sedimentos en suspensión de las secciones verticales del río Maraión (izquierdo, centro y derecho) se transporta en la sección derecha lo que representa en porcentaje un 39%.

Gráfico 6. Sedimentos obtenidos por punto de muestreo (en porcentaje), río Maraión



Fuente: Elaboración propia

4.3 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS DE LAS SECCIONES VERTICALES DEL RÍO UCAYALI

En el Cuadro N° 4, se muestran los resultados del análisis granulométrico de las muestras de sedimento en suspensión del río Ucayali, donde se observa las cantidades obtenidas por muestra de las tres secciones verticales (izquierdo, derecho, centro) a diferentes profundidades. Asimismo, el total, promedio, desviación estándar de las secciones, y el total obtenido de las tres secciones

del río. Los resultados indican que la sección vertical centro alcanza un valor total de 4.2 g, donde se da la mayor velocidad de transporte de sedimentos del río Ucayali.

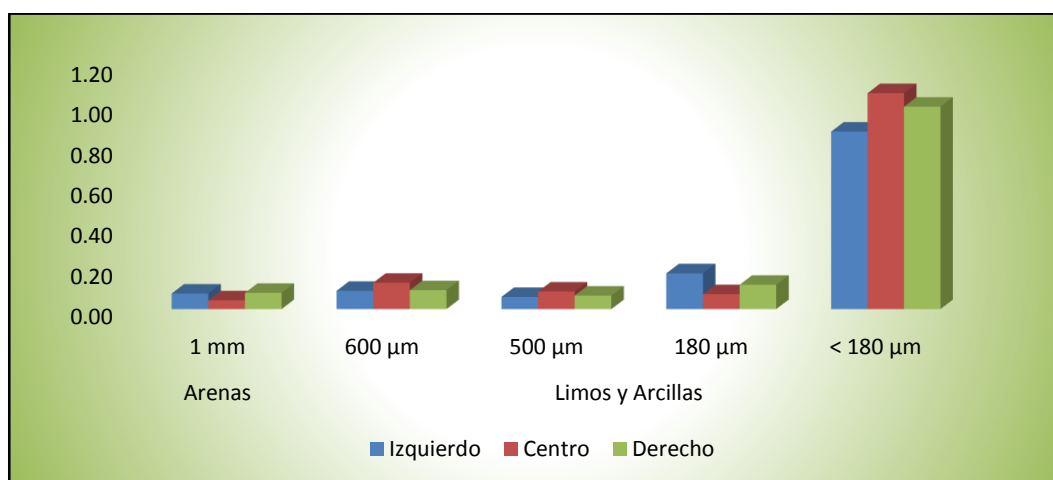
Cuadro N° 4. Cantidad de sedimentos en (g) obtenidos en laboratorio. Río Ucayali

N°	CÓDIGO	Punto de muestreo	PROF. (m)	Arenas	Limos y Arcillas				Total (g)
				1 mm	600 µm	500 µm	180 µm	< 180 µm	
10	U1 I0.2 H	Izquierdo	4 m	0.03	0.04	0.02	0.07	0.34	0.5
11	U1 I0.6 H	Izquierdo	10.1 m	0.07	0.08	0.06	0.11	0.66	0.98
12	U1 I0.8 H	Izquierdo	15.5 m	0.13	0.15	0.1	0.35	1.63	2.36
TOTAL				0.2	0.23	0.16	0.46	2.29	3.34
PROMEDIO				0.10	0.12	0.08	0.23	1.15	0.33
DESVEST				0.04	0.05	0.03	0.17	0.69	
13	U1 C0.2 H	Centro	4 m	0.01	0.1	0.08	0.09	0.61	0.89
14	U1 C0.6 H	Centro	11 m	0.03	0.09	0.11	0.04	1.2	1.47
15	U1 C0.8 H	Centro	15 m	0.09	0.2	0.07	0.09	1.39	1.84
TOTAL				0.13	0.39	0.26	0.22	3.2	4.2
PROMEDIO				0.04	0.13	0.09	0.07	1.07	0.28
DESVEST				0.04	0.06	0.02	0.03	0.41	
16	U1 D0.2 H	Derecho	3.5 m	0.02	0.06	0.07	0.02	0.6	0.77
17	U1 D0.6 H	Derecho	10 m	0.12	0.12	0.09	0.14	1.68	2.15
18	U1 D0.8 H	Derecho	13.5 m	0.1	0.1	0.04	0.2	0.72	1.16
TOTAL				0.24	0.28	0.20	0.36	3.00	4.08
PROMEDIO				0.08	0.09	0.07	0.12	1.00	0.27
DESVEST				0.05	0.03	0.03	0.09	0.59	
TOTAL UCAYALI (g)				0.57	0.9	0.62	1.04	8.49	11.62

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 7, se presenta el peso total de las muestras de las secciones verticales (izquierdo, centro y derecho) tomado a profundidades del río Ucayali, donde se observa que en las muestras de sedimentos en suspensión presenta mayor cantidad de partículas menores de 180 µm, en lo que corresponde a limo y arcilla (8.49 g), caso contrario se observa en partículas de 1 mm (arena), se presentan en menor cantidad (0.57 g).

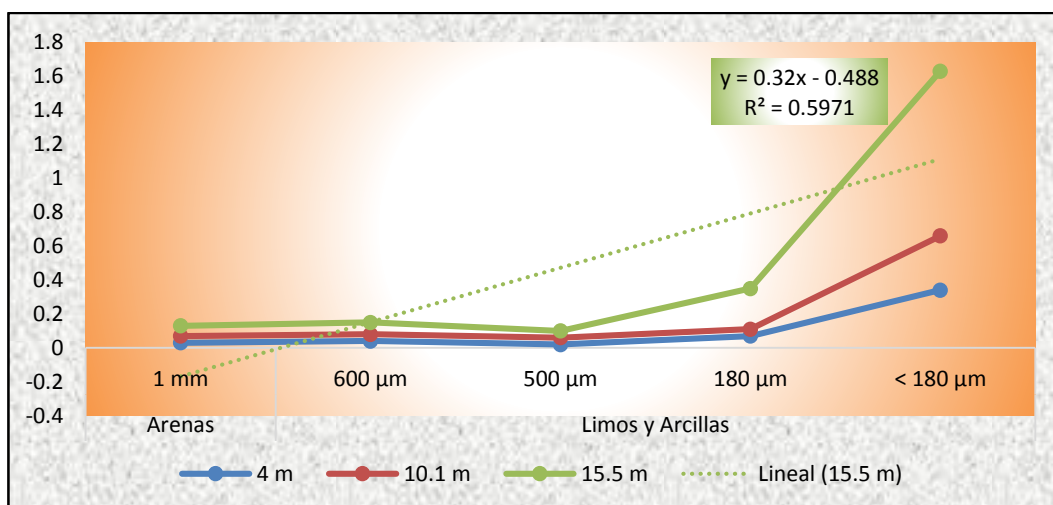
Gráfico 7. Total de Sedimentos de tres secciones verticales del río Ucayali.



Fuente: Elaboración propia

El total de sedimentos en gramos de la sección izquierda del río Ucayali (Gráfico 8), donde se observa que a diferentes profundidades la tendencia es creciente en lo que se refiere a la mayor concentración de partículas (sedimentos). Realizado el análisis de regresión y correlación, la línea de tendencia muestra la regresión lineal de los datos (pesos en gramos), en forma ascendente, siendo mucho más acentuada en partículas menores de 180 µm en los que corresponde a limo y arcilla. En cuanto al coeficiente de determinación (R^2) a diferentes profundidades (4.0 m, 10.1 m, 15.5 m respectivamente) se observa valores diferentes, destacando la profundidad de 15.5 m alcanzó un valor de 59.7% lo cual nos indica que de la variación total de los pesos es atribuible al tamaño de partículas observados en la sección vertical izquierda del río Ucayali, (profundidad de 15.5 m), y el 40.3% de la variabilidad restante que no es explicada por la regresión, no siendo significativo estadísticamente dicho valor. Además, cabe resaltar que en las diferentes profundidades analizadas se observan mayor cantidad de sedimentos de 180 µm y menores de 180 µm.

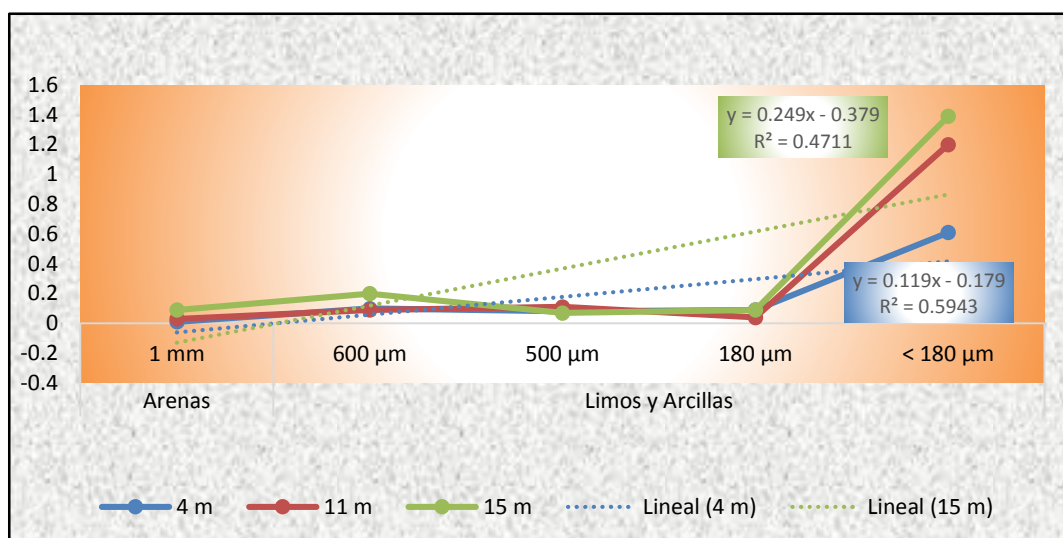
Gráfico 8. Total de Sedimentos (g) de la sección vertical izquierda del río Ucayali



Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 9, se muestran los resultados de los pesos de las muestras de sedimentos de la sección vertical centro, río Ucayali, donde se observa que a diferentes profundidades la tendencia es creciente en lo que se refiere a la mayor concentración de partículas (sedimentos). Realizado el análisis de regresión y correlación, la línea de tendencia muestra la regresión lineal de los datos (pesos en gramos), en forma ascendente, siendo mucho más acentuada en partículas menores de 180 µm en los que corresponde a limos y arcillas. En cuanto al coeficiente de determinación (R^2) a diferentes profundidades (4,0 m, 11.0 m, 15.0 m respectivamente) se observa valores diferentes, destacando que a una profundidad de 4.0 m alcanzó un valor de 59.4% lo cual nos indica que de la variación total del peso es atribuible al tamaño de partículas observados en la sección vertical centro del río Ucayali, (profundidad de 4.0 m), y el 40.6% de la variabilidad restante que no es explicada por la regresión, no siendo significativo estadísticamente dicho valor.

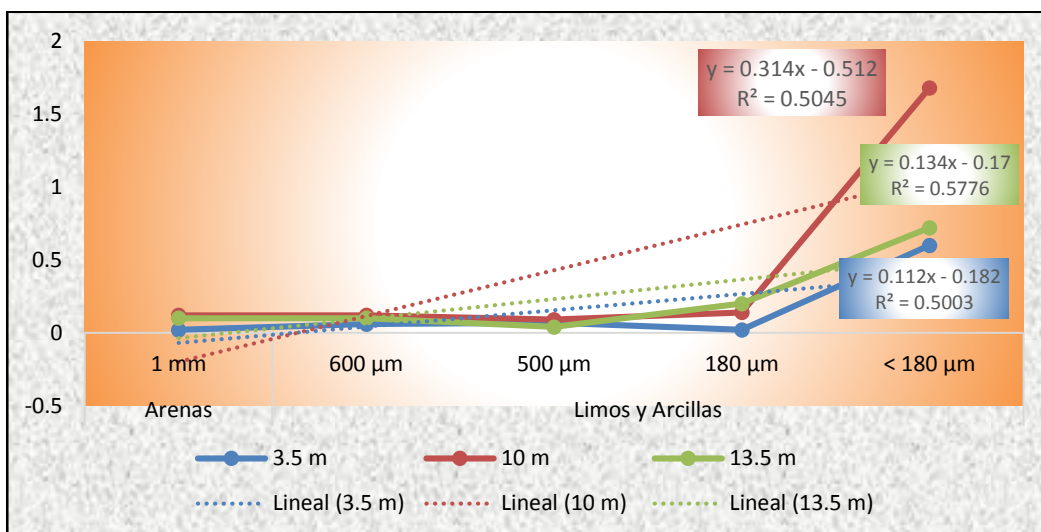
Gráfico 9. Total de Sedimentos (g) de la sección vertical centro del río Ucayali



Fuente: Elaboración propia

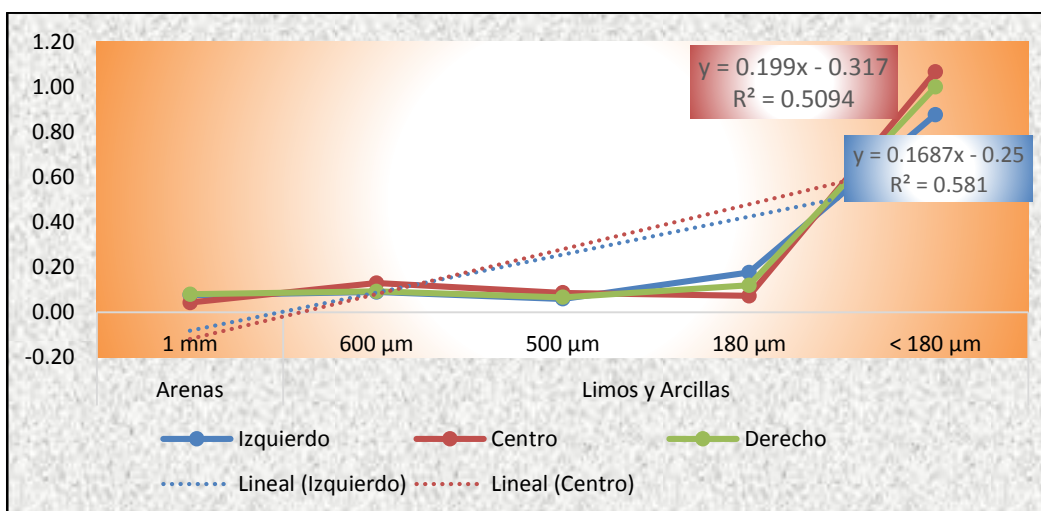
Los resultados del análisis de granulometría sometido a las muestras de sedimentos en suspensión correspondiente a la sección vertical derecha se presentan en el Gráfico 10, donde se observa que a diferentes profundidades la tendencia es creciente en lo que se refiere a la mayor concentración de partículas (sedimentos). Según el análisis de regresión y correlación, la línea de tendencia muestra la regresión lineal de los datos (pesos en gramos), en forma ascendente, siendo mucho más acentuada en partículas menores de 180 µm en los que corresponde a limos y arcillas. En cuanto al coeficiente de determinación (R^2) a diferentes profundidades (3.5 m, 10 m, 13.5 m respectivamente) se observa valores similares, sobresaliendo a una profundidad de 13.5 m alcanzó un valor de 57.7% lo cual nos indica que de la variación total del peso es atribuible al tamaño de partículas observados en la sección vertical derecha del río Ucayali, (profundidad de 13.5 m), y el valor de 42.3% de la variabilidad restante que no es explicada por la regresión, no siendo significativo estadísticamente dicho valor.

Gráfico 10. Total de Sedimentos (g) de la sección vertical derecha del río Ucayali



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 11. Peso promedio de Sedimentos (g) de las tres secciones verticales del río Ucayali

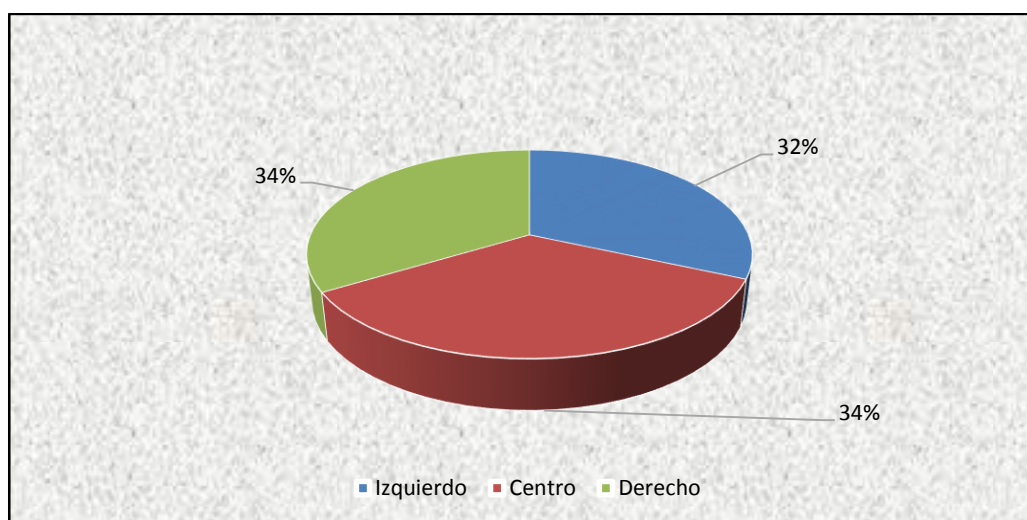


Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 11, se observan los promedios de las muestras de sedimentos de tres secciones verticales del río Ucayali, notándose una tendencia creciente, tanto en la sección izquierda, centro y derecha en lo que se refiere a la cantidad de sedimentos que transporta cada sección del río, siendo la más notoria las partículas de 180 µm y menor de 180 µm (limos y arcillas) las que se transportan a mayor velocidad que las demás, tal es el caso de las partículas entre 1 y 10 mm

tienden a moverse por rotación sobre los granos más abundantes (arenas) y pueden ser transportadas más rápidamente; asimismo, arenas de tamaño grueso a fino ($0.0625 \text{ mm} < D < 1 \text{ mm}$) se mueven por tracción y suspensión intermitente con depositación temporal en dunas y barras puntuales. Los limos y arcillas $< 0.625 \text{ mm}$ se mueven principalmente en suspensión continua y pueden ser transportados rápidamente hasta la salida de la cuenca o pueden ser depositados en las llanuras de inundación, http://artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/T_TRANSPORTE_SEDIMENTOS.pdf. En resumen, tal como se observa en el Gráfico 12, la mayor cantidad de sedimentos en suspensión de las secciones verticales del río Ucayali (izquierdo, centro y derecho) se transporta en la sección derecha y centro lo que representa en porcentaje un 34%.

Gráfico 12. Sedimentos obtenidos por punto de muestreo (en porcentaje), río Ucayali



Fuente: Elaboración propia

4.4 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS DE LAS SECCIONES VERTICALES DEL RÍO AMAZONAS

En el Cuadro N° 5, se muestran los resultados del análisis granulométrico de las muestras de sedimento en suspensión del río Amazonas, donde se observa las cantidades obtenidas por muestra de las tres secciones verticales (izquierdo, derecho, centro) a diferentes profundidades.

Asimismo, el total, promedio, desviación estándar de las secciones, y el total obtenido de las tres secciones del río. Los resultados nos indican que la sección vertical derecha alcanza un valor total de 4.85 g, donde se da la mayor velocidad de transporte de sedimentos del río Amazonas.

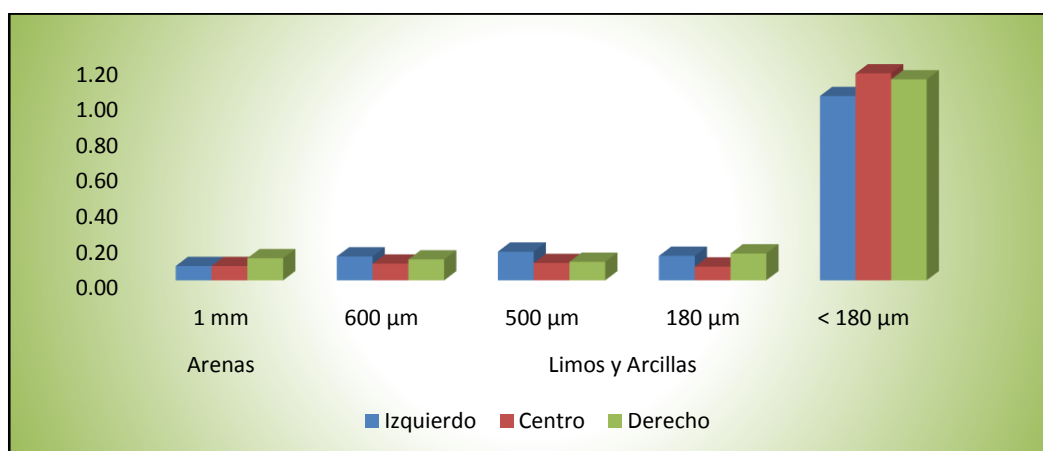
Cuadro N° 05. Cantidad de sedimentos en (g) obtenidos en laboratorio. Río Amazonas

N°	CÓDIGO	Punto de muestreo	PROF. (m)	Arenas	Limos y Arcillas				Total (g)
				1 mm	600 μ m	500 μ m	180 μ m	< 180 μ m	
19	A6 I0.2 H	Izquierdo	2.2 m	0.12	0.11	0.14	0.16	0.61	1.14
20	A6 I0.6 H	Izquierdo	8.7 m	0.04	0.03	0.14	0.03	1.13	1.37
21	A6 I0.8 H	Izquierdo	11.6 m		0.26	0.2	0.22	1.35	2.03
TOTAL				0.16	0.40	0.48	0.41	3.09	4.54
PROMEDIO				0.08	0.13	0.16	0.14	1.03	0.31
DESVEST				0.06	0.12	0.03	0.10	0.38	
22	A6 C0.2 H	Centro	3.5 m	0.02	0.1	0.02	0.04	0.66	0.84
23	A6 C0.6 H	Centro	9 m	0.09	0.06	0.13	0.08	1.18	1.54
24	A6 C0.8 H	Centro	10 m	0.13	0.12	0.14	0.11	1.63	2.13
TOTAL				0.24	0.28	0.29	0.23	3.47	4.51
PROMEDIO				0.08	0.09	0.10	0.08	1.16	0.30
DESVEST				0.06	0.03	0.07	0.04	0.49	
25	A6 D0.2 H	Derecho	1.5 m	0.17	0.12	0.01	0.13	0.87	1.3
26	A6 D0.6 H	Derecho	4.3 m	0.08	0.09	0.17	0.08	1.05	1.47
27	A6 D0.8 H	Derecho	5.8 m	0.12	0.14	0.13	0.24	1.45	2.08
TOTAL				0.37	0.35	0.31	0.45	3.37	4.85
PROMEDIO				0.12	0.12	0.10	0.15	1.12	0.32
DESVEST				0.05	0.03	0.08	0.08	0.30	
TOTAL AMAZONAS (g)				0.77	1.03	1.08	1.09	9.93	13.9

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 13, se presenta el peso total de las muestras de las secciones verticales (izquierdo, centro y derecho) tomado a profundidades del río Amazonas, donde se observa que en las muestras de sedimentos en suspensión presenta mayor cantidad de partículas menores de 180 μ m, en lo que corresponde a limo y arcilla (9.93 g), caso contrario se observa en partículas de 1 mm (arena), se presentan en menor cantidad (0.77 g).

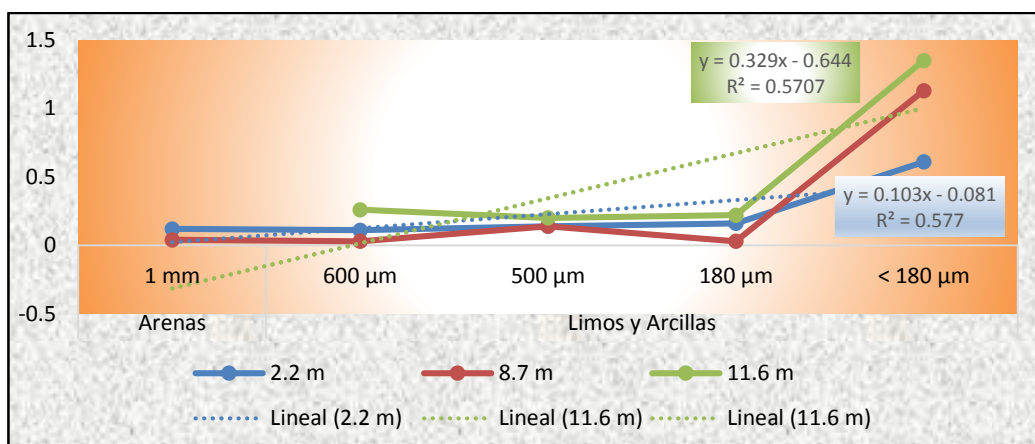
Gráfico 13. Total de Sedimentos de tres secciones verticales del río Amazonas



Fuente: Elaboración propia

El total de sedimentos en gramos de la sección izquierda del río Amazonas (Gráfico 14), se observa que a diferentes profundidades la tendencia es creciente en lo que se refiere a la mayor concentración de partículas (sedimentos). Realizado el análisis de regresión y correlación, la línea de tendencia muestra la regresión lineal de los datos (pesos en gramos), no se observa mucha variación en los valores en las partículas de sedimento desde 1 mm (arenas) hasta 180 µm, siendo mucho más acentuada en partículas menores de 180 µm en los que corresponde a limo y arcilla. En cuanto al coeficiente de determinación (R^2) a diferentes profundidades (2.2 m, 8.7 m, 11.6 m respectivamente), se destaca la profundidad de 11.6 m alcanzó un valor de 57.07%, lo cual nos indica que de la variación total del peso es atribuible al tamaño de partículas observados en la sección vertical izquierda del río Amazonas, y el 42.9% de la variabilidad restante que no es explicada por la regresión, caso similar se observa para una profundidad de 2.2m, no siendo significativo estadísticamente dicho valor. Además, cabe resaltar que en las diferentes profundidades analizadas se observan mayor cantidad de sedimentos de 180 µm y menores de 180 µm.

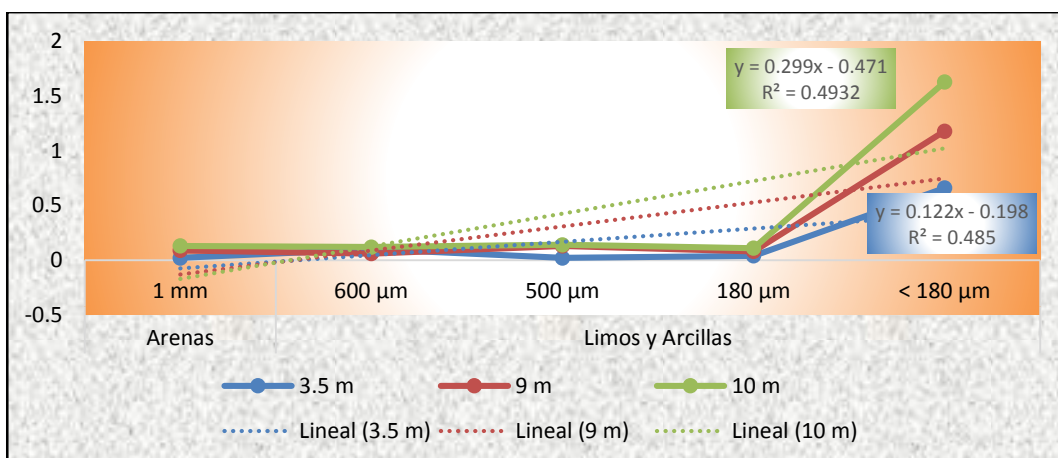
Gráfico 14. Total de Sedimentos (g) de la sección vertical izquierda del río Amazonas



Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 15, se muestran los resultados de los pesos de las muestras de sedimentos de la sección vertical centro, donde se observa que a diferentes profundidades la tendencia es creciente en lo que se refiere a la mayor concentración de partículas (sedimentos). Realizado el análisis de regresión y correlación, la línea de tendencia muestra la regresión lineal de los datos (pesos en gramos), en forma ascendente, siendo mucho más acentuada en partículas menores de 180 µm en los que corresponde a limos y arcillas. En cuanto al coeficiente de determinación (R^2) a diferentes profundidades (3.5 m, 9.0 m, 10.0 m respectivamente), en el cual se observa valores similares, no siendo significativo estadísticamente dicho valor.

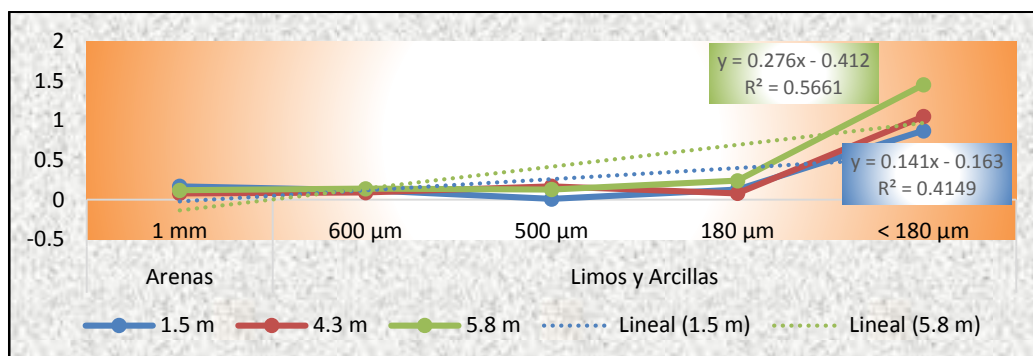
Gráfico 15. Total de Sedimentos (g) de la sección vertical centro del río Amazonas



Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 16, se muestran los resultados del análisis de granulometría sometido a las muestras de sedimentos en suspensión correspondiente a la sección vertical derecha, donde se observa que a diferentes profundidades la tendencia es creciente en lo que se refiere a la mayor concentración de partículas (sedimentos). Según el análisis de regresión y correlación, la línea de tendencia muestra la regresión lineal de los datos (pesos en gramos), en forma ascendente, siendo mucho más acentuada en partículas menores de 180 µm en los que corresponde a limos y arcillas. En cuanto al coeficiente de determinación (R^2) a diferentes profundidades (1.5 m, 4.3 m, 5.8 m respectivamente) donde se observa que a una profundidad de 5.8 m alcanzó un valor de 56.6% lo cual nos indica que de la variación total del peso es atribuible al tamaño de partículas observados en la sección vertical derecha del río Amazonas, y el valor de 43.4% de la variabilidad restante que no es explicada por la regresión, no siendo significativo estadísticamente dicho valor.

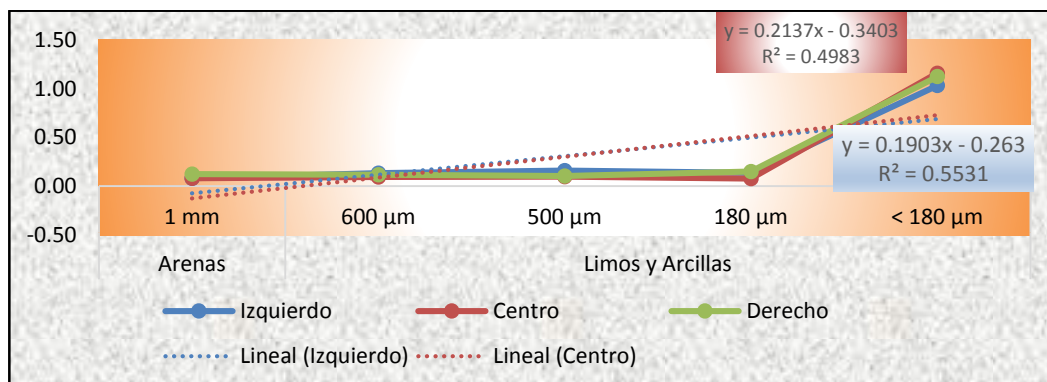
Gráfico 16. Total de Sedimentos (g) de la sección vertical derecha del río Amazonas



Fuente: Elaboración propia

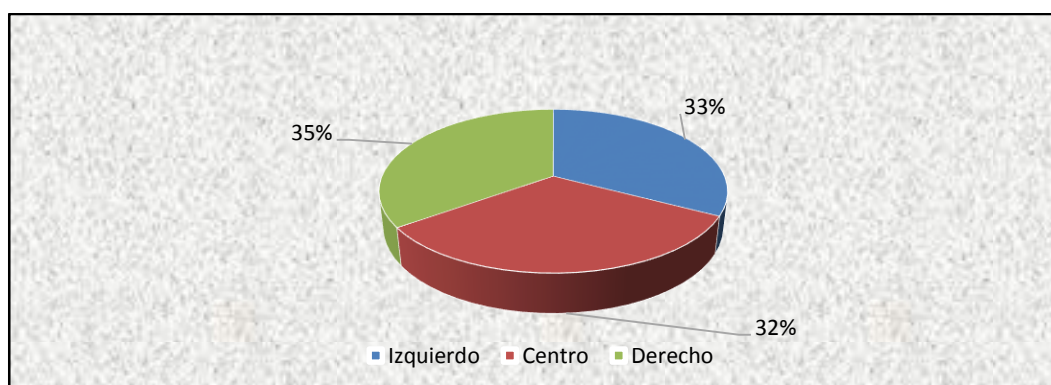
El peso promedio de los sedimentos de las tres secciones verticales del río Amazonas (izquierda, centro, derecha) se muestra en el Gráfico 17, se observa que no existe variabilidad con respecto a los pesos y el tamaño de partículas, desde 1 mm hasta los 180 µm, marcándose la diferencia desde los 180 µm lo que a su vez hace notar que casi en todas las secciones mayormente el río Amazonas mayor cantidad de sedimentos en lo que respecta a limos y arcillas (< 180 µm). Del mismo modo, al efectuar el análisis de regresión y correlación ($y = 0.2137x - 0.3403$) se observan similitudes para todas las secciones, marcándose cierta diferencia según el cálculo del coeficiente de determinación (R^2), donde resalta la sección izquierda del río con un valor de 55.3%, donde nos indica que la variación al peso de los sedimentos es atribuible al tamaño de partículas que transporta el río Amazonas y el 44.7% no es explicada en la regresión no siendo este valor significativo estadísticamente. Sin embargo, al evaluar que sección del río transporta mayor cantidad de sedimentos según el Gráfico 18, se puede manifestar que la sección vertical derecha transporta el 35% del total de sedimentos.

Gráfico 17. Peso promedio de Sedimentos (g) de las tres secciones verticales del río Amazonas.



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 18. Sedimentos obtenidos por punto de muestreo (en porcentaje), río Amazonas



Fuente: Elaboración propia

4.6 CAUDAL DE LIQUIDOS Y CAUDAL DE SÓLIDOS DE LOS RÍOS MARAÑÓN, UCAYALI Y AMAZONAS.

En el Cuadro N° 6, se muestran los cálculos del caudal de líquidos en metros cúbicos por segundo (m^3/s) y el caudal de sólidos en toneladas por día (t/día) de los ríos Marañón, Ucayali y Amazonas.

Según los cálculos efectuados con las muestras obtenidas de los sedimentos en suspensión de los tres ríos en mención, se puede manifestar que el río Amazonas es que muestra mayor caudal de $43,414 m^3/s$, seguido por el río Marañón con $23,825 m^3/s$ y el Ucayali con $19,395 m^3/s$. En lo que se refiere al caudal de sólidos, transportados por los ríos en estudio según los cálculos

realizados podemos mencionar que el río Amazonas transporta a través del caudal del cauce 761,941 t/día, siendo los aportantes el río Ucayali y el Marañón, cada uno de ellos aporta 311,055 y 304,228 t/día respectivamente, (Gráfico 19), por lo que la dinámica fluvial tiene un efecto extenso sobre el medio ambiente abiótico y biótico en la Amazonia Peruana (**Kalliola et al., 1987; Kalliola et al., 1992^a y 1992b**). Además, es necesario mencionar que durante las inundaciones grandes cantidades de agua penetran las planicies de inundación y, los ríos de agua blanca como el Amazonas, traen consigo una carga considerable de sedimentos fértiles, con origen en los Andes (**Sioli, 1984; Furch y Klinge, 1989; Rodriguez et al., 1992; Kalliola et al., 1993; Linna 1993**), y además de eso, la mayor parte de los sedimentos superficiales en áreas no inundables es también de origen fluvial (**Räsänen et al., 1987**).

Especialmente en las islas es pronunciada la situación irregular de sedimentos en diferentes períodos; esta característica es típica para los ríos de curso anastomosado; en contraste, a lo largo de los cursos meándricos se puede observar migración unidireccional de las curvas (**Kalliola et al., 1992b**). También un río anastomosado, como el río Amazonas, puede incluir partes meándricas, donde las orillas pueden mostrar tendencias hacia la erosión o la deposición. Cuando esta última es continua, un complejo de orillales será formado como consecuencia de una migración unidireccional del río.

Al referirnos a la dinámica fluvial de los ríos amazónicos, podemos manifestar que los sedimentos transportados en suspensión forman parte de muchos ecosistemas amazónicos mencionados anteriormente. Al respecto, **Lozano y Bardales, 2013**, manifiestan que en la práctica la dinámica fluvial se resuelve en la combinación y el enfrentamiento de procesos de erosión, transporte y sedimentación. Añaden que, de forma natural todos los cursos de agua suelen contar con sectores en los que predomina uno u otro proceso y, asimismo, cualquier merma o eliminación de la dinámica fluvial genera los efectos inversos, es decir, pérdida de biodiversidad y de calidad de los ecosistemas.

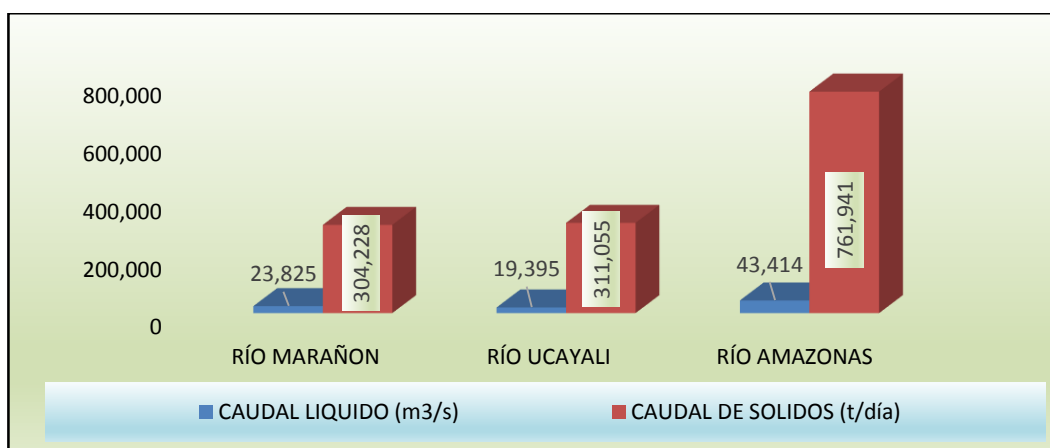
Del mismo modo, **Alonso y Garzón, 1996**, al referirse a la dinámica natural de un río, pero si las condiciones de este han sido modificadas debido a la acción antrópica, las respuestas, tanto de tipo erosivo como sedimentario se ven aún más alteradas y potenciadas.

CUADRO N° 6. CÁLCULO DEL CAUDAL DE LÍQUIDOS (m³/s) Y CAUDAL DE SÓLIDOS (t/día) QUE TRANSPORTAN LOS RÍOS MARAÑÓN, UCAYALI Y AMAZONAS.

SECCION MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ANALISIS	VOL. (ml)	PESO DE MUESTRA (g)	CONC. (g/l)	CAUDAL LIQUIDO (m ³ /s)	CAUDAL DE SOLIDOS (t/día)
RÍO MARAÑÓN	24/10/2014	12/12/2014	2,496	0.369	0.148	23,825	304,228
RÍO UCAYALI	24/10/2014	12/12/2014	2,418	0.449	0.186	19,395	311,055
RÍO AMAZONAS	24/10/2014	12/12/2014	2,521	0.512	0.203	43,414	761,941

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 19. Total del Caudal de Líquidos (m³/s) y Caudal de Sólidos (t/día) Sedimentos obtenidos por punto de muestreo (en porcentaje), río Amazonas.



Fuente: Elaboración propia

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. Del total de las muestras analizadas de sedimentos en suspensión de las secciones verticales (izquierda, centro y derecha) del río Marañón, a diferentes profundidades en la sección vertical derecha se obtuvo 4.13 g de sedimento, siendo la profundidad de 7.5 m la que alcanzó un valor de 1.59 g.
2. En todas las secciones verticales del río Marañón, se observan comportamiento similares en lo que se refiere a la cantidad de sedimentos en suspensión transportados por el cauce del río, mostrando mayor cantidad de partículas de limo y arcilla que arena según el análisis de laboratorio, donde el tamaño de partículas desde 1mm a 180 μm no se observa variación, destacando en mayor proporción las partículas menores de 180 μm (limos y arcillas), con un valor de 7.09 g.
3. Según el coeficiente de determinación (R^2) de todas las secciones verticales y a diferentes profundidades, se observa que en la sección centro del río Marañón se obtiene 85.7% lo cual nos indica que la variación total del peso de las muestras observadas es atribuible al tamaño de partículas de los sedimentos y, el 14.3% de la variabilidad restante no es explicada por la regresión, siendo estadísticamente significativo para una profundidad de 8 m, lo que significa que un 39% del total de sedimentos se transportan en la sección vertical derecha del río Marañón.
4. El transporte de sedimentos en suspensión en las secciones verticales del río Ucayali, según los resultados, la mayor cantidad de sedimentos se refleja en la sección centro con 4.2 gramos alcanzando el mayor valor a 15 m de profundidad.

5. En el río Ucayali se obtiene resultados similares a los del río Marañón, en lo que se refiere a la cantidad de partículas de arena y limos y arcillas, siendo éstas las que predominan más, destacando aquellas menores de 180 μm que alcanzan un valor de 8.49 g en total, en comparación con las de arena que alcanzan un valor de 0.57 g.
6. Según el cálculo del coeficiente de determinación (R^2) de todas las secciones verticales y a diferentes profundidades, se observa que en la sección centro del río Ucayali se obtiene 50.9% lo cual nos indica que la variación total del peso de las muestras observadas es atribuible al tamaño de partículas de los sedimentos y, el 49.1% de la variabilidad restante no es explicada por la regresión; lo que nos indica además que, la mayor cantidad de sedimentos se transportan en la sección derecha y centro del río Ucayali.
7. El río Amazonas, formado por la confluencia del Ucayali y Marañón, es aquel que transporta la mayor cantidad de sedimentos en suspensión que los ríos mencionados, siendo la sección vertical derecha la que transporta mayor cantidad de sedimento en su cauce alcanzando un total de 4.85 g, donde se da la mayor velocidad de transporte.
8. De las tres secciones estudiadas, el total de sedimentos que transporta el río Amazonas es de 13.9 g, de los cuales refleja mayor cantidad las partículas menores de 180 μm con 9.93 g (limos y arcillas) y en lo que se refiere a arenas es de 0.77 g.
9. Según el coeficiente de determinación (R^2) para las tres secciones estudiadas se resalta el valor de 53.3% obtenida según los análisis estadísticos de la sección izquierda del río Amazonas, que nos indica que la variación del peso es atribuible al tamaño de partículas.
10. Los cálculos nos demuestran que el río Amazonas, es el que presentó mayor caudal líquido de 43,414 m^3/s y el Ucayali 19,395 m^3/s aproximadamente. Asimismo, el río Amazonas mostró el mayor valor de transporte de caudal de sólidos de 761,941 t/día y el Marañón alcanzó un valor de 304,228 t/día aproximadamente.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios más detallados con instrumentos de precisión utilizados en hidrología en tiempo real, con tecnología del ADCP para cuantificar los sedimentos en forma sistemática y precisa con métodos estandarizados accesibles facilitando la viabilidad y sistematización del procesamiento de la información.
2. Realizar estudios de cuantificación de la información en el transporte de sedimentos en suspensión en los ríos en estudio, en épocas de avenidas y estiaje a fin de determinar la relación que existe entre el caudal y transporte de sedimentos, y el comportamiento de los materiales transportados por los ríos. Del mismo modo, desarrollar el análisis químico de los sedimentos a fin de determinar los nutrientes que transporta el caudal del río, a través de los sedimentos en suspensión.
3. Socializar los resultados entre las instituciones afines, con el propósito de implementar sistemas de monitoreo en el comportamiento hidrológico de los ríos amazónicos, y sus efectos positivos o negativos en el desarrollo de los ecosistemas y las actividades que se desarrollan en ellas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **Alarcón J. J.; Szupiany R. N.; Montagnini M. D.; Gaudin H.; Prendes H. H. y Amsler M. L. (2003).** “Evaluación del Transporte de Sedimentos en el Tramo Medio del río Paraná”; Hidráulica de Ríos, Buenos Aires, Argentina.
2. **Dourojenni, M. J. 1990.** La Amazonia: que hacer?. CETA. Centro de Estudios Teológicos de la Amazonia. Universidad de California. 444 p.
3. **Durand C. D. M. (2004).** Geomorfología del origen del río Amazonas. Tesis para optar el Grado de: Magister en Geografía mención en Ordenamiento y Gestión Ambiental. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ingeniería, Geología, Minera, Metalúrgica y Geografía. Unidad de Postgrado. 201 p.
4. **Furch, K & Klinge, H. 1989.** Chemical relationships between vegetation, soil and water in contrasting inundation areas of Amazonia. En: J. Proctor (ed.): Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems, pp. 189 – 204. Special publication number 9 of the British ecological society. Blackwell Scientific Publications. Cambridge.
5. **Holdaway G. P.; Thorne P.D.; Flatt D., Jones S. E. y Prandle D. (1999).** “Comparison between ADCP and transmissometer measurement of suspended sediment concentration”. Continental shelf Research: 19. 421- 441.
6. **Kalliola, R. Salo, J. & Mákinen, Y. 1987.** Regeneración natural de las Selvas en la Amazonia Peruana 1: Dinámica fluvial y sucesión ribereña.
7. **Kalliola, R., Salo, J., Puhakka, M. & Rajasilta, M. 1992a.** New site formation and colonizing vegetation in primary succession on the western Amazon floodplains. J. Ecol. 79: pp. 877 – 901.

8. **Kalliola, R. Salo, J., Puhakka, M. & Rajasilta, M., Háme, T., Neller, R.J., Räsänen, M.E. & Danjoy Arias, W.A. 1992b.** Upper Amazon channel migration. Implications for vegetation disturbance and succession using bitemporal Landsat MSS images. *Naturwiss.* 79: pp. 75 – 79.
9. **Kalliola, R., Linna, A., Puhakka, M., Salo, J. & Räsänen, M. 1993.** Mineral nutrients in fluvial sediments from the Peruvian Amazon. *Catena* 20: pp. 333 – 349.
10. **Linna, A. 1993.** Factores que contribuyen a las características del sedimento superficial en la selva baja de la Amazonia Peruana. *Vegetación húmeda tropical en el llano sub andino.* pp. 87 – 97.
11. **Lozano, J., & Bardales, J. 2013.** “Dinámica fluvial de restinga baja y su impacto en agroforestería ribereñas, río Ucayali, Santa Cruz de Yanallpa. Loreto. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. UNAP.
12. **Latosinski F. G.; Szupiany R. N.; García C. M., Gallego M., Amsler M. L. y Pujol A. 2011.** Estimación de la Concentración y Transporte de Sedimentos de fondo en Suspensión con Perfilador Acústico Doppler. *Hidráulica Fluvial: Procesos de Erosión y Sedimentación, Obras de Control y Gestión de Ríos. Memorias del Quinto Simposio Regional sobre Hidráulica de ríos.* Santiago del Estero. Argentina. 2-4 de noviembre del 2011. 19 pág.
13. **Maza, J. A., 1987.** “Introduction to River Engineering”, División de Estudios de Postgrado. Facultad de Ingeniería UNAM.
14. **Niño, Y. 2004.** *Hidráulica Fluvial y transporte de Sedimentos. Transporte Hidráulico de sólidos.* Universidad de Chile. 68 p.
15. **Ollero, O, A. (2 007).** Las alteraciones geomorfológicas de los ríos. Ministerio del Ambiente- Universidad Politécnica de Madrid. Mesas de Trabajo, 96 p. Recuperado de internet: https://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/alarchil/MASTER%20ECO/rios4.pdf
16. **Räsänen, M., Salo, J. & Kalliola, R. 1987.** Fluvial disturbance in the Western Amazon Basin: regulation by long-term Sub-Andean tectonic. *Science* 238: pp. 1398 – 1401.

17. **Rodríguez, F., Paredes, G., Bazán, R. & Ramírez, J. 1992.** Algunas propiedades físicas, químicas y mineralógicas de materiales sedimentarios recientes en un complejo de orillales del río Amazonas. Folia Amazónica 4: pp. 5 – 26.
18. **Salo J., Kalliola R., Hakinen I., Makinen Y., Niemella P., Puhakka N., Coley. P.D. (1986).** River dynamics and the diversity of Amazon Lowlandforest. Nature 321 (254 – 258).
19. **Sioli, H. 1984.** The Amazon and its mains affluents: hidrography, morphology of de rivers courses, and rivers types. En Sioli, H. (ed.), The Amazon. Limnology and lanscape ecology of mighty tropical river and its basin. Dr. W. Junk Publishers, the Hague. pp. 127 – 165.
20. **Tuukki, E., Jokinen, P. y Kalliola, R. 1 996.** Migraciones en el río Amazonas en las últimas décadas, sector confluencia río Ucayali y Marañón-Isla Iquitos. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Folia Amazónica Vol 8(1). Recuperado de internet:
<http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/PUBL647.pdf>

REFERENCIA ELECTRONICA

Webs consultadas:

<http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/PUBL647.pdf>

(Arturo Elosegui, 2009. La vegetación terrestre asociada al río)

<http://transportesedimentos.tripod.com/esp/1.2.htm>

[http://artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/T_TRANSPORTE SEDIMENTOS.pdf](http://artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/T_TRANSPORTE_SEDIMENTOS.pdf)

www.limnetica.com/.../L22b001_Cambios_geomorfologicos_rio_Jarama..

<https://es.wikipedia.org/wiki>

<https://books.google.com.pe>

ANEXOS

ANEXO 1. DATOS PROCESADOS DE MUESTRAS DE LAS SECCIONES VERTICALES DE LOS RÍOS MARAÑÓN, UCAYALI Y AMAZONAS.

Nº	CÓDIGO	Punto de muestreo	PROF. (m)	Arenas	Limos y Arcillas					Total
				1 mm	600 µm	500 µm	180 µm	< 180 µm		
1	M1 I0.2 H	Izquierdo	1.1 m	0.12	0.09	0.07	0.14	0.62	1.04	
2	M1 I0.6 H	Izquierdo	5.5 m	0.01	0.1	0.05	0.12	0.79	1.07	
3	M1 I0.8 H	Izquierdo	7.8 m	0.04	0.05	0.09	0.1	0.97	1.25	
TOTAL (g)				0.17	0.24	0.21	0.36	2.38	3.36	
PROMEDIO				0.06	0.08	0.07	0.12	0.79	0.22	
DESVEST				0.06	0.03	0.02	0.02	0.18		
4	M1 C0.2 H	Centro	3.2 m	0.11	0.1	0.12	0.11	0.51	0.95	
5	M1 C0.6 H	Centro	8 m	0.01	0.11	0.09	0.28	0.52	1.01	
6	M1 C0.8 H	Centro	11 m	0.02	0.11	0.06	0.11	0.98	1.28	
TOTAL (g)				0.14	0.32	0.27	0.5	2.01	3.24	
PROMEDIO				0.05	0.11	0.09	0.17	0.67	0.22	
DESVEST				0.06	0.01	0.03	0.10	0.27		
7	M1 D0.2 H	Derecho	2 m	0.12	0.11	0.15	0.12	0.77	1.27	
8	M1 D0.6 H	Derecho	5.5 m	0.03	0.04	0.1	0.2	0.9	1.27	
9	M1 D0.8 H	Derecho	7.5 m	0.04	0.11	0.09	0.32	1.03	1.59	
TOTAL (g)				0.19	0.26	0.34	0.64	2.7	4.13	
PROMEDIO				0.06	0.09	0.11	0.21	0.90	0.28	
DESVEST				0.05	0.04	0.03	0.10	0.13		
TOTAL MARAÑÓN (g)				0.50	0.82	0.82	1.50	7.09	10.73	
10	U1 I0.2 H	Izquierdo	4 m	0.03	0.04	0.02	0.07	0.34	0.5	
11	U1 I0.6 H	Izquierdo	10.1 m	0.07	0.08	0.06	0.11	0.66	0.98	
12	U1 I0.8 H	Izquierdo	15.5 m	0.13	0.15	0.1	0.35	1.63	2.36	
TOTAL				0.23	0.27	0.18	0.53	2.63	3.84	
PROMEDIO				0.08	0.09	0.06	0.18	0.88	0.26	
DESVEST				0.05	0.06	0.04	0.15	0.67		
13	U1 C0.2 H	Centro	4 m	0.01	0.1	0.08	0.09	0.61	0.89	
14	U1 C0.6 H	Centro	11 m	0.03	0.09	0.11	0.04	1.2	1.47	
15	U1 C0.8 H	Centro	15 m	0.09	0.2	0.07	0.09	1.39	1.84	
TOTAL				0.13	0.39	0.26	0.22	3.2	4.2	
PROMEDIO				0.04	0.13	0.09	0.07	1.07	0.28	
DESVEST				0.04	0.06	0.02	0.03	0.41		
16	U1 D0.2 H	Derecho	3.5 m	0.02	0.06	0.07	0.02	0.6	0.77	
17	U1 D0.6 H	Derecho	10 m	0.12	0.12	0.09	0.14	1.68	2.15	
18	U1 D0.8 H	Derecho	13.5 m	0.1	0.1	0.04	0.2	0.72	1.16	
TOTAL				0.24	0.28	0.20	0.36	3.00	4.08	
PROMEDIO				0.08	0.09	0.07	0.12	1.00	0.27	
DESVEST				0.05	0.03	0.03	0.09	0.59		
TOTAL UCAYALI (g)				0.6	0.94	0.64	1.11	8.83	12.12	
19	A6 I0.2 H	Izquierdo	2.2 m	0.12	0.11	0.14	0.16	0.61	1.14	
20	A6 I0.6 H	Izquierdo	8.7 m	0.04	0.03	0.14	0.03	1.13	1.37	
21	A6 I0.8 H	Izquierdo	11.6 m		0.26	0.2	0.22	1.35	2.03	
TOTAL				0.16	0.40	0.48	0.41	3.09	4.54	
PROMEDIO				0.08	0.13	0.16	0.14	1.03	0.31	
DESVEST				0.06	0.12	0.03	0.10	0.38		
22	A6 C0.2 H	Centro	3.5 m	0.02	0.1	0.02	0.04	0.66	0.84	
23	A6 C0.6 H	Centro	9 m	0.09	0.06	0.13	0.08	1.18	1.54	
24	A6 C0.8 H	Centro	10 m	0.13	0.12	0.14	0.11	1.63	2.13	
TOTAL				0.24	0.28	0.29	0.23	3.47	4.51	
PROMEDIO				0.08	0.09	0.10	0.08	1.16	0.30	
DESVEST				0.06	0.03	0.07	0.04	0.49		
25	A6 D0.2 H	Derecho	1.5 m	0.17	0.12	0.01	0.13	0.87	1.3	
26	A6 D0.6 H	Derecho	4.3 m	0.08	0.09	0.17	0.08	1.05	1.47	
27	A6 D0.8 H	Derecho	5.8 m	0.12	0.14	0.13	0.24	1.45	2.08	
TOTAL				0.37	0.35	0.31	0.45	3.37	4.85	
PROMEDIO				0.12	0.12	0.10	0.15	1.12	0.32	
DESVEST				0.05	0.03	0.08	0.08	0.30		
TOTAL AMAZONAS (g)				0.77	1.03	1.08	1.09	9.93	13.9	

ANEXO 2. RESUMEN DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN DE TRES SECCIONES VERTICALES DE LOS RÍOS MARAÑÓN, UCAYALI Y AMAZONAS

SECCION MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ANALISIS	VOLUMEN (ml)	PESO DE MUESTRA (g)	CONC. (g/l)	CAUDAL LIQUIDO	CAUDAL DE SÓLIDOS
Marañón Derecho	24/10/2014	12/12/2014	2500	0.373333333	0.149333333	23,825.1	307,400.92
Marañón Centro	24/10/2014	12/12/2014	2498	0.36	0.144115292	23,825.1	296,659.64
Marañón Izquierdo	24/10/2014	12/12/2014	2490	0.373333333	0.149933066	23,825.1	308,635.46
MARAÑÓN	24/10/2014	12/12/2014	2496	0.369	0.148	23,825.1	304,228.15
Ucayali Derecho	24/10/2014	12/12/2014	2312	0.453	0.196	19,395.5	328,582.55
Ucayali Centro	24/10/2014	12/12/2014	2490	0.467	0.187	19,395.5	314,066.86
Ucayali Izquierdo	24/10/2014	12/12/2014	2453	0.427	0.174	19,395.5	291,478.04
UCAYALI	24/10/2014	12/12/2014	2418	0.449	0.186	19,395.5	311,055.13
Amazonas Derecho	24/10/2014	12/12/2014	2505	0.539	0.215	43,413.7	806,923.00
Amazonas Centro	24/10/2014	12/12/2014	2525	0.501	0.198	43,413.7	744,411.79
Amazonas Izquierdo	24/10/2014	12/12/2014	2533	0.496	0.196	43,413.7	734,930.78
AMAZONAS	24/10/2014	12/12/2014	2521	0.512	0.203	43,413.7	761,941.23

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 4. FOTOS



Foto N° 1. Investigadores trasladándose hasta los puntos de muestreo



Foto N° 2. Calibración de los equipos, acoplamiento de la botella de Niskin



Foto N° 3. Tesista con el envase conteniendo muestra de sedimentos en suspensión



Foto N° 4. Envase con muestras de sedimentos, recientemente colectados



Foto N° 5. Transferencia de las muestras de sedimentos hacia el envase de plástico



Foto N° 6. Preparación de muestras en el Laboratorio para su caracterización