

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA**



**ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO DE SEDIMENTOS DEL RÍO
ORINOCO EN EL SECTOR MATANZAS – PALO SOLO,
ESTADOS BOLÍVAR Y ANZOÁTEGUI, VENEZUELA**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO
POR LA BACHILLER
TORRES, CHIQUINQUIRÁ
PARA OPTAR AL TÍTULO
DE GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, JUNIO DE 2019



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

ACTA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, titulado: “ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO DE SEDIMENTOS DEL RÍO ORINOCO EN EL SECTOR MATANZAS – PALO SOLO, ESTADOS BOLÍVAR Y ANZOÁTEGUI, VENEZUELA.”, presentado por la bachiller, **TORRES, CHIQUINQUIRÁ** de cédula de identidad No **24.038.578**; como requisito parcial para optar al título de **GEÓLOGO** ha sido **APROBADO** por el jurado integrado por los profesores de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente.

Nombre:

Firma:

Prof. Dafnis Echeverría D.

(Asesor)

Prof. Francisco Monteverde

(Jurado)

Prof. Javier Ramos M.

(Jurado)

Prof. Rosario Rivadulla.
Jefe de Dpto. de Geología.

Prof. Francisco Monteverde
Director Escuela de Ciencias de la Tierra

En Ciudad Bolívar, a los 15 días del mes de Junio de 2019

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi Dios por su inmenso amor y por darme en cada momento de la vida, grandes bendiciones, fortaleciendo mi espíritu y mis ganas de seguir adelante, en todo momento.

A mi Abuela Georgina T, A mi Tía Ana Livia T, A mi Cuñada Milagros que desde el cielo, estoy segura que siempre me acompañaron mandándome las fuerzas y energías necesarias en mis momentos más duros.

A mis padres Irma Martínez y Simón Torres que han sido un apoyo en todo momento, y entregaron su universo entero para que este logro se hiciera realidad quienes me brindaron todo su amor, orientando cada paso de mi vida con mucha dedicación y esfuerzo. Que toda meta puede ser alcanzada con paciencia, perseverancia y dedicación. GRACIAS.

A Mi hermano Víctor A, que siempre aportó todo lo que estuvo a su alcance para Apoyarme en este Camino. A Mi Hermana Nilsia G que vivió a mi lado cada momento de lágrima, alegría y esfuerzo.

A Mis Primas en Especial a mi prima Nycleve R que siempre estuvo al pendiente en todo momento de mí y celebrando cada logro como si fuera de ambas

A la Familia Martínez, en especial a Mi Tía Nilza M por Brindarme su apoyo en todos los momentos que lo necesite y su cariño .A la Familia Torres, en especial a mi Tía Zulma T, por cada llamada de aliento por estar siempre al pendiente de mis avances en el transcurso de mi vida, por creer en mí.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, todopoderoso por haber sido mi ayuda, mi consejero y mi maestro durante todo este proceso y en toda mi vida.

A mi Madre Irma Martínez por brindarme su apoyo espiritual y moral, por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. A mi Padre Simón Torres por brindarme todo su amor, comprensión y dedicación, para ser de mí una mujer exitosa, por ser ejemplo de superación y fortaleza en mi vida, conté con su apoyo en todos los momentos épicos de mi etapa de crecimiento personal como académica.

A mi Ángel Ana Livia Torres por guiarme y protegerme en todo momento, por ser mi guía y apoyarme como una madre, hasta el momento que dios decidió que velaras por mí desde el cielo, por ser una pieza fundamental en mi vida.

A mi hermana Nilsia Guerra por su dedicación, paciencia y amor por ser mi ejemplo profesional a seguir por acompañarme en este camino lleno de altas y bajas. A mi prima Nycleve Rodríguez por todo su apoyo y cariño por llenar mi vida de alegrías y risas cuando más lo he necesitado. A mi Eterno enamorado David Hurtado por todo su apoyo y comprensión durante este camino.

Al Ingeniero Geólogo Dafnis Echeverría por asesorarme en la realización del trabajo de grado. Y todos mis profesores por su dedicación y enseñanza. A la Universidad de Oriente, por permitirme formar parte de ella y darme cobijo y conocimientos en sus aulas. Al Instituto Nacional de Canalizaciones por facilitarme la información hidrográfica del río Orinoco correspondiente al área de estudio.

RESUMEN

El objetivo general de la presente investigación persigue realizar un análisis del movimiento de sedimentos que se produce en el sector Matanzas – Palo Solo del río Orinoco. Tal estudio obedece a la necesidad de disponer de información veraz que ilustre sobre el comportamiento de estos sedimentos durante su tránsito por el mencionado sector. La principal razón de realizar el análisis del movimiento de sedimentos en el sector mencionado consiste en que estos materiales pudieran incrementar la sedimentación del canal de navegación, disminuyendo las profundidades y dificultando el paso de embarcaciones de gran calado a través de ese sector. La zona de estudio está ubicada en el río Orinoco, aproximadamente a 6 millas náuticas al oeste de la población de San Félix, en el estado Bolívar. El trabajo constó de una etapa de recolección de información tal como cartas de navegación y planos batimétricos del sector, datos climatológicos de la zona de estudio, datos de aforos del río, entre otros. Durante la etapa de campo se realizaron todas las labores prácticas de recolección de muestra de sedimentos del lecho del cauce del río y observaciones sobre la geología y geomorfología de las riberas. Durante la etapa de laboratorio se realizaron los ensayos pertinentes a las muestras de suelos, tales como: análisis granulométricos y análisis morfoscópicos de las partículas. Finalmente, en la etapa de oficina se efectuaron las digitalizaciones de los planos batimétricos que fueron incorporados al computador a través del programa Autocad, a través de esto se realizó la construcción de secciones transversales y modelos digitales del lecho. Se identificaron las zonas que muestran evidencias de movimiento de sedimentos. Se analizó la correlación de los datos de niveles del río, de velocidad de la corriente y caudales. Se aplicaron los modelos de Hjulstrum y Visher para cualificar el movimiento de los sedimentos. Entre los resultados relevantes se pueden citar los siguientes: el tipo de sedimento presente en el área de estudio corresponde, a arenas de medias a finas y de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos corresponde a arenas mal gradadas (SP). De acuerdo al modelo de Hjulstrum los sedimentos para mantenerse en transporte requerirán velocidades de corriente entre 0.21 m/s y 0.70 m/s y según el criterio del modelo de Visher los sedimentos son movilizados en mayor medida bajo la modalidad de saltación.

CONTENIDO

	Página
ACTA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	v
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS	xii
LISTA DE APÉNDICES	xiii
INTRODUCCION	1
CAPÍTULO I. SITUACIÓN A INVESTIGAR	1
1.1 Planteamiento del problema	4
1.2 Objetivos de la investigación	7
1.2.1 Objetivo general.....	7
1.2.2 Objetivos específicos.....	8
1.3 Justificación de la investigación.....	8
1.4 Alcance de la investigación	9
1.5 Limitaciones de la investigación	9
CAPÍTULO II. GENERALIDADES	10
2.1 Ubicación y acceso del área de estudio	10
2.2 Geomorfología regional.	12
2.3 Aspectos geomorfológicos del río Orinoco.....	12
2.4 Geología regional	13
2.4.1 Provincia Geológica de Imataca.....	13
2.4.2 Formación Mesa	14
2.4.3 Depósitos Aluviales	15

2.5 Geología local.....	16
2.6 Hidrografía del río Orinoco	16
2.6.1 Procesos hidrológicos del río Orinoco.....	18
2.7 Caracterización biótica	19
2.7.1 Fauna.....	19
2.7.2 Flora.....	19
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO.....	21
3.1 Antecedentes o estudios previos.....	21
3.2 Bases teóricas	22
3.2.1 Sedimentos.....	22
3.2.2 Propiedades de los sedimentos	22
3.2.2.2 Forma.....	23
3.2.2.3 Esfericidad	23
3.2.2.4 Redondez	23
3.2.2.5 Fábrica	23
3.2.2.6 Empaque	24
3.2.4 Mecanismos de transporte de sedimentos.....	28
3.2.5 Distribución de los sedimentos. Granulometría.....	31
3.2.6 Morfoscopía de los sedimentos	31
3.2.7 Medición del transporte de sedimentos en las distintas formas del lecho .	32
3.2.8 Muestreo de sedimentos	37
3.3 Bases legales.....	39
3.4 Definición de términos básicos	41
3.4.1 Barras.....	41
3.4.2 Los sedimentos gruesos (arenas y grabas).....	41
3.4.3 Los sedimentos finos (arenas finas, limos y arcillas)	42
3.4.4 Carga de fondo.....	42
3.4.6 El número de Froude	42

3.4.7 Patrón de drenaje	42
3.4.8 Caudal	42
3.4.9 Saltación	43
3.4.10 Suelo	43
3.4.11 Estructuras	44
CAPÍTULO IV. METODOLOGIA DE TRABAJO	45
4.1 Tipo de investigación	45
4.2 Diseño de la investigación.....	45
4.3 Población y muestra de la investigación	46
4.3.1 Población de la investigación	46
4.3.2 Muestra de la investigación	46
4.4.1 Técnicas de investigación	47
4.4.2 Instrumentos de recolección de datos	48
4.5 Flujograma de la investigación.....	49
4.6 Procedimiento para el logro de los objetivos	50
4.6.1 Caracterización textural de los materiales del cauce presentes en el área de estudio del río Orinoco.....	50
4.6.2 Descripción de las condiciones del flujo del río con base a los niveles de la superficie del agua y a los caudales.....	50
Con base a los registros históricos de aforos efectuados en la zona de estudio suministrados por el Instituto Nacional de Canalizaciones, se realizará una correlación entre los parámetros fundamentales medidos tales como los niveles del río, caudales y velocidades de corrientes.	50
4.6.3 Caracterización del movimiento de los sedimentos del río con base a los criterios de Hjulstrum.....	51
4.6.4 Caracterización de los mecanismos mediante el cual se produce el movimiento de los sedimentos del río con base a los criterios Visher.....	51

CAPÍTULO V. ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	52
5.1 Caracterización climática del área de estudio	52
5.1.1 Precipitación	53
5.1.2 Evaporación	54
5.1.3 Temperatura	55
5.1.4. Insolación.....	56
5.1.5 Humedad Relativa	57
5.2 Características texturales de los sedimentos del lecho	59
5.3 Características hidráulicas del flujo del agua	63
5.4 Caracterización del movimiento de los sedimentos del río	66
5.4.1 Estado de movilidad con base a los criterios de Hjulstrum,.....	66
5.4 Modalidad de transporte de los sedimentos según criterio de Visher	68
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
Conclusiones	72
Recomendaciones	73
REFERENCIAS	74
APÉNDICES	84

LISTA DE FIGURAS

		Página
2.1	Ubicación geográfica del área de estudio.....	10
2.2	Sector Matanzas –Palo Solo.....	
3.1	Diagrama del modelo de Hjulstrom.....	24
3.2	Perfil longitudinal de un río, evidenciando una selección granulométrica (Reineck y Sing 1981).....	25
3.3	Tipos de transporte de los sedimentos de un río. (Reineck y Sing 1981).....	27
3.4	Curvas de frecuencia acumulativa de arena de playa representada en escala de probabilidad. Consiste de cuatro (4) segmentos de línea recta (Visher, 1969).....	29
3.5	Modelo de descarga de sedimentos en ríos (FAO, 2017).....	34
3.6	Esquema sugerido para el muestreo de sedimentos con puntos de muestreo a media profundidad del caudal (FAO, 2017).....	37
3.7	Representación de equipo para levantamientos batimétricos.....	38
3.8	Representación de sondeo con: a) ecosonda multifrecuencia y b) con ecosonda monofrecuencia.....	38
4.1	Flujograma de la investigación.....	48
5.1	Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2017).....	53
5.2	Variación anual de la evaporación (mm). Estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2017).....	54
5.3	Variación anual de la temperatura máxima, media y mínima (°C) en la Estación Puerto Ordaz R-A (INAMEH, 2017).....	55
5.4	Variación anual de la insolación (horas). Estación Puerto Ordaz (INAMEH,2017).....	56
5.5	Variación anual de la humedad relativa (%). Estación Puerto Ordaz. (INAMEH, 2017).....	57
5.6	Toma de muestras de fondo en el río Orinoco.....	58
5.7	Equipo utilizado para la descripción de los minerales pesados presentes en las muestras recolectadas en campo.....	62
5.8	Correlación de Velocidad, caudales y niveles del río Orinoco en la estación de aforos en el sector Matanzas - Palo Solo.....	65
5.9	Hidrograma de niveles máximos, promedios y mínimas en el sector Matanzas-Palo Solo referidas al Datum nmm. Período 1980-2013 (Estación Punta Cuchillo).....	65
5.10	Voladura de los morros de Guarampo en el sector Matanzas – Palo Solo.....	67
5.11	Modelo de Hjulstrum aplicado.....	67

5.12	Curva granulométrica según Visher para la muestra ML-1.....	69
5.13	Curva granulométrica según Visher para la muestra MI-1.....	69
5.14	Curva granulométrica según Visher para la muestra ML-2.....	70
5.15	Curva granulométrica según Visher para la muestra ML-3.....	70
5.16	Curva granulométrica según Visher para la muestra MI-2.....	71

LISTA DE TABLAS

	Página
2.1 Especies de peces más comunes en el río Orinoco (CVG Tecmin, C.A., 2002).....	18
5.1 Características de las estaciones climatológicas utilizadas (INAMEH, 2017).....	51
5.2 Precipitación media mensual y anual (mm). Período 1950-2011 (INAMEH, 2017).....	52
5.3 Evaporación media, mensual y anual (mm). Período 1950-2011. (INAMEH, 2017).....	54
5.4 Temperatura máxima, media y mínima (°C). Período 1950-2011. (INAMEH, 2017).....	55
5.5 Insolación media mensual y anual (horas de sol). Período 1950-2011. (INAMEH, 2017).....	56
5.6 Humedad relativa media mensual y anual (%). Período 1950-2011. (INAMEH, 2017).....	57
5.7 Resultados del análisis granulométrico.....	59
5.8 Resumen de análisis morfoscópicos realizados a las muestras.....	60
5.9 Resultados del análisis mineralógico realizado a las muestras del río Orinoco, milla 198.5.....	60
5.10 Valores de velocidad de la corriente, caudales y niveles en la sección de afora de la milla 192.0 del sector Matanzas - Palo Solo del río Orinoco.	64
5.11 Velocidades límites para que se produzcan los estados de movimiento de los sedimentos.....	68
5.12 Parámetros de la corriente para el momento de ocurrencia del movimiento de las partículas de las muestras recolectadas.....	68
5.13 Fracción porcentual que se moviliza según mecanismo de criterio de Visher.....	71

LISTA DE APÉNDICES

A ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA POR

- A.1 Análisis granulométrico de la muestra ML-1
- A.2 Análisis granulométrico de la muestra MI-1
- A.3 Análisis granulométrico de la muestra ML-2
- A.4 Análisis granulométrico de la muestra ML-3
- A.5 Análisis granulométrico de la muestra MI-2

B HISTOGRAMAS DE ANÁLISIS MORFOMÉTRICOS

- B.1 Análisis morfoscópico de la muestra ML-1
- B.2 Análisis morfoscópico de la muestra MI-1
- B.3 Análisis morfoscópico de la muestra ML-2
- B.4 Análisis morfoscópico de la muestra ML-3
- B.5 Análisis morfoscópico de la muestra MI-2

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó gracias a la colaboración del Instituto Nacional de Canalizaciones (INC), Gerencia Canal del Orinoco, quienes suministraron la información hidrográfica necesaria, con el propósito de realizar un análisis sobre el movimiento de los sedimentos del río Orinoco en el sector Matanzas – Palo Solo en el estado Bolívar.

Las condiciones del movimiento de los sedimentos fluviales dependen en gran medida de factores como son: las características texturales de los sedimentos, las características de las corrientes del río y de las condiciones geomorfológicas del cauce. Por otra parte, se ha determinado que los sedimentos en un río se pueden movilizar por arrastre, saltación y por suspensión; y ello puede ser estimado utilizando modelos empíricos como los de Hjulstrom y Visher, entre otros.

Muchos canales de navegación en el mundo han visto limitada su vida útil porque se han visto sedimentados por efecto de la acción de las corrientes fluviales. El río Mississippi es una prueba de ello, ya la acción gubernamental lo ha convertido en un verdadero laboratorio gigantesco lleno de obras para el control del movimiento de los sedimentos; donde podemos observar desde presas para el control de los flujos pluviales, obras de encauzamiento, obras para la protección de las márgenes, obras

continuas de dragado para mantener las profundidades navegables, entre otras.

Otro ejemplo, de obras civiles que sufren el efecto del proceso de movimiento de sedimentos (erosión – sedimentación) en ambientes fluviales, son los casos del primero, segundo y tercer puente sobre el río Orinoco, los malecones o muros marginales de Caicara del Orinoco, de Ciudad Bolívar y el de Barrancas del Orinoco y finalmente, el canal de navegación, entre otras. Sobre todo esta última obra civil, a través de la cual se movilizan los buques por ese tramo del río Orinoco, hace imperativo el desarrollo de esta investigación ya que con seguridad afectará al canal.

Este documento se encuentra estructurado en cinco (5) capítulos:

En el primero se plantea la situación a investigar, objetivo general y específicos, justificación, alcances y limitaciones.

En el segundo capítulo se encuentran rasgos generales del área de estudio, su ubicación geográfica, geología regional, climatología, hidrografía y regímenes de corriente del río Orinoco.

El tercer capítulo muestra los antecedentes de estudio en la zona y conceptos teóricos y prácticos que enriquecen el contenido de trabajo.

El cuarto capítulo trata sobre la metodología donde se describe el tipo de investigación, su diseño, la población y muestra de la investigación, el flujograma y el procedimiento para el logro de los objetivos.

En el quinto capítulo se presentan los resultados de la investigación y por último se muestran las conclusiones y recomendaciones relevantes de la investigación.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del Problema

El transporte de sedimentos por los ríos es un proceso continuo en la naturaleza, prueba de esto es la migración de los ríos, la formación y destrucción de bordos e islas, y los cambios de contorno en playas y costas. Estos procesos se originan con el inicio de movimiento de los sedimentos, la entrada en suspensión, el arrastre de fondo, lo que produce erosión, el transporte de sedimento, la deposición de partículas, su compactación y consolidación, crea continuamente los paisajes y modifica la forma de los ríos, a través del tiempo, su evolución se observa en períodos largos de tiempo.

El conocimiento del transporte de sedimentos en un río es útil en problemas tales como: La determinación de la cantidad de sedimentos que entran al vaso de una presa, para diseñar el volumen o capacidad retención de sedimentos en una presa. En un río navegable es importante determinar la frecuencia de dragado con el fin de mantener el calado suficiente para la navegación de embarcaciones. Cuando se construye una presa, aguas abajo suelen producirse erosiones considerables durante un cierto tiempo. En algunos ríos debido a la extracción excesiva de los sedimentos, los que se usan comúnmente para la construcción, se pueden tener efectos adversos en la forma del cauce y el hábitat biológico en tramos de río aguas abajo.

Los sedimentos transportados son los del fondo y las orillas del cauce además de partículas muy finas procedentes de los terrenos de la cuenca. Las partículas entran en movimiento tan pronto como el esfuerzo cortante aplicado en el material del fondo exceda al esfuerzo cortante crítico o de inicio de movimiento. Generalmente las

partículas de limo y arcilla entran en suspensión, y las partículas de arena y grava ruedan y se deslizan en una capa delgada cerca del fondo llamada capa de fondo.

Los sedimentos tienen funciones esenciales en los ríos como son: el desarrollo del cauce en sus cambios de forma (ancho, profundidad, formación de islas o bancos de arena), sirven para minimizar la degradación del fondo ya que suplen el sedimento en zonas erosionadas, en la formación de hábitats para un gran número de organismos vivos, en el transporte de nutrientes. Algunos riesgos del transporte de sedimentos son el cambio del ancho del cauce durante las avenidas, los deslizamientos de materiales, y los flujos de lodos y escombros en las inundaciones. La ingeniería de ríos se encarga de la restauración de los ríos, y su protección contra inundaciones.

Los procesos que gobiernan el movimiento de los sedimentos en los ríos son complejos y dependen de los siguientes factores: hidrológicos, hidráulicos, geológicos, geográficos y biológicos. La descarga de agua, su velocidad, las características de los materiales de las paredes y del fondo del cauce, la disponibilidad de material para su transporte. Otros factores son: la duración e intensidad de lluvia, la pendiente, el uso de suelo en la cuenca, la cobertura vegetal, el tipo de suelo, las actividades humanas.

Los escurrimientos pueden mover una porción de sedimentos finos (arena a grava y guijarros) anualmente, sin embargo el material más grueso puede durar mucho tiempo sin moverse hasta que los escurrimientos sean suficientemente fuertes para desplazar la mezcla de sedimentos.

Los grandes ríos transfieren sedimentos a través de miles de kilómetros, desde su nacimiento generalmente en las zonas montañosas, hasta su descarga al mar. Algunas veces atraviesan continentes, como es el caso de los ríos Amazonas y Orinoco, proceden de las montañas de los Andes, cuyos sedimentos son transportados

por los ríos que atraviesan la parte norte de Sur América. Los sedimentos pueden tardar cientos, a miles de años en su viaje hacia la desembocadura. Del sedimento transportado a los océanos por los grandes ríos que drenan los continentes, del orden de 80 a 90% corresponden a arena fina en suspensión y entre el 10 a 20% a arena gruesa transportada en el fondo. En su desembocadura se llegan a acumular grandes cantidades de sedimento en forma de abanico o delta, algunos de los grandes deltas son: el delta del río Amazonas con un área de 467078 km², el del río Mississippi es con 28568 km², del río Grijalva en México es de 17028 km², la del río Nilo es de 12512 km².

En los estudios acerca de la evolución de la forma que adquiere un río a través del tiempo o morfología se busca asociar los registros de eventos históricos como las grandes avenidas, algunas de ellas provocadas por los huracanes o tormentas tropicales, o con los registros de sismos, para conocer como influyeron en los procesos sedimentarios.

En la práctica para estimar el transporte de sedimentos en un río frecuentemente se usan fórmulas empíricas o semi-empíricas. La ventaja de este tipo de fórmulas es que son simples de aplicar, sin embargo su desventaja es que corresponden a las características específicas del río en el sitio donde se hicieron las mediciones y en la naturaleza cada río es diferente, por lo que al aplicar diferentes fórmulas se obtienen resultados muy diversos. Para obtener resultados más aproximados es necesario hacer mediciones de campo en el sitio específico, llevar registros del transporte de sedimentos en un cauce a través del tiempo (Espinoza, 2015).

Teniendo en cuenta todo esto, se pretende analizar el problema práctico de transporte de sedimentos que se movilizan a través del sector Matanzas – Palo Solo del río Orinoco. El conocimiento cualitativo y cuantitativo de este acarreo de sedimentos reviste particular importancia toda vez que muchos de estos sedimentos se

depositarán aguas debajo de este sector pudiendo alterar de alguna manera las condiciones del flujo en torno a las estructuras civiles existentes (muelles, canal de navegación, entre otras) en dicha corriente fluvial. En ese orden de ideas, cabe formular las siguientes interrogantes de investigación

:

¿Cuáles son las características climatológicas imperantes en el sector Matanzas – Palo Solo del río Orinoco que pudiesen afectar las condiciones del flujo del río y el movimiento de sus sedimentos?

¿Cuáles son las características texturales de los sedimentos que pudiesen ser movilizados en el lecho del sector Matanzas – Palo Solo del río Orinoco?

¿Cómo es la geomorfología del cauce del tramo del río Orinoco en estudio donde se han de movilizar los sedimentos?

¿Cómo es el transporte de sedimentos que se produce en el sector Matanzas – Palo Solo del río Orinoco en función de los niveles del río?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Analizar el movimiento de sedimentos en el sector Matanzas – Palo Solo del río Orinoco, estado Bolívar, Venezuela

1.2.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar climatológicamente el área de estudio con base a los parámetros meteorológicos que inciden en el caudal que podría fluir por el sector Matanzas – Palo Solo del río Orinoco.
2. Caracterizar texturalmente los sedimentos presentes en lecho del río Orinoco en el área de estudio.
3. Describir la geomorfología del cauce del río Orinoco en el área de estudio considerando sus secciones transversales y pendiente longitudinal.
4. Cualificar el transporte de sedimentos que se produce a través del tramo en estudio del río Orinoco en función de las crecientes potenciales.

1.3 Justificación de la investigación

El transporte de sedimentos que se produce en el sector Matanzas – Palo Solo del río Orinoco estará condicionado por variables como la geomorfología del río, las características texturales de los sedimentos y la magnitud del caudal del río. Ahora bien, estos sedimentos serán transportados generalmente como un flujo en dos fases y se acarrearán río abajo.

En el caso que nos ocupa, los sedimentos acarreados serán probablemente sedimentados en gran parte, constituyéndose en un caudal sólido que tendrá incidencia en los procesos erosivos y sedimentarios y por lo tanto en las variaciones de la geomorfología de dicho río. Tales circunstancias ameritan o justifican la necesidad de analizar como se produce el transporte de sedimentos en este importante canal natural.

1.4 Alcance de la investigación

A través de la presente investigación se efectuará un análisis del transporte de sedimentos que ocurre en el sector Matanzas – Palo Solo del río Orinoco de acuerdo al caudal que fluya por dicho canal, el cual dependerá, entre otras cosas, de la magnitud de las crecidas que se produzcan en la cuenca, de la naturaleza o características texturales de los sedimentos presentes en el lecho fluvial y de la geomorfología del cauce de dicho sector del río Orinoco.

1.5 Limitaciones de la investigación

Durante la ejecución de la presente investigación no se detectaron obstáculos o inconvenientes que pudiesen de alguna manera interferir con el logro de los objetivos planteados.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación y acceso del área de estudio

El área de estudio está localizada en el Canal de Navegación, Tramo Jobal – Matanzas, del río Orinoco en el Sector Matanzas-Palo Solo. Geográficamente está comprendida entre los paralelos 8°21' – 8°22' (8°21'54.6063") de Latitud Norte y los meridianos 62°38' – 62°39' (62°38'31.7859") de Longitud Oeste, y entre las coordenadas N 914000 – N 917000 y E 509000 – E 513000.

Esta área corresponde a la zona de del Segundo Puente sobre el río Orinoco, el cual está ubicado al norte del Estado Bolívar, jurisdicción del Municipio Caroní en el extremo oeste de Ciudad Guayana, en la margen derecha del río Orinoco y concluye en el Cerro Guarampo margen izquierda del río, al sureste del estado Anzoátegui, jurisdicción del municipio Independencia, muy cerca del límite con el estado Monagas (Figura 2.1 y 2.2).

El acceso a la zona del puente se realiza por vía fluvial a través del Canal de Navegación del río Orinoco y por vía terrestre a través del Distribuidor Autopista (Ciudad Bolívar – Ciudad Guayana) – Estribo sur del puente.

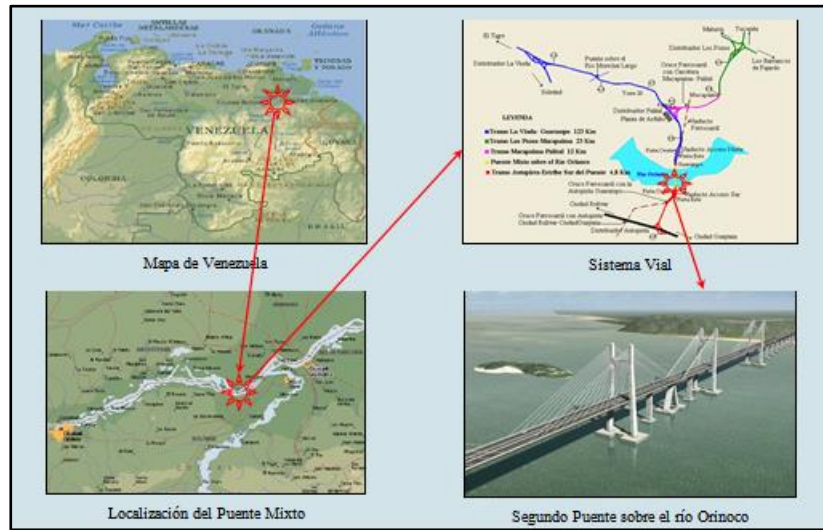


Figura 2.1 Ubicación geográfica del área de estudio (Enciclopedia Encarta 2000 y www.puenteorinoco.com).

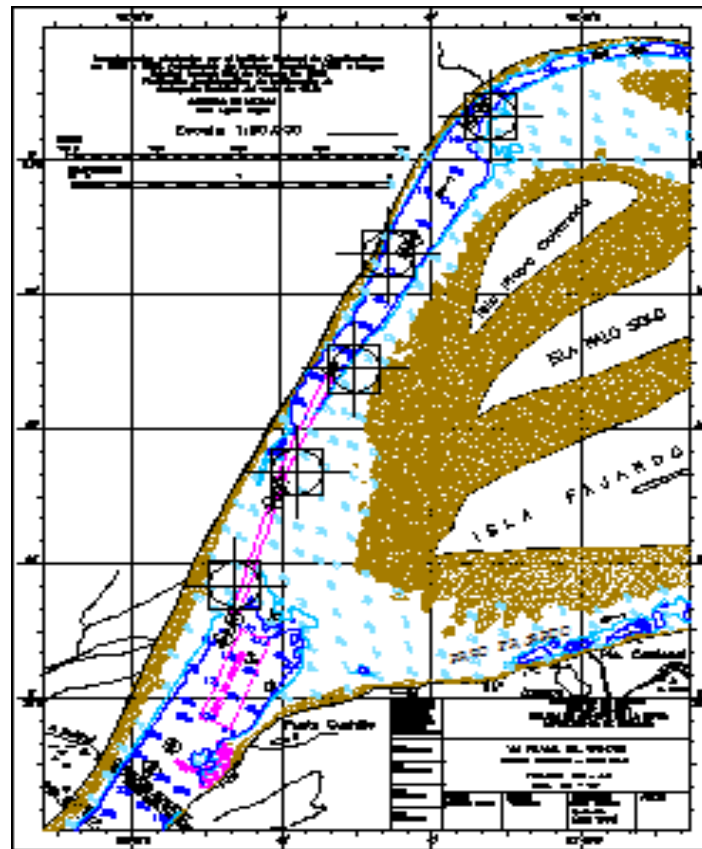


Figura 2.2 Sector Matanzas- Palo Solo.

2.2 Geomorfología regional.

Regionalmente se pueden observar varios ambientes geomorfológicos según el Léxico Estratigráfico de Venezuela (M.E.M., 1956).

- a. Llanura aluvial del río Orinoco.
- b. Zonas inundables del delta del Orinoco.
- c. Relieve casi plano de sabana.

2.3 Aspectos geomorfológicos del río Orinoco

El río Orinoco en el tramo de interés desarrolla su cauce sobre el borde del Escudo Guayanés, formado por rocas cristalinas de edad precámbrico y limitado por su margen izquierda por aluviones y sedimentos recientes de los Llanos de Venezuela, representa un tramo de 640 km. Situado entre el Jobal, en las inmediaciones de las confluencias del río Suapure, con el río Orinoco y Matanzas en su confluencia con el río Caroní, abarca una extensión comprendida en lo que se ha identificado como el Medio y Bajo Orinoco cuya sección entre los estados Apure y Guárico se conoce geográficamente como el Arco Orinoquence, debido a la inflexión que experimente el canal que drenando de Sur a Norte, gira al Este, para seguir adyacente al Escudo, hasta descargar al Océano Atlántico a través de extenso delta de 30.000 km². El único que ofrece una estructura deltaica dentro de los grandes ríos de Sur América (Instituto de Mecánica de Fluidos, UCV. 1998).

En este trayecto el río Orinoco recibe la contribución de numerosos tributarios con características distintas, tanto a lo relativo al comportamiento hidrológico y contraste entre las geologías aportadoras, lo que se refleja en distintas modalidades de relieve, litología, cubierta vegetal, etc., Esto determina a su vez, diferentes formas y suministros sólidos e influencia de los diferentes ríos tributarios, especialmente al

considerar el sector del Escudo Guayanés y las áreas geológicamente más jóvenes de las cordilleras de los Andes. Los ríos que drenan cuenca del Escudo Guayanés, presentan módulo de precipitación más elevados, ello combinado al carácter de las rocas, producen magnitudes superiores de escorrentías; en contraste, los suministros sólidos son relativamente bajos representados por arenas que resultan de la alteración de rocas ígneas y metamórficas.

2.4 Geología regional

El sector Matanzas-Palo Solo se encuentra limitada geológicamente hacia el Norte por la Formación Mesa del pleistoceno y depósitos aluvionales del Orinoco venezolano, y hacia el Sur por las rocas del Precámbrico Inferior del Complejo de Imataca.

En base a características petrológicas y tectónicas, el escudo de Guayana ha sido dividido en cuatro provincias como son: Imataca, perteneciente al denominado cinturón granulítico, Pastora a los cinturones de rocas verdes, Cuchivero se caracteriza por grandes extensiones de granitos (1800 +/- 200 m.a) y granitos post-tectónicos (1500 m.a).

La provincia de Roraima es una cobertura discordante sobre rocas pertenecientes a las provincias de Pastora o Cuchivero (González de Juana y otros, 1980).

2.4.1 Provincia Geológica de Imataca

La Provincia de Imataca se encuentra ubicada al Norte de la Guayana venezolana, se extiende a lo largo del río Orinoco como una franja paralela a su

rivera, posee una longitud aproximada de 500 km y una anchura variable de 65 a 130 km (González de Juana y otros, 1980).

Su ubicación es aproximadamente desde el Oeste del río Caura, hasta el Este, donde finaliza con los sedimentos Deltaicos del estado Delta Amacuro, y al sur donde finaliza con las fallas de Santa Bárbara, Gurí y el Pao.

El complejo de Imataca es una unidad rocosa, perteneciente al Precámbrico conformada principalmente por gneíses graníticos, gneíses anfibolíticos, migmatitas, charnockitas y en menor proporción cuarcitas ferruginosas. El grado metamórfico es alto (Mendoza, V., 2000).

Las rocas del Complejo de Imataca se localizan en la parte norte del estado Bolívar, formando un cinturón en sentido Noreste–Suroeste de unos 510 Km de longitud, bordeando el río Orinoco hasta penetrar el estado Amazonas (González de Juana y otros, 1980).

Dado que el suelo residual proveniente de rocas graníticas incrementa su espesor en área que se hallan preservadas de la erosión, es de esperarse que los mayores espesores de suelo residual se encuentren en las depresiones o siguiendo las fracturas de las rocas, en tanto que los menores espesores se encontraran en la cumbre de las elevaciones, en los terrenos de pendiente pronunciadas o en áreas contiguas a los cursos de agua (Mendoza, V., 2000).

2.4.2 Formación Mesa

Según González de Juana y otros, (1980), se le asigna este término para definir la Formación que cubre las extensas mesas fisiográficamente características en la parte oriental en la Cuenca Oriental de Venezuela. La Formación Mesa se extiende

geográficamente por los llanos orientales, desde el pie de monte de la cordillera de la Costa hasta unos pocos kilómetros, al Sur del río Orinoco en las cuencas bajas de los ríos Aro, Caroní y Yocoima donde se localizan las poblaciones de Puerto Ordaz y San Félix, abarcando los estados de los Llanos Orientales de Guárico, Anzoátegui, Monagas y Sucre.

Al Norte del área de estudio, en la margen derecha del río Orinoco y especialmente entre los ríos Caroní y Orinoco, aflora una secuencia de capas de edad Pleistoceno asignada a la Formación Mesa la cual está formada por sedimentos de origen fluvial y palustre (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1971).

Basándose en estudios realizados tanto en observaciones superficiales como en perforaciones la Formación Mesa sufre una gradación de más gruesos a más finos al alojarse en las cadenas montañosas del norte hacia el sur, y una gradación contraria, es decir, de más fino a más gruesos, desde la región central de Monagas, también hacia el sur al acercarse al Macizo de Guayana (Mendoza, V., 2000).

2.4.3 Depósitos Aluviales

Son depósitos constituidos por limos, arcillas y arenas muy micáceas depositados por el río, Estos materiales son provenientes de la meteorización de las rocas del Complejo de Imataca y de la Formación Mesa, las cuales fueron arrastradas y depositadas por las aguas de escorrentía y por los vientos a partir del Holoceno hasta el presente, constituyendo las planicies aluvionales y el área de inundación periódica del Orinoco (González de Juana y otros, 1980).

Están localizados en Monagas y en el Delta del río, donde van a concentrarse después de su recorrido.

2.5 Geología local

El sector en estudio se encuentran limitado al Sur, por las rocas del Precámbrico Inferior del Complejo de Imataca y hacia el Norte por la Formación Mesa del Pleistoceno y Depósitos Aluvionales Recientes del Oriente Venezolano (Monagas); la geología de la parte Sur se caracteriza por presentar el flanco donde corre el mayor número de tributarios del Orinoco y también sus distribuidores principales. (Echeverría y Medina, 1992).

Litológicamente el sector Matanzas – Palo Solo está constituido por sedimentos de río provenientes principalmente del Complejo de Imataca los cuales son depositados en el lecho durante los proceso de erosión, sedimentación y transporte que anualmente realiza el río como parte de los cuatro ciclos que cumple (Echeverría y Medina, 1992).

La litología está conformada por rocas clásticas no consolidadas (aluviones) con una permeabilidad variablemente alta y con una fecha aproximada de origen las cuales fueron formadas por material muy reciente, con alto contenido de mica En cuanto a su sismicidad, el área en estudio presenta peligro sísmico medio con posibles deformaciones de la superficie terrestre (Echeverría y Medina 1992).

2.6 Hidrografía del río Orinoco

El río Orinoco posee una cuenca hidrográfica que abarca un área de aproximadamente 990000 km² de los cuales 640000 km² están en territorio venezolano y 350000 km² en territorio colombiano, su longitud es de 2063 km con su nacimiento en el macizo de Guayana y el límite con Brasil en el cerro Delgado Chalbaud, a una altura de 1042 m, sus cabeceras fueron descubiertas 4 siglos y medio después de su desembocadura. El río Orinoco puede dividirse en 4 tramos fluviales:

alto Orinoco, que se extiende desde la cabecera en dirección aproximada Este – Oeste hasta el raudal Los Guaharibos en San Fernando de Atabapo; El Orinoco medio, orientado hacia el Norte hasta la desembocadura del río Apure y comprendido desde el raudal de los Guaharibos y el raudal de Atures; El bajo Orinoco, que se dirige francamente al Este, desde el raudal Ature, al Sur de Puerto Ayacucho, hasta el Atlántico donde se abre en un majestuoso abanico Deltaico; Y el Delta del río Orinoco formado a partir de la formación de barranca (I.N.C. 1990).

En su cruce principal se encuentra alrededor de 574 islas, afloramientos del basamento cristalino y acumulaciones de sedimentos. Por su Margen derecha recibe unos 95 ríos con 290 subafuentes y por su margen Izquierdo 99 ríos y unos 230 subafuentes más sin contar innumerables riachuelos, arroyos, caños y quebradas (I.N.C. 1990).

El flujo principal de estos ríos es permanente tanto en la época de estiaje o sequía como en tiempos lluviosos o de inviernos, lo cual hace que dichos flujos, en este caso, toman las característica de cargarse excesivamente de sedimentos suspendidos debido al arrastre de los suelos vecinos poco consolidado o desprovistos de vegetación (I.N.C. 1990).

En lo que respecta a la morfología y la actividad sedimentaria es muy dinámica, ya que el Orinoco es un río típicamente aluvial, su fondo no es estable y se modifica a la carga de los sedimentos, el caudal y la época del año (I.N.C. 1990).

El caudal varía considerablemente en función de los cambios de la pluviosidad, pudiéndose separar los momentos de crecidas o períodos de caudal mayor ligados a estaciones pluviosas y los estiajes o períodos de débil caudal (periodo seco). En general en un área determinada será función sobre todo de la pluviosidad (y de las

dimensiones de la cuenca hidrográfica y en menor de la vegetación de la naturaleza de los suelos y del sustrato geológico) (INC, 1990).

2.6.1 Procesos hidrológicos del río Orinoco

Desde el punto de vista hidrológico, el mecanismo más notable como factor condicionante de evolución de las estructuras de la planicie en el río Orinoco, y el cual se asocia a la forma del Hidrograma y magnitud de los caudales generados a partir de una cuenca con una superficie drenada de cerca de un millón de km², refleja en las amplias variaciones de los niveles entre los períodos seco y lluvioso, en particular en la parte media y baja del canal, registrándose variaciones de 11.5 m. en Caicara, 17 m. En Musinacio, (Mapire 16 m. en Ciudad Bolívar y 9 m. en Barrancas situada en el vértice del Delta (INC, 1990).

Este comportamiento en la fluctuación de niveles difiere notablemente en observar en otros grandes ríos del mundo (río Amazonas, 8 m en el tramo inferior), y origina mecanismos de erosión – de posición en aéreas de la planicie, así como forma fluvial que adquiere características particulares del río Orinoco tales como : islas fluviales, barras alternadas y de puntas, rizaduras, dunas, afloramientos rocosos, depresiones, rápidos (raudales), canales laterales activos, segmentos estrangulados de canales, lagos en media luna (oxbow), espírales de meandros, restos de paleo-cauces o paleocanales, diques naturales y bancos colonizados por vegetación, lagunas y humedades permanentes y estacionales y depósitos de polvos y arena de origen eólico (Instituto de Mecánica de Fluidos, U.C.V. 1998).

2.7 Caracterización biótica

2.7.1 Fauna

La fauna silvestre del estado Bolívar, tiene una gran variedad de especies características de los territorios del Sur del río Orinoco, llegándose a reportar hasta 212 especies de mamíferos pertenecientes a 31 familias, de las cuales 37 especies presentan un interés económico y cinegenético, según la lista oficial de los animales de caza del MPPP el Ecosocialismo y Aguas. Esta zona posee aproximadamente 1.108 especies de aves de este total 41 presentan un interés económico y cinegenético. De la misma forma se reportan 133 especies de reptiles repartidos en 18 familias y existen algunos lugares en los cuales posiblemente se alberguen especies endémicas (CVG Tecmin, C.A., 2002).

La ictiofauna del río Orinoco se estima en alrededor de 500 especies de peces, la mayoría de ellas realizan movimientos migratorios para diversos fines, tales como reproducción, dispersión o alimentación. La Tabla 2.1 muestra algunas variedades de peces del río Orinoco (CVG Tecmin, C.A., 2002)

Tabla 2.1 Especies de peces más comunes en el río Orinoco (CVG Tecmin, C.A., 2002).

Bagre Dorado	Coporo	Sardinata	Bagre Paisano	Curvinata	Palambra
Bagre Rayado	Guabina	Palometa	Blanquilla	Guaraguara	Pavón
Cachama	Guitarilla	Pijotero	Caribe	Morocoto	Zapoara

2.7.2 Flora

Según el informe suministrado por el Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo y Aguas (antes Ministerio del Ambiente y los recursos Naturales) la

vegetación más importante que se puede localizar en la ribera norte del sector Matanzas – Palo Solo está representado por las siguientes especies:

1. Algarrobo (*Hymenaea coubaril*).
2. Cedro (*Cedrela augustifolia*).
3. Pardillo (*Cordia alliodora*).
4. Roble (*Platymiscium pinnatum*).
5. Salado (*Erismia uncinatum*) (CVG Tecmin, C.A., 2002).

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes o estudios previos

Algunos esfuerzos se han realizado hasta la fecha para incrementar el conocimiento sobre el comportamiento hidráulico, geomorfológico y sedimentológico del sector Araguaito que servirán de sustentación técnica y metodológica a esta investigación, entre los cuales debemos mencionar los siguientes trabajos:

Consultora Ingeniería Caura, S.A, (1994), realizaron el trabajo de investigación titulado “ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL DRAGADO DE MANTENIMIENTO DEL RÍO ORINOCO. TRAMO MATANZAS-BOCA GRANDE”, en dicho trabajo se presenta una revisión exhaustiva de las características físicas de los sectores del río incluidos en el tramo Matanzas – Boca Grande, entre dichos parámetros se puede mencionar la flora, la fauna, la geología, el clima, entre otras. (Pp120 – 132)

Dichos datos de esa investigación permitirán caracterizar físicamente al sector Matanzas – Palo Solo, el cual es el área de estudio de la actual investigación.

Tocuyo, Francis (2018), elaboró el trabajo de grado titulado “FACTIBILIDAD TÉCNICA PARA EL USO DE DRAGAS DE CORTADOR EN LA EXPLOTACIÓN DE ARENA PARA LA FABRICACIÓN DE VIDRIO EN EL SECTOR PALO SOLO DEL RÍO ORINOCO. ESTADO ANZOÁTEGUI. VENEZUELA”, cuyo objetivo principal consistía en presentar un análisis sobre la posibilidad de explotar arenas del lecho del río Orinoco en el sector Palo Solo. Para

lograr este fin, debió realizarse un muestreo de los materiales del lecho existentes en el mencionado sector.

La importancia de ese estudio para complementar la información de la investigación que se desarrolla en este documento estriba en la caracterización de las muestras de los materiales del lecho del sector en estudio. Es evidente que esa caracterización de los sedimentos permitirá validar las condiciones texturales presentadas en esta investigación.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Sedimentos

Los sedimentos son materiales derivados de rocas preexistentes debido a los procesos de meteorización (físicos o químicos), y que pueden ser transportados por cualquier medio, ya sea hielo, agua o viento, bajo condiciones normales en la superficie terrestre. Tarbuck, E, et al. (2005).

3.2.2 Propiedades de los sedimentos

Las propiedades más importantes de los sedimentos son:

3.2.2.1 Tamaño

La propiedad más importante de un sedimento es su tamaño, por la cual, es la propiedad que los caracteriza. Los tamices clasifican las partículas en base a su dimensión del área de la sección menor. La escala más usada para describir el tamaño de las partículas es la escala de Udden-Wentworth. (UDO, 2001).

3.2.2.2 Forma

Es la relación que existe a, b y c; es decir entre los tres ejes de la partícula. Donde a es el largo, b la anchura y c el espesor.

La propuesta por Zingg (1935), utiliza las relaciones axiales de las partículas. Es en base a la relación entre los ejes (a, b y c) del clasto (ploteando: b/a y c/b). (Zingg. 1935).

3.2.2.3 Esfericidad

Es la medida del grado al que se aproxima una partícula a la forma de una esfera. Definiendo el comportamiento dinámico de la partícula Sneed y Folk propusieron, una medición de la esfericidad por medio de la esfericidad efectiva de sedimentación, el cual consiste en la relación entre la sección transversal de la esfera de igual volumen que la partícula dividida por su área proyectada máxima (UDO, 2001).

3.2.2.4 Redondez

Es el grado de curvatura que presentan las aristas de la partícula. Depende del tamaño y la resistencia mecánica de los granos y en general, aumenta con el transporte. (UDO, 2001).

3.2.2.5 Fábrica

La fábrica es la propiedad que se relaciona con la orientación o la falta de ella de los elementos que componen una roca. La determinación de la fábrica se hace a partir orientación espacial de ejes de los individuos. (UDO, 2001).

3.2.2.6 Empaque

El empaque consiste en la disposición y el arreglo de las unidades solidas en que cada componente se sujeta, y se mantiene en su lugar dentro del campo gravitacional de la tierra por el contacto tangencial con sus vecinos. (UDO, 2001).

3.2.3 Movimiento incipiente de sedimentos

Debido a la naturaleza variante de los sedimentos a lo largo de un lecho aluvial, es difícil definir con precisión con cuales condiciones de flujo una partícula de sedimento comenzará a moverse. (Yang, C. 1996).

El equilibrio de una partícula, en el fondo de un río aluvial, es perturbado si la resultante de las fuerzas desestabilizadoras (fuerzas de arrastre y alzamiento hidrodinámico) es mayor que las fuerzas estabilizadoras que resisten el movimiento, tales como gravedad y cohesión. Cuando el sedimento que compone el lecho es granular incoherente las partículas resisten el movimiento principalmente debido al peso sumergido. Las partículas granulares se mueven como entidades simples. En cambio, cuando el material constitutivo del lecho es fino y contiene limo y arcillas, las fuerzas cohesivas predominan y son responsables de la resistencia a la erosión que exhiben tales materiales. Entonces se conoce como **movimiento incipiente** el instante en el que el sedimento que se encuentra en el lecho del río comienza a moverse. (Basile, P. 2003).

3.2.3.1 Modelo de Hjulstrom

El diagrama de Hjulstrom indica la relación entre la velocidad del flujo de agua y el tamaño del grano, muestra algunas características importantes del movimiento de sedimentos en las corrientes. La línea inferior en el gráfico (Figura 3.1) muestra la

relación entre la velocidad del flujo y las partículas que ya están en movimiento. La línea curva superior muestra la velocidad de flujo requerida para mover una partícula desde el reposo. En la mitad derecha del gráfico, esta línea es paralela a la primera, pero en cualquier tamaño de grano dado, la velocidad requerida para iniciar el movimiento es mayor que la necesaria para mantener la partícula en movimiento. En el lado izquierdo del diagrama, hay una fuerte divergencia de las líneas: contra intuitivamente, las partículas más pequeñas requieren una mayor velocidad para moverlas por debajo del tamaño de limo grueso. Esto se debe a las propiedades de los minerales arcillosos que dominarán la fracción fina en un sedimento. (Nichols, G. 1999).

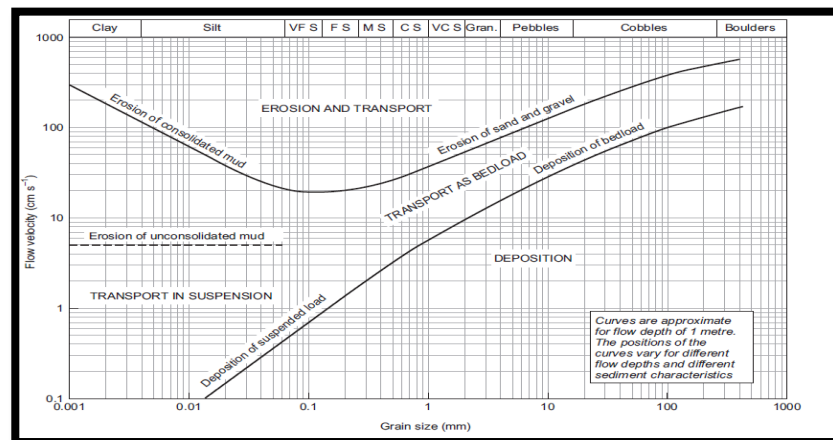


Figura 3.1 Diagrama del modelo de Hjulstrom.

Analizando las curvas de erosión/transporte y transporte/ sedimentación del diagrama se verifica que cada granulometría se comporta de forma distinta a diferentes velocidades de la corriente. (Allen, 1965).

La curva de transporte/sedimentación, pone en evidencia que como aumenta la velocidad, pueden ser transportada de diámetros cada vez mayores, al paso que para una misma granulometría o trabajo de sedimentación realizado aumenta siempre, que la velocidad de corriente disminuye.

Consecuentemente a velocidades de corrientes va disminuyendo o el diámetro de materiales en transporte o depositados va siendo menor. Este fenómeno designa por selección granulométrica esta bien evidenciada en la Figura 3.2. (Reineck y Sing 1981).

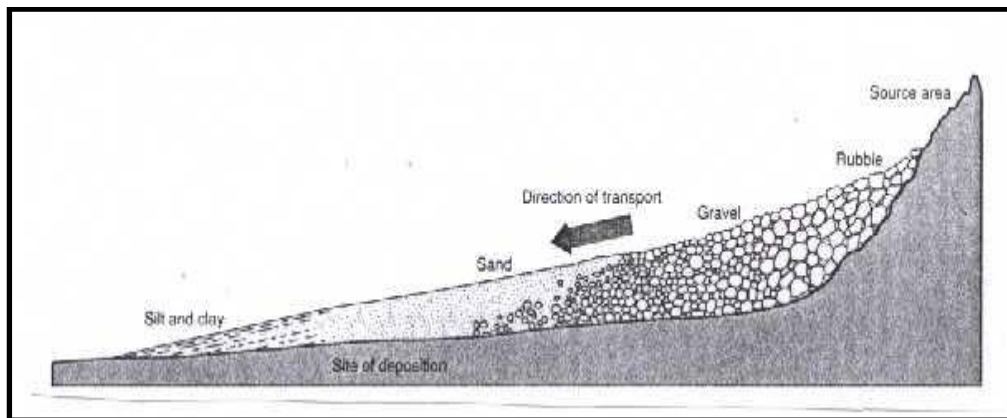


Figura 3.2 Perfil longitudinal de un río, evidenciando una selección granulométrica (Reineck y Sing 1981).

Otro tipo de material seleccionado a lo largo de los ríos y su separación por densidades. En este caso los materiales se van sedimentando siempre que el agua tenga la capacidad para mantenerlas en movimiento. De esta forma, se originan algunas concentraciones de minerales de interés económico como: oro, plata, etc. Un curso superior o medio de los ríos, independientemente de su diámetro. (Reineck y Sing).

Analizando la curva de erosión/transporte del diagrama de Hjulstrom se verifica claramente que para el arranque de partículas de los márgenes del lecho es necesario una velocidad de corriente superior que se requiere para transportar y sedimentar. (Reineck y Sing).

Por otro lado, se puede verificar que para sedimentos de dimensiones pequeñas existe una excepción en una recta para observar una subida en la curva del lado izquierdo del diagrama.

Este muestra que para los sedimentos más finos, la arcilla requiere una velocidad de corriente mayor para provocar erosión en las arenas. Este fenómeno se debe principalmente a la forma de las partículas arcillosas y a las fuerzas electrostáticas entre ellas. (Reineck y Sing).

Las cargas eléctricas de la superficie de las partículas provocan una atracción entre ellas, dando origen a una masa cohesiva que resiste la erosión. Algunas dimensiones, densidades y formas de los sedimentos también determinan el tipo de transporte efectuado. Una carga sólida transportada por un curso de agua puede ser así mismo subdividida en carga de fondo, carga de suspensión y carga de saltación. Una carga de fondo constituye sedimentos gruesos y densos que son transportados sobre o próximos al lecho del río e influye el transporte por tracción y saltación. Un transporte por tracción sobre el fondo del lecho puede ser subdividida en dos tipos: rodamiento y arrastre causando una forma de sedimento, redondeada o laminar respectivamente. Una carga de suspensión constituida por sedimentos como las arcillas, que son suficientemente pequeñas para permanecer en suspensión indefinidamente por turbulencia de agua. Una apariencia lodosa de un curso de agua durante una intensa precipitación, por ejemplo: una elevada cantidad de carga en suspensión. (Silva y Alcalá, 2005)

Una saltación es un tipo de transporte que se desarrolla generalmente de sedimentos arenosos y se caracteriza por una serie de saltos sobre el lecho del río. Constituye así mismo, un transporte intermedio entre tracción y suspensión. (Figura 3.3).

Una carga de solución comprende disoluciones tales como: sódio, calcio, potasio, bicarbonato, cloro, etc.,provenientes de procesos de meteorización química.

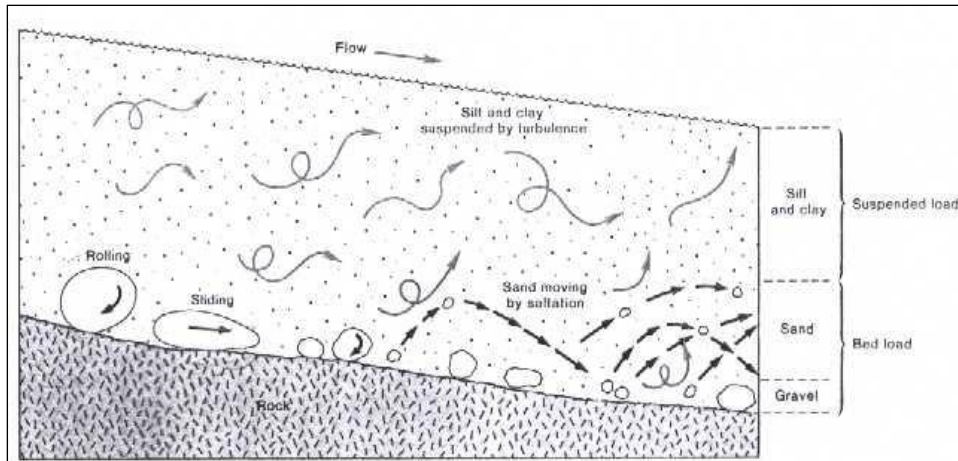


Figura 3.3 Tipos de transporte de los sedimentos de un río. (Reineck y Sing 1981).

3.2.4 Mecanismos de transporte de sedimentos

Existen dos grandes modalidades de transporte fluvial, una química, que se aplica a las partículas susceptibles de disolverse (es decir, de adquirir calibre iónico o molecular en presencia del agua del río) y otra mecánica, que afecta a las partículas no solubles de calibre arcilla, limo, grava, canto y bloque y que presenta distintos caracteres según la categoría granulométrica a que cada una de ellas pertenezca. (Muñoz, J. 1993).

Las partículas de cualquier tamaño se pueden mover en un fluido por alguno de estos tres mecanismos: suspensión, saltación, o rodamiento. (Nichols, G. 1999).

3.2.4.1 Suspensión

A bajas velocidades de corriente en el agua solo las partículas finas (limo fino y arcilla) y las partículas de baja densidad se mantienen en suspensión, Nichols, G. (1999), es decir, se encuentran como carga suspendida en el agua y sin tener contacto con el fondo. (Muñoz, J. 1993)

3.2.4.2 Saltación

Las partículas se mueven dando una serie de saltos, saliendo periódicamente de la superficie del lecho, y recorriendo distancias cortas dentro del fluido antes de regresar nuevamente al fondo. (Nichols, G. 1999).

3.2.4.3 Rodamiento

Los sedimentos se mueven rodando en el flujo de agua sin perder el contacto con la superficie del lecho. (Nichols, G. 1999).

3.2.4.4 Modelo de Visher

Estas curvas de frecuencia acumulativa, deben ser derivadas de los análisis de laboratorio en cuanto a ensayos para la determinación de la distribución granulométrica de las muestras de sedimentos analizadas; según las normas de calidad y especificaciones. En la Figura 3.4 se muestra la forma de las curvas de frecuencia acumulativa en estos flujos.

Se puede decir que la velocidad de la corriente en una sección dada de cauce no es uniforme en todos sus puntos, pues el agua en contacto con el fondo, las paredes

sufren retardo por fricción. Estas características son de gran importancia tanto en el tipo de sedimento que puede ser transportado, así como las estructuras que se desarrollan sobre los materiales del fondo. Tratando de explicar gráficamente la relación existente entre el tamaño del grano de las partículas transportadas (según las clasificaciones internacionales), y la velocidad de transporte de las mismas; se desarrollan estudios geológicos donde algunos geólogos pueden inferir las velocidades de sedimentación de corriente antiguas desde el tamaño de granos en rocas sedimentarias.

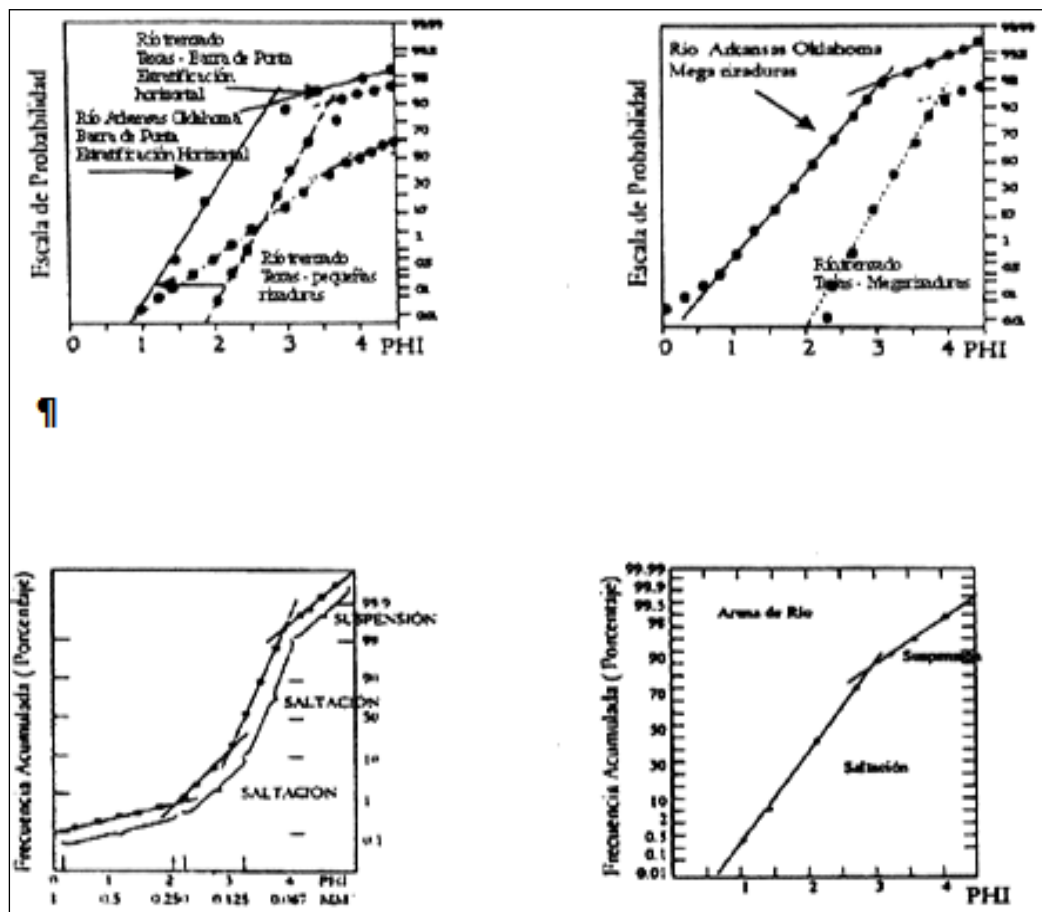


Figura 3.4 Curvas de frecuencia acumulativa de arena de playa representada en escala de probabilidad. Consiste de cuatro (4) segmentos de línea recta (Visher, 1969)

3.2.5 Distribución de los sedimentos. Granulometría

Perry y Green. (2001) citado en González, J. (2016) define la distribución de tamaño de partículas como el porcentaje relativo de los granos de cada una de las distintas fracciones de tamaños representadas en una muestra.

El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en por ciento de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Para el conocimiento de la distribución granulométrica de un determinado suelo existen diferentes procedimientos. Para clasificar por tamaños las partículas gruesas el procedimiento más expedito es el tamizado. Sin embargo al aumentar la finura de los granos el tamizado se hace cada vez más difícil, teniendo entonces que recurrir a procedimientos por sedimentación. Conocida la composición granulométrica del material, se le representa gráficamente para formar la llamada curva granulométrica. (Crespo, C. 1969).

3.2.6 Morfoscopía de los sedimentos

Algunos autores se han inclinado por el significado de las marcas existentes en la superficie de los sedimentos, principalmente los de cuarzo.

El estudio de estas superficies es un análisis visual que se denomina “Morfoscopía”, el cual se realiza mediante la visualización de las partículas a través de una lupa o microscopio para clasificarlas según su forma (redondez, esfericidad) de acuerdo a propuestas de diversos autores.

La observación atenta de los sedimentos permite deducir si se encuentran o no lejos de la fuente sedimentaria, cuáles fueron los agentes y mecanismos de transporte a los que fueron sometidos.

Obtenida la clasificación se realiza un histograma de distribución de sedimentos, apoyada de la granulometría. (UDO. 2004).

3.2.7 Medición del transporte de sedimentos en las distintas formas del lecho

El fondo de un río con transporte de sedimentos, es decir, habiendo superado el umbral del movimiento, puede presentar una configuración no plana sino ondulada siguiendo las llamadas formas de fondo. (FAO, 2017).

Las formas del fondo tienen importancia porque participan en el transporte de sedimentos e intervienen decisivamente en la resistencia al flujo (rugosidad). Estas ocurren con toda propiedad en lechos de arena, mientras que en ríos de grava y en ríos con materiales gruesos de granulometría extendida parece ser que presentan limitadamente o no presentan. (FAO, 2017).

Las características de las formas de fondo de un lecho están prácticamente determinadas por la potencia de la corriente y el diámetro medio del material, cuando este último es igual al diámetro medio de caída de material de fondo, que se define como el diámetro de una esfera que cae con igual velocidad de sedimentación que la partícula en cuestión. Para propósitos prácticos se supone que el diámetro medio del material es el que corresponde al 50% del material en peso.

Para determinar si hay movimiento incipiente, se recomienda utilizar la relación de Shields, la cual considera la variación del parámetro adimensional de Shields (T) con el número de Reynolds de corte (Re). (Escuela Colombiana de Ingeniería. Centro de Estudios Hidráulicos y Ambientales)

$$V = \frac{\tau_o}{\rho} = \sqrt{g \cdot R \cdot S_o} \quad (3.1)$$

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu} \quad (3.2)$$

$$T = \frac{\tau_o}{(\gamma_s - \gamma) \cdot d} \quad (3.3)$$

Donde:

V^* = Velocidad de corte

τ_o = Esfuerzo cortante en el fondo

ρ = Densidad del agua

R = Radio hidráulico

S_o = Pendiente del fondo del canal

γ_s = Peso específico del sedimento seco

γ = Peso específico del agua

d = Diámetro de las partículas.

Cuando el sedimento no ha comenzado a moverse, la resistencia al flujo equivale a la de un fondo fijo. De allí que el fondo plano sin movimiento sea de interés solo para determinar las condiciones de movimiento incipiente. (Escuela Colombiana de Ingeniería. Centro de Estudios Hidráulicos y Ambientales SF).

Al iniciar el movimiento en un lecho de arena e ir aumentando la velocidad se presentan en ese orden las siguientes formas: arrugas, dunas, lecho plano, y antidunas. (FAO, 2017).

El cálculo de la pérdida de suelo a partir de la medida del movimiento de los sedimentos en las corrientes y los ríos tropieza con varios problemas. La realización de las mediciones lleva tiempo y resulta cara; su precisión puede ser baja; incluso si se dispone de datos correctos sobre el movimiento de una corriente no se sabe de dónde procede el suelo y cuándo se produjo el movimiento. Alguno de los problemas técnicos se examina en Dickinson y Bolton (1992). Sin embargo, puede resultar útil hacer comparaciones del movimiento en diferentes corrientes, o en diferentes momentos del año, o de cuencas hidrográficas en las que se dan diferentes usos a la tierra. En el Capítulo 1 se explicó por qué unos datos cuantitativos necesitan pares de cuencas calibradas para que sean confiables y por qué se deben evitar los tratamientos "antes y después".

El movimiento de los sedimentos en las corrientes y ríos presenta dos formas. Los sedimentos en suspensión están constituidos por las partículas más finas mantenidas en suspensión por los remolinos de la corriente y sólo se asientan cuando la velocidad de la corriente disminuye, o cuando el lecho se hace más liso o la corriente descarga en un pozo o lago. Las partículas sólidas de mayor tamaño son arrastradas a lo largo del lecho de la corriente y se designan con el nombre de arrastre de fondo. Existe un tipo intermedio de movimiento en el que las partículas se mueven aguas abajo dando rebotes o saltos, a veces tocando el fondo y a veces avanzando en suspensión hasta que vuelven a caer al fondo. A este movimiento se le denomina saltación y es una parte muy importante del proceso de transporte por el viento; en la corriente líquida la altura de los saltos es tan reducida que no se distinguen realmente del arrastre de fondo.

Las cantidades relativas que avanzan en suspensión y el arrastre de fondo varían considerablemente. En un extremo, cuando el sedimento procede de un suelo de grano fino como el limo depositado por el viento, o una arcilla aluvial, el sedimento puede estar casi totalmente en suspensión. En el otro extremo, una corriente de

montaña limpia y rápida puede tener cantidades insignificantes de materia en suspensión y casi la totalidad del movimiento de la grava, los guijarros y las piedras se produce en el lecho de la corriente. Concentraciones elevadas de sedimento como las que se dan en algunos ríos, como el río Amarillo de China y el Mississippi de los Estados Unidos, pueden causar cambios significativos en las propiedades de resistencia del agua. La viscosidad será mayor y la velocidad de asentamiento de las partículas inferior, por lo que el umbral entre el sedimento en suspensión y el arrastre del fondo resulta confuso.

El cálculo de la carga en suspensión por muestreo es relativamente sencillo, pero tomar una muestra representativa del arrastre de fondo resulta difícil. A continuación se examinan brevemente ambos tipos de muestreo, al igual que el cálculo del movimiento total de sedimentos y las estimaciones basadas en mediciones de la cantidad de los depósitos en los pozos o los lagos . (FAO, 2017).

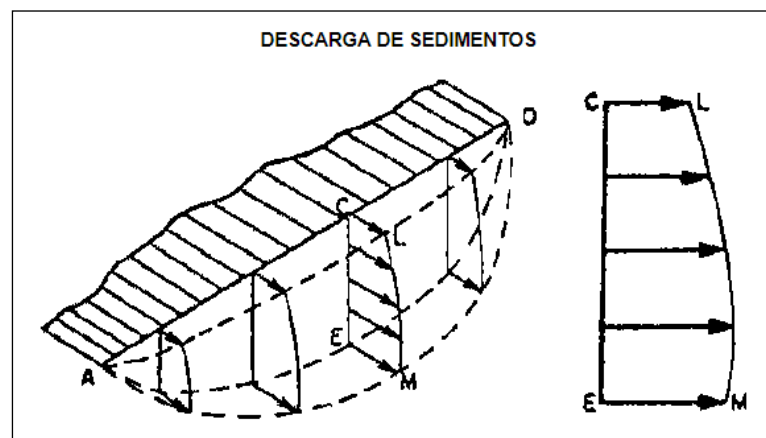


Figura 3.5 Modelo de descarga de sedimentos en ríos (FAO, 2017).

Existen varias causas posibles de error cuando se intenta de establecer una relación entre la cantidad del sedimento medido en las corrientes y la extensión de la erosión dentro de la cuenca hidrográfica.

En primer lugar, pueden existir cantidades importantes del material erosionado que no contribuyen al sedimento en la corriente debido a que se deposita antes de que llegue a ellas. La proporción de sedimento que llega a la corriente en comparación con el movimiento bruto de los sedimentos dentro de la cuenca se denomina relación de distribución. Esta puede ser apenas de 1% si existen depresiones o zonas con una espesa vegetación en las que se retiene la mayor parte del suelo. En un estudio de campo de 105 regiones de producción agrícola de los Estados Unidos, Wade y Heady (1978) descubrieron que las relaciones de distribución variaban entre el 0,1% y el 37,8% de la erosión bruta.

Una segunda causa posible de error es el factor tiempo. En una cuenca mayor el sedimento puede erosionarse y depositarse y sucesivamente volverse a erosionar y volverse a depositar cierto número de veces antes de que el sedimento llegue a la corriente. Una muestra de este sedimento podría incluir material erosionado en su origen varios años antes.

La tercera dificultad radica en que el sedimento de la corriente incluye materiales que proceden de diferentes fuentes con relaciones de distribución muy distintas. El sedimento procedente del derrumbe de las orillas de las zanjas o de las riberas de los ríos pasa inmediatamente al caudal de la corriente, mientras que la pérdida de suelo de una pequeña superficie cultivada y dentro de una cuenca en la que predominan los bosques podría tener tasas de erosión local elevadas, pero contribuir poco a la carga total de sedimentos (FAO, 2017).

Los cálculos de la descarga total de sedimentos en las corrientes pueden efectuarse mediante estimaciones de la concentración de los sedimentos y de la velocidad de la corriente. La concentración de sedimentos varía asimismo, siendo normalmente mayor en el fondo, por lo que la cuantía de la descarga total de

sedimentos es el producto de esas dos variables, como se indica en la Figura 3.5 (FAO, 2017).

3.2.8 Muestreo de sedimentos

La forma más sencilla de tomar una muestra de sedimentos en suspensión consiste en sumergir un recipiente en la corriente, en un punto en el que esté bien mezclada, como aguas abajo de un vertedero o de escollos de rocas. El sedimento contenido en un volumen medido de agua se filtra, se seca y se pesa. Esto da una medida de la concentración del sedimento y cuando se combina con el caudal se obtiene la tasa de descarga de sedimentos.

Un estudio de diversas técnicas de muestreo en Sudáfrica puso de manifiesto que las muestras obtenidas con botellas sumergidas suelen dar concentraciones aproximadamente del 25% inferiores a las que se obtienen con técnicas más perfeccionadas (Rooseboom y Annandale 1981). Para muestras únicas tomadas excavando con palas o cucharas, se recomienda una profundidad de 300 mm por debajo de la superficie como una fórmula mejor que la de obtener muestras en la superficie. Si la muestra se puede tomar a cualquier profundidad, se recomienda la mitad de la profundidad del caudal dado que es la que permite obtener los mejores cálculos de la concentración media de sedimentos. Cuando el programa de muestreo consiste en muestras obtenidas en secciones verticales en diversos puntos a través de la corriente, el esquema recomendado consiste en utilizar seis secciones situadas a igual distancia como se muestra en la Figura 3.6 (FAO, 2017).

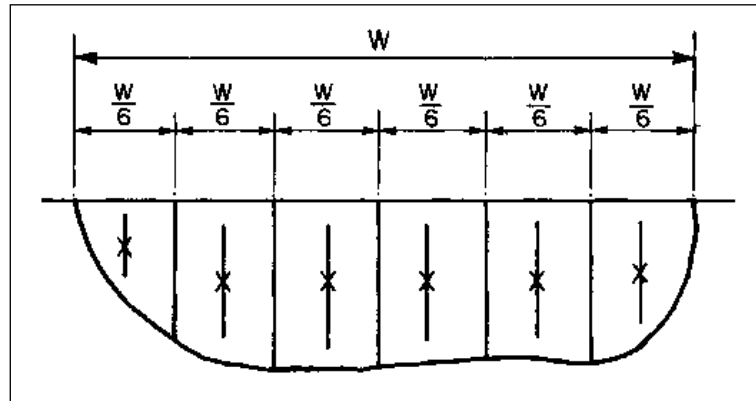


Figura 3.6 Esquema sugerido para el muestreo de sedimentos con puntos de muestreo a media profundidad del caudal (FAO, 2017).

3.2.8 Levantamiento batimétrico

Una batimetría se refiere al levantamiento topográfico del relieve de superficies del terreno cubierto por el agua, sea este el fondo del mar o el fondo de los lechos de los ríos, ciénagas, humedales, lagos, embalses, etc. es decir, la cartografía de los fondos de los diferentes cuerpos de agua. (IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2014).

Al igual que en los levantamientos topográficos convencionales, se determinan las coordenadas X, Y y Z, esta última corresponde a las profundidades de los cuerpos de agua levantados.

De esta manera dependiendo del detalle con el que se lleve a cabo la batimetría (Figuras 3.7 y 3.8), se pueden describir los fondos y el relieve de los cuerpos de agua y todas aquellas anomalías que en ellos puedan existir. (IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2014).

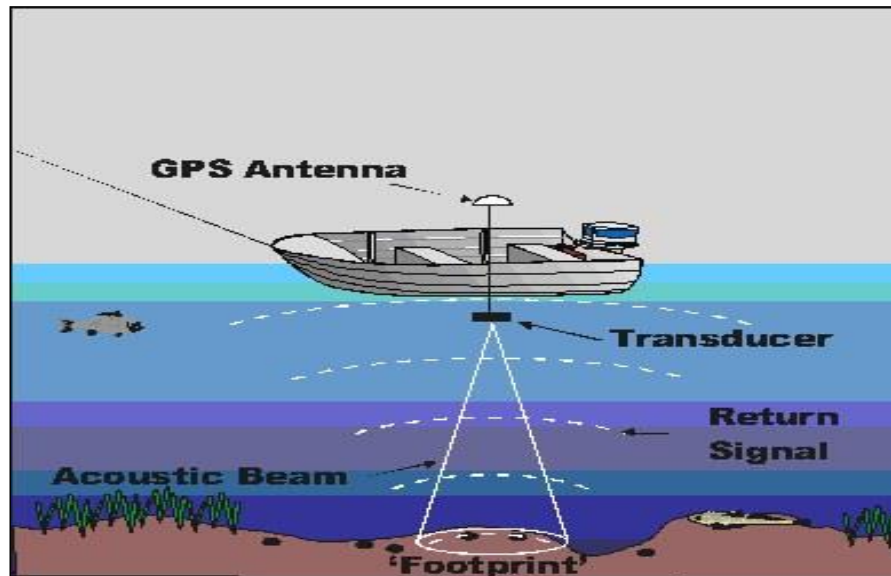


Figura 3.7 Representación de equipo para levantamientos batimétricos.

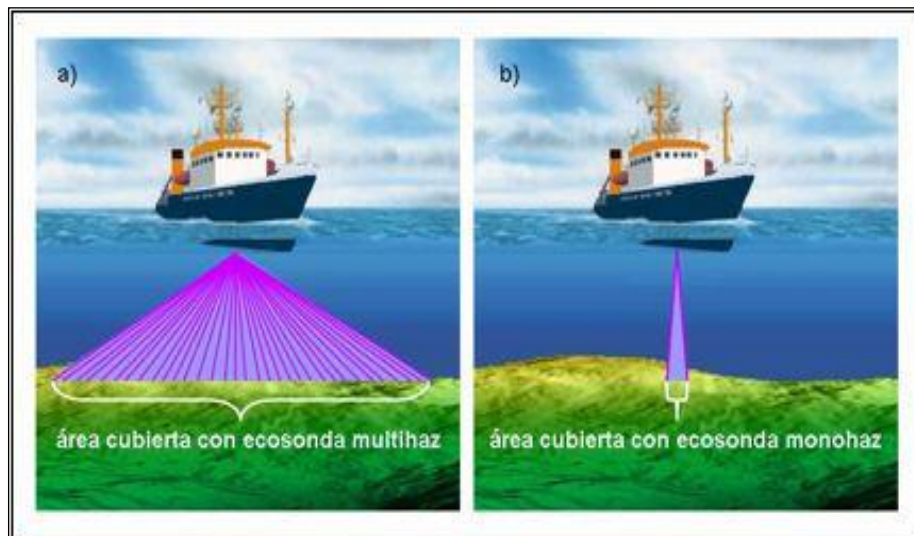


Figura 3.8 Representación de sondeo con: a) ecosonda multifrecuencia y b) con ecosonda monofrecuencia.

3.3 Bases legales

Existen numerosas normas, decretos y leyes que forman parte del actual marco legal vigente de la República Bolivariana de Venezuela que tienen relación con la

investigación que se trata en este documento, sin embargo, se considera que la Ley de Aguas tiene especial identificación con el tema tratado.

Artículo 18.- El manejo de las aguas comprenderá la conservación de las cuencas hidrográficas, mediante la implementación de programas, proyectos y acciones dirigidos al aprovechamiento armónico y sustentable de los recursos naturales. La conservación de las cuencas hidrográficas considerará las interacciones e interdependencias entre los componentes bióticos, abióticos, sociales, económicos y culturales que en las mismas se desarrollan.

También es de importante impacto en el tema tratado en esta investigación es la Ley Orgánica de espacios acuáticos:

Artículo 68. La promoción y ejecución de la investigación científica en los Espacios Acuáticos, Insulares y Portuarios deberán ajustarse a los lineamientos del Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y del Plan Nacional de Desarrollo del Sector Acuático. La realización de proyectos o actividades de investigación científica por parte de personas naturales o jurídicas, podrá ser negada por los órganos competentes, cuando:

1. El proyecto guarde relación directa con la exploración o explotación sostenible de los recursos naturales, entrañe perforaciones, utilización de explosivos o la introducción de sustancias o tecnologías que puedan dañar el ambiente marino.

2. Involucre la construcción, el funcionamiento o la utilización de las islas artificiales, instalaciones, estructuras y dispositivos, cualquiera sea su función.

3. Sea contrario al interés nacional.

4. Obstaculice indebidamente actividades económicas que la República Bolivariana de Venezuela lleve a cabo con arreglo a su jurisdicción y según lo previsto en la ley.

Autorización

Artículo 69. Las investigaciones científicas a ser realizadas en los espacios acuáticos de la República Bolivariana de Venezuela, deberán contar con la autorización correspondiente de los organismos competentes, los cuales en el ejercicio de sus atribuciones coordinarán la procedencia de la misma, de conformidad con la ley.

3.4 Definición de términos básicos

3.4.1 Barras

Las barras son sedimentos típicos de un río con meandros que se forman por migración lateral del meandro, ya sea en una llanura aluvial o en una llanura deltaica. (Rodríguez y Ferrer, 1998).

3.4.2 Los sedimentos gruesos (arenas y grabas)

Son transportados por tracción sobre el fondo, se desplazan manteniendo contacto con el fondo del cauce bien sea por rodamiento, deslizamiento o por saltación. (Rodríguez y Ferrer, op. cit).

3.4.3 Los sedimentos finos (arenas finas, limos y arcillas)

Son transportados, en suspensión, es decir mantenidas por elementos ascendentes del flujo en los turbulentos remolinos de la corriente, superponiéndose verticalmente (Agradación). (Rodríguez y Ferrer).

3.4.4 Carga de fondo

Es un conjunto de materiales transportados. (Rodríguez y Ferrer).

3.4.5 Carga en suspensión

Fracción de materia que se sitúa en el toque de las barras y las orillas (depósito de desbordamiento). (Rodríguez y Ferrer).

3.4.6 El número de Froude

Cuando el flujo es descrito como supercrítico $Fr > 1$ y cuando se describe como subcrítico $Fr < 1$. (Rodríguez y Ferrer).

3.4.7 Patrón de drenaje

Define la configuración que ofrece el canal o el conjunto de estos, cuando se observa el mapa, vistas o fotos aéreas. (Rodríguez y Ferrer).

3.4.8 Caudal

Definida como el volumen de agua que atraviesa una sección transversal de la corriente por unidad de tiempo. Se expresa en metros cúbicos por segundo, la carga

se puede obtener utilizando la velocidad y multiplicándola por el área A de la sección transversal que expresado en forma de la ecuación es:

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots(3.7)$$

Dónde:

Q= Caudal

A= Área de la sección (Chow, 1994).

3.4.9 Saltación

Es un tipo de transporte que se desarrolla generalmente de sedimentos y se caracteriza por una serie de saltos sobre el lecho del río. (Rodríguez y Ferrer).

3.4.10 Suelo

Se puede definir como el material no consolidado o semiconsolidado compuesto de la mezcla de partículas de diferentes tamaños, minerales, compuestos litológicos, cantidades y clases de materias orgánicas.

Los cuales se encuentran sobre la superficie terrestre como son: guijarros, arenas, limos, arcillas, materiales turbosos, etc. La capa superficial de la tierra rica en material orgánico, se designa con el nombre de capa vegetal.

Los suelos derivan de las rocas que por los procesos geológicos (tectonismo) originan que la roca sea fracturada o plegada luego por los procesos de alteración se originan los suelos. (Rodríguez y Ferrer).

3.4.11 Estructuras

Deposición y orden de las partes de la corteza, es decir, los diferentes plegamientos de la corteza. En el sentido geológico se habla de estructuras macizas, sedimentarias, plegadas, falladas, etc. (Rodríguez y Ferrer, op. cit)..

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

El nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno, pudiendo ser, exploratorio, descriptivo, analítico, explicativo, predictiva o evaluativa. (Hurtado de Barrera, 2000). En este caso el nivel de esta investigación es de tipo descriptiva, ya que se describirán las variables sin manipularlas.

4.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación, es la estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado, la cual puede ser de tres tipos: a) documental, b) de campo y c) experimental.

El diseño de esta investigación es de tipo documental y de campo, se dice que es documental, ya que es necesario efectuar consultas bibliográficas y adquirir datos provenientes de materiales impresos de trabajos anteriormente realizados en el área de estudio, como lo son los levantamientos batimétricos y los datos de aforos de corrientes, y de campo porque se recolectaron datos directamente del área en estudio, como por ejemplo: las muestras de los materiales del lecho.

4.3 Población y muestra de la investigación

4.3.1 Población de la investigación

Se entiende por población el conjunto finito o infinito de elementos con características comunes, para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda limitada por el problema y por los objetivos del estudio". (Arias, F. 2006).

La población o universo a estudiar, se concibe como el espacio de donde se extraerá la muestra que se va a utilizar en la investigación. En este sentido, Balestrini, M. (2006), expresa que: "una población o universo puede estar referido a cualquier conjunto de elementos de los cuales pretendemos indagar y conocer sus características, o una de ellas, y para el cual serán válidas las conclusiones obtenidas en la investigación".

La población de la investigación estará constituida por todo el flujo de agua y de los sedimentos presentes en el sector Matanzas – Palo Solo.

4.3.2 Muestra de la investigación

Según Balestrini, M. (2006), "La muestra es un subconjunto representativo de un universo o población".

Se considera que esta es homogénea por lo cual estará constituida por 5 muestras de suelo que serán extraídas del fondo del río y cuya ubicación será escogida de forma opinática precisamente por la homogeneidad de la población.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para obtener información relevante proveniente de la realidad objeto de estudio será necesario utilizar distintas técnicas e instrumentos de recolección de datos para cumplir con las metas propuestas.

4.4.1 Técnicas de investigación

Según Arias, F. (2006), las técnicas de recolección de datos son las distintas maneras de obtener información. Por otra parte, este autor plantea que las herramientas son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información.

4.4.1.1 Observación directa.

Tamayo y Tamayo, (2006), definen observación directa como: “Aquella en la cual el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación”.

Mediante la observación directa, se hará un reconocimiento visual del área de estudio a fin de verificar las condiciones en las que se encuentra en cuanto a la topografía, vegetación, condiciones de las riberas, islas e infraestructuras civiles presentes en el sector.

4.4.1.2 Revisión literaria

La revisión literaria, permitirá extraer las bases teóricas y los antecedentes del problema de investigación, sirviendo como herramientas documentales que sustenten el trabajo propuesto, como lo expresan Tamayo y Tamayo, (2006): “la revisión

Literaria es el fundamento de la parte teórica de la investigación y permite conocer a nivel documental las investigaciones relacionadas con el problema planteado”.

4.4.1.3 Entrevistas no estructuradas

La realización de entrevistas es una técnica de recolección muy significativa, a través de ésta se obtendrá información valiosa y de interés, permitiendo aclarar las dudas existentes sobre el tema en estudio.

Tal como lo expresa Sabino, C. (2006): “de un modo general una entrevista no estructurada, es aquella en la que no existe una estandarización formal, habiendo por lo tanto un margen más o menos grande de libertad para formular las preguntas y las respuestas”.

Éstas serán realizadas a habitantes del sector en estudio, a profesionales calificados, específicamente ingenieros civiles, ingenieros geólogos y cualquier otra persona que pueda brindar algún tipo de asesoría en cuanto a la evolución geomorfológica temporal del área de estudio.

4.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos utilizados fueron: Lancha hidrográfica, muestreador de fondo marca Hydroproduct, posicionador satelital global (GPS), ecosonda marca Raytheon modelo 719B, , cámara fotográfica, equipo de laboratorio de suelos y equipos de ofimática (microcomputador, impresora, escaner, programas, entre otros).

4.5 Flujograma de la investigación

Para la realización de esta investigación se seguirá el flujograma (Figura 4.1) que implica las actividades a realizar necesarias para el logro de los objetivos específicos planteados.

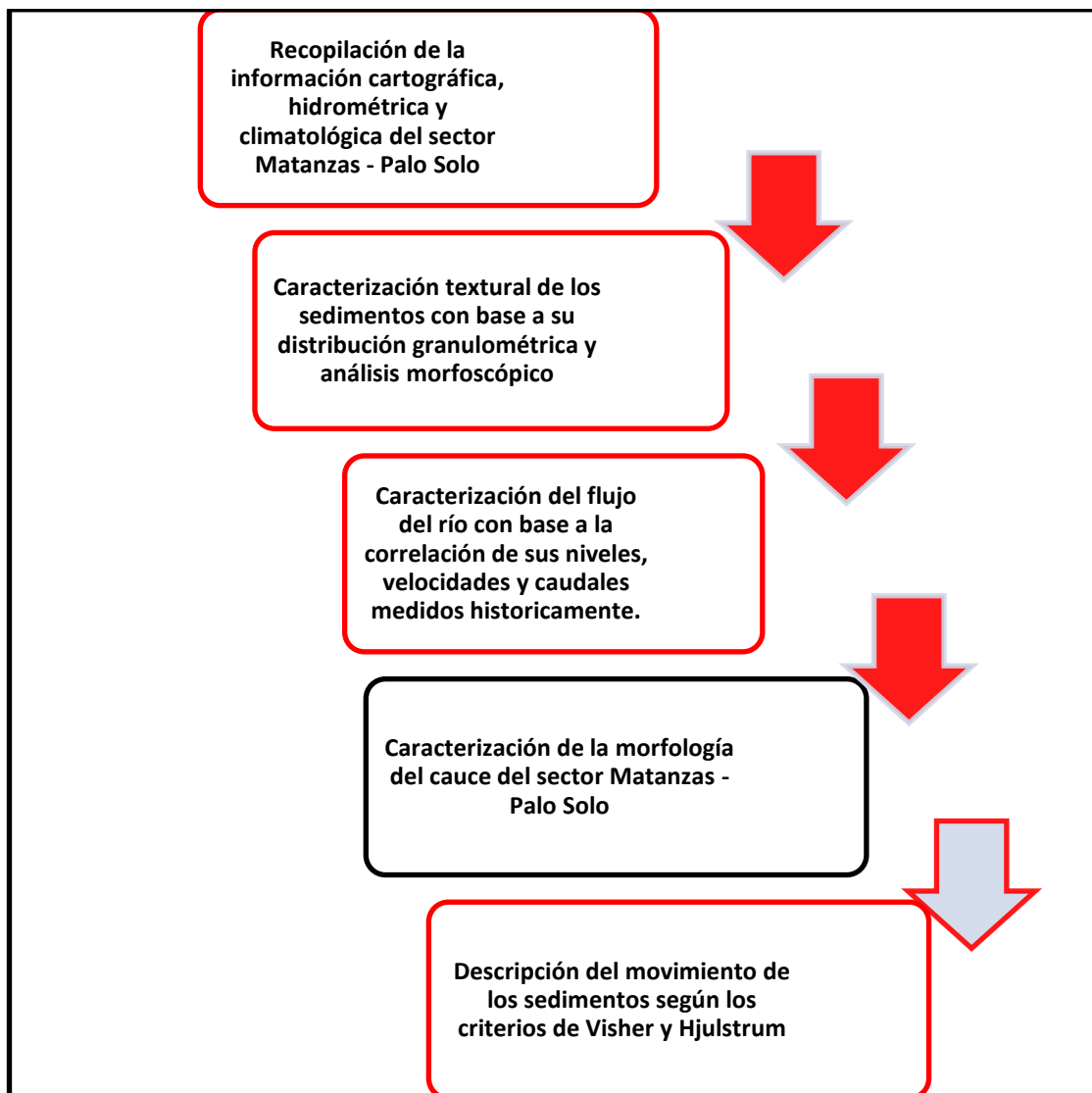


Figura 4.1 Flujograma de la investigación.

4.6 Procedimiento para el logro de los objetivos

Con la finalidad de dar cumplimiento a los objetivos específicos planteados se procederá a continuación a dar una explicación breve de las actividades que habrán de cumplirse a tal fin:

4.6.1 Caracterización textural de los materiales del cauce presentes en el área de estudio del río Orinoco.

Para realizar la caracterización textural de los sedimentos presentes en el sector se efectuará un muestreo de carácter opinático que estará constituido por 4 ejemplares tomados en el fondo del cauce de la zona de estudio. Las muestras serán debidamente envasadas e identificadas y luego trasladadas hasta el laboratorio de Hidráulica y Mecánica de los Fluidos donde se les realizará análisis granulométrico, y análisis morfoscóptico. Asimismo, se les realizará análisis de contenido mineralógico por examen con lupa en el Laboratorio de Petrografía de la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente.

4.6.2 Descripción de las condiciones del flujo del río con base a los niveles de la superficie del agua y a los caudales

Con base a los registros históricos de aforos efectuados en la zona de estudio suministrados por el Instituto Nacional de Canalizaciones, se realizará una correlación entre los parámetros fundamentales medidos tales como los niveles del río, caudales y velocidades de corrientes.

4.6.3 Caracterización del movimiento de los sedimentos del río con base a los criterios de Hjulstrum.

Para la determinación de la velocidad mínima necesaria de flujo requerida para que se produzca el movimiento incipiente de las partículas se utilizará el criterio de Hjulstrum utilizando para ello el diagrama respectivo de este modelo. Para su determinación se introduce por el eje de las abscisas, el diámetro medio de las partículas y se asciende verticalmente hasta interceptar la curva del modelo que separa las zonas de erosión y transporte. Luego, desde este punto de corte, se desplaza hacia el eje de las ordenadas encontrando la velocidad mínima necesaria para arrancar las partículas del lecho y se inicie el movimiento de las partículas.

4.6.4 Caracterización de los mecanismos mediante el cual se produce el movimiento de los sedimentos del río con base a los criterios Visher.

Utilizando los datos de los análisis granulométricos de las partículas se construirá curvas relacionando el porcentaje retenido versus el diámetro de los tamices utilizados. Dicha curva permitirá (previo trazado de las líneas tangentes a la curva) determinar los porcentajes de forma de transporte predominante (tracción, saltación o suspensión) de acuerdo al criterio de Visher.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Caracterización climática del área de estudio

Para el área de estudio se han revisado las condiciones del clima, con base en el análisis temporal de precipitación, evaporación, temperatura, insolación, humedad relativa y viento, para lo cual se utilizaron los datos de registrados en las estaciones dentro del área de influencia inmediata.

Para establecer las características del clima se efectuó un análisis cuantitativo, con base en los datos de los promedios mensuales y anuales de los parámetros registrados en las estaciones meteorológicas Macagua y Puerto Ordaz, cuyos datos fueron suministrados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) y CORPOELEC.

En la tabla 5.1, se muestran las características de las estaciones mencionadas.

Tabla 5.1 Características de las estaciones climatológicas utilizadas (INAMEH, 2017).

Estación	Tipo	Serial	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Organismo
Macagua	C1	8106	08°17'29''	62°39'21''	79	CORPOELEC
Puerto Ordaz R-A	C2	3813	08°19'00''	62°43'00''	51	INAMEH

El área del proyecto se enmarca en la zona de vida Bosque seco Tropical (Bs-T), según la clasificación climática de Holdridge.

En el área de estudio se recibe una pluviosidad promedio alrededor de los 1.088 mm anuales, la temperatura media anual oscila alrededor de los 27°C y su evaporación promedio supera los 2.200 mm por año. De acuerdo con esto, el área se clasifica como clima cálido tropical de sabana isotérmico (Awgi), caracterizado por presentar un período de lluvia y otro de sequía, bien definidos, con una oscilación térmica promedio inferior a los 5 °C.

5.1.1 Precipitación

El valor promedio anual de precipitación para la zona del proyecto es de 1000 mm, el cual fue estimado a partir de los promedios anuales de las estaciones localizadas alrededor del área de estudio. En la tabla 5.2, se muestran los promedios mensuales y el total anual de precipitación para el período 1950-2011; con base en ellos se elaboró la figura 5.1.

El régimen pluviométrico es de tipo unimodal, es decir, se registra un solo tope de lluvia durante el año. Este ocurre en los meses del verano astronómico (junio, julio y agosto), lo cual corresponde con la época de mayor actividad de la convergencia intertropical, responsable directa de la distribución temporal de las lluvias en el territorio venezolano.

En estos tres meses se recoge más del 54% del volumen total de precipitación anual. El valor más bajo de precipitación se registra en los tres primeros meses del año (febrero, marzo y abril).

Tabla 5.2. Precipitación media mensual y anual (mm). Período 1950-2011 (INAMEH, 2017).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Puerto Ordaz R-A	36,3	27,3	21,5	28,7	89,9	179,3	162,6	133,9	83,7	81,6	83,2	69,3	1000

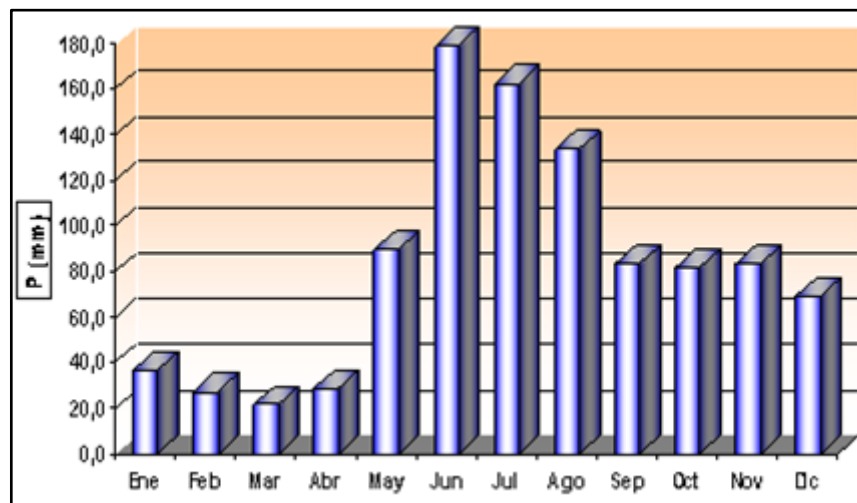


Figura 5.1 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2017).

5.1.2 Evaporación

La evaporación promedio anual en la zona es bastante elevada, esto es alrededor de 2.140 mm/ año. Esta variable climática no tiene una oscilación anual de alto rango, sin embargo es posible diferenciar en su comportamiento temporal, dos épocas donde ocurren los valores más altos, lo cual casi coincide con las épocas de equinoccio de primavera y otoño.

En estos meses (marzo y abril) ocurren altas temperaturas, mayor cantidad de horas de brillo solar, baja humedad relativa, así como, un aumento de la velocidad del viento. Por otra parte, la evaporación registra sus valores más bajo durante los meses de junio y diciembre, es decir en las épocas de mayor pluviosidad y menor temperatura respectivamente.

En la tabla 5.3, se indican los promedios mensuales, así como el valor total medio anual de la estación Puerto Ordaz R-A y la figura 5.2 muestra el comportamiento anual de dicha variable.

Tabla 5.3. Evaporación media, mensual y anual (mm). Período 1950-2011. (INAMEH, 2017).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Puerto Ordaz R-A	173	182	225	219	197	149	157	158	177	183	173	149	2.139

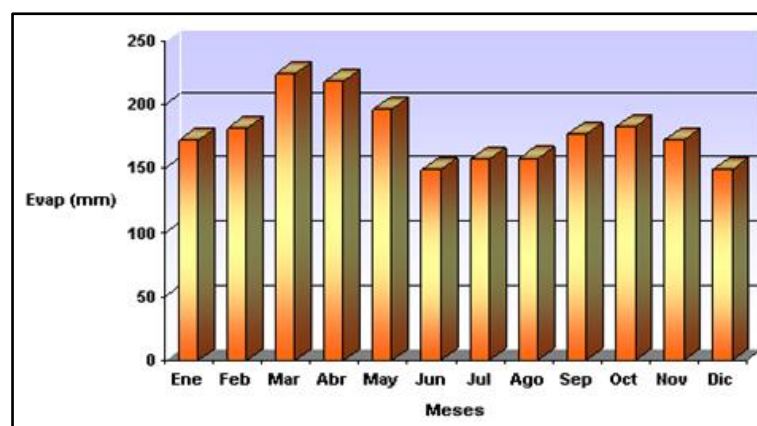


Figura 5.2 Variación anual de la evaporación (mm). Estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2017).

5.1.3 Temperatura

En la zona, la temperatura promedio anual está entre 26,4 °C y 27,4° C. Por encontrarse en la zona tropical, se cumple la condición de isoterminia, es decir, la diferencia de los valores de temperatura entre el mes más cálido y el más frío no supera los 5 °C.

En la tabla 5.4, se indican los valores medios de temperatura para la estación Puerto Ordaz R-A. Con base a dichos valores se elaboró la figura 5.3 en la cual se muestra el comportamiento anual de la temperatura registrada en la estación mencionada.

Tabla 5.4 Temperatura máxima, media y mínima (°C). Período 1950-2011. (INAMEH, 2017).

Estación	Estadístico	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Puerto Ordaz	Máxima Media	31,1	32,0	32,9	33,4	33,1	31,4	31,4	32,1	33,0	33,1	32,7	31,2	32,3
	Media	25,5	25,8	26,8	27,4	27,4	26,4	25,9	26,3	26,7	26,8	26,4	25,3	26,4
	Mínima Media	21,3	21,0	22,0	22,7	23,1	23,0	22,0	21,8	21,6	21,7	21,7	21,0	22,0

La distribución anual de la temperatura, al igual que la evaporación es de tipo bimodal. Se observa que las mayores temperaturas ocurren en la primavera astronómica, marzo – abril, con un máximo secundario en septiembre – octubre (otoño astronómico). Las temperaturas más bajas se registran en el lapso diciembre – febrero (invierno astronómico) y en el mes de junio, coincidiendo con la época de máxima pluviosidad. Por otra parte, la amplitud térmica anual promedio es de 2,2 °C, lo que ratifica la condición de isoterminia del clima del área.

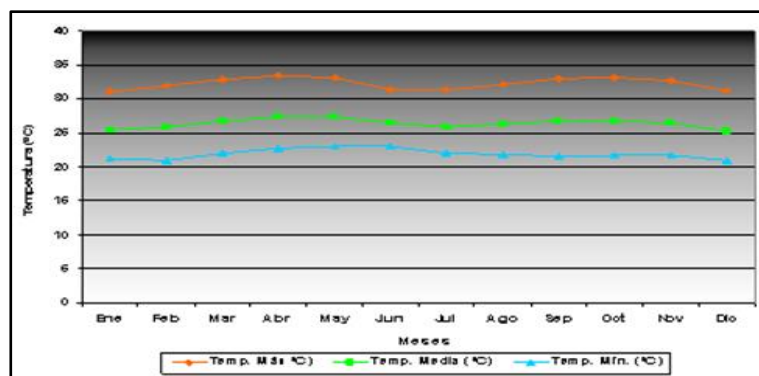


Figura 5.3 Variación anual de la temperatura máxima, media y mínima (°C) en la Estación Puerto Ordaz R-A (INAMEH, 2017).

5.1.4. Insolación

La variación temporal de la insolación depende del movimiento anual aparente del sol, de la nubosidad, las precipitaciones y el estado de transparencia de la atmósfera.

Con base en las estaciones cercanas a la zona se estima que el área del proyecto recibe una insolación media anual alrededor de 7.2 horas de sol.

Los valores más altos ocurren en los meses de septiembre a noviembre y un segundo pico menos importante ocurre en los meses de enero a marzo. Los menores valores de brillo solar ocurren durante los meses junio y julio, lo que demuestra la alta nubosidad presente en la zona en dichos meses, por la temporada de lluviosa. (Tabla 5.5 y Figura 5.4).

Tabla 5.5. Insolación media mensual y anual (horas de sol). Período 1950-2011. (INAMEH, 2017).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Puerto Ordaz R-A	7,3	7,5	7,6	7,0	7,0	6,1	6,8	7,1	7,8	7,8	7,8	6,9	7,2

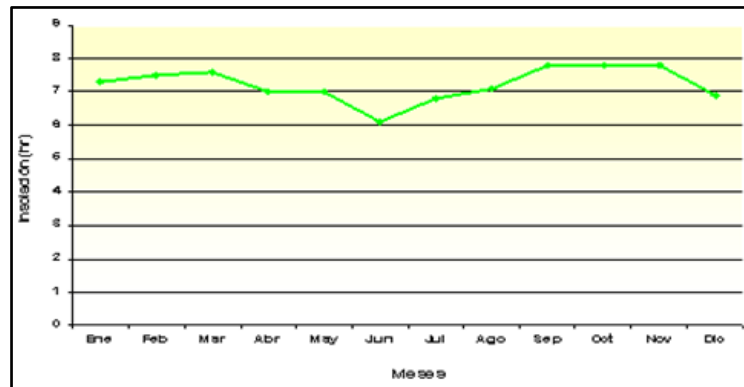


Figura 5.4 Variación anual de la insolación (horas). Estación Puerto Ordaz (INAMEH,2017).

5.1.5 Humedad Relativa

La humedad relativa media anual está por el orden del 75 %, según los datos de la estación Puerto Ordaz R-A.

En la tabla 5.6, se presentan los valores medios mensuales y anuales de humedad relativa para dicha estación y en la figura 5.5 se muestra su distribución en el año.

De acuerdo a ello, se observa que la humedad relativa media mensual alcanza su mayor valor (82%), en el mes de máxima precipitación (julio-agosto), y el mínimo durante los meses de marzo y abril (66%).

Tabla 5.6. Humedad relativa media mensual y anual (%). Período 1950-2011. (INAMEH, 2017).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Puerto Ordaz R-A	75	71	67	66	72	80	81	82	77	76	78	78	75

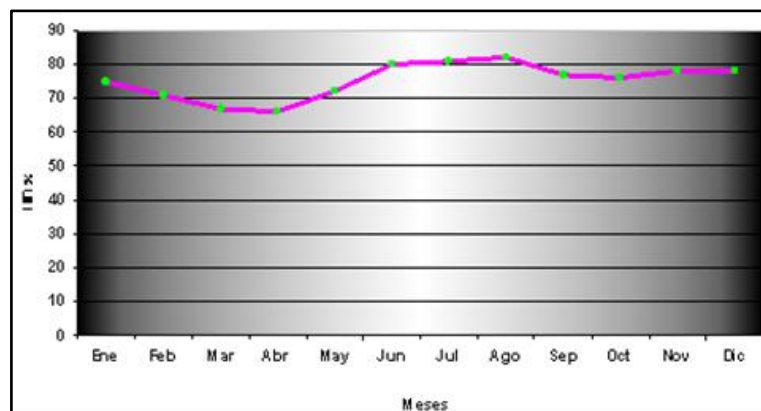


Figura 5.5 Variación anual de la humedad relativa (%). Estación Puerto Ordaz. (INAMEH, 2017).

De todos los parámetros antes mencionados, es necesario acotar que solo la precipitación tiene una incidencia directa en el movimiento de las partículas presentes en el lecho del sector Matanzas –Palo Solo, ya que dicho parámetro influye en los caudales y velocidad del flujo del río Orinoco. La velocidad del flujo mantiene una relación directa con la capacidad de movilizar partículas de determinada granulometría; es decir, a mayor velocidad del flujo mayor tamaño de las partículas podrán ser movilizadas.

5.2 Características texturales de los sedimentos del lecho

En primer lugar se efectuó un muestreo de los materiales del lecho en la zona de estudio. En total se tomaron cinco (5) muestras extraídas del área ocupada por el canal de navegación y de sus adyacencias.



Figura 5.6 Toma de muestras de fondo en el río Orinoco.

La ubicación de los puntos de muestreo se decidió en función de las profundidades disponibles en la zona de estudio y tomando en cuenta las áreas del sector Matanzas - Palo Solo que periódicamente son dragadas por el ente gubernamental (Instituto Nacional de Canalizaciones) que realiza el mantenimiento del canal de navegación del río Orinoco.

Cabe destacar que el sector posee en gran parte de su extensión superficial profundidades (>6 m) que superan las capacidades de muestreo de los equipos disponibles a tal fin (muestreador manual cilíndrico de acero).

5.2.1 Distribución granulométrica de los sedimentos del lecho

Una vez realizado el análisis granulométrico de las muestras tomadas se obtuvieron los resultados y las curvas granulométricas mostradas en el apéndice A (A.1 hasta A.5).

De acuerdo al método de Clasificación Unificada de Suelo las muestras tomadas resultaron ser arenas mal gradadas (SP).

Mediante el análisis granulométrico practicado a las muestras recolectadas en campo se logró determinar que son 100 % arenas, de las cuales el 80 % son arenas finas mientras que el 20 % restante corresponde a arenas medias, tal y como puede apreciarse en la Tabla 5.7.

Tabla 5.7 Resultados del análisis granulométrico.

Muestra	% Grava	%Arena			% Finos	% Total
		Gruesa	Media	Fina		
ML – 1	0	0.15	62.64	37.01	0.20	100
MI – 1		0.00	43.14	56.80	0.06	
ML – 2		0.14	17.55	80.53	1.78	
ML – 3		0.11	7.49	90.60	1.80	
MI – 2		0.49	2.93	92.52	4.06	

5.2.2 Formas de las partículas de los sedimentos del lecho

En cuanto al análisis de forma de las partículas de las muestras tomadas en el canal de navegación del sector Matanzas - Palo Solo, en las mismas predominan las partículas sub-angulosas y sub-redondeadas, lo cual permite inferir que han sufrido

poco o moderado transporte o al menos la cantidad de movimiento que han tenido las partículas no ha sido suficiente para que reciban un nivel de fricción o abrasión que degrade sus aristas hasta las formas redondeadas (Apéndice B, B.1 a B.5).

Tabla 5.8 Resumen de análisis morfológicos realizados a las muestras

Tipo de Partículas	NOMBRE DE LA MUESTRA									
	ML – 1		MI – 1		ML – 2		ML – 3		MI – 2	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Angulosas	43	21.5	42	21	60	30	48	24	48	24
Subangulosas	72	36	88	44	78	39	78	39	72	36
Subredondeadas	60	30	52	26	44	22	62	31	58	29
Redondeadas	25	12.5	18	9	18	9	12	6	22	11
Total	200	100	200	100	200	100	200	100	200	100

5.2.3 Minerales identificados en las muestras

Por otra parte, los análisis de identificación óptica de minerales (mediante uso de la lupa) de los materiales del lecho del cauce asignan un 98% de cuarzo a estos materiales (Apéndice C. C.1 a C.4)



Figura 5.7 Equipo utilizado para la descripción de los minerales pesados presentes en las muestras recolectadas en campo.

Tabla 5.9 Resultados del análisis mineralógico realizado a las muestras del río Orinoco, milla 198.5.

Muestra	Minerales Nombre	%	Descripción
ML – 1	Circón (ZrSiO ₄)	5	- La muestra presenta gran cantidad de minerales opacos (Óxidos de Hierro, Illmenita, Pirita, etc.) con formas que van desde angulosas hasta subredondeadas dispersos por toda la sección. El mineral Turmalina se presenta en cristales anhedrales poco fracturados y alterados. El mineral Circón se presenta en forma euhedrales, subeuhedrales y anhedrales, algunos de los cristales se observan redondeados.
	Turmalina XY ₃ (SiO ₁₈)Al ₆ (BO ₃) ₃ (OH) ₄	3	
	Óxido de Hierro (FeO)	92	
	Illmenita (FeTiO ₃)		
	Pirita (FeS ₂)		
MI – 1	Circón(ZrSiO ₄)	3	- La muestra presenta gran cantidad de minerales opacos (Óxidos de Hierro, Illmenita, Pirita, Hematita, etc.) con formas que van desde angulosas hasta subredondeadas dispersos por toda la sección. El mineral Turmalina se presenta en cristales anhedrales y subeuhedrales poco fracturados y alterados. El mineral Circón se presenta en forma euhedrales, subeuhedrales y anhedrales muy alterados con un relieve muy alto.
	Turmalina XY ₃ (SiO ₁₈)Al ₆ (BO ₃) ₃ (OH) ₄	6	
	Óxido de Hierro (FeO)	91	
	Illmenita (FeTiO ₃)		
	Pirita (FeS ₂)		
	Hematita (Fe ₂ O ₃)		
ML – 2	Circón(ZrSiO ₄)	4	- La muestra presenta gran cantidad de minerales opacos (Óxidos de Hierro) con formas que van desde angulosas hasta subredondeadas dispersos por toda la sección. El mineral Turmalina se presenta en cristales anhedrales y subeuhedrales poco fracturados y alterados. El mineral Circón se presenta en forma euhedrales, anhedrales muy alterados, en algunos de estos cristales se observa patina de Óxido de Hierro.
	Turmalina XY ₃ (SiO ₁₈)Al ₆ (BO ₃) ₃ (OH) ₄	3	
	Óxido de Hierro (FeO)	93	
	Illmenita (FeTiO ₃)		
	Pirita (FeS ₂)		
ML – 3	Circón(ZrSiO ₄)	5	La muestra presenta gran cantidad de minerales opacos (Óxidos de Hierro comportándose como patina sobre algunos granos de Cuarzo) la forma de los granos varía desde angulosos hasta subredondeados dispersos por toda la sección. El mineral Turmalina se presenta en cristales anhedrales poco fracturados y alterados. El mineral Circón se presenta en forma euhedrales, subeuhedrales y anhedrales muy alterados, los cristales se observan redondeados.
	Turmalina XY ₃ (SiO ₁₈)Al ₆ (BO ₃) ₃ (OH) ₄	4	
	Cuarzo (SiO ₂)	2	
	Óxido de Hierro (FeO)	89	
	Illmenita (FeTiO ₃)		
	Pirita (FeS ₂)		
MI – 2	Circón(ZrSiO ₄)	5	- La muestra presenta gran cantidad de minerales opacos (Óxidos de Hierro) con formas que van desde angulosas hasta subredondeadas dispersos por toda la sección junto con algunos cristales subangulosos de Cuarzo. El mineral Turmalina se presenta en cristales anhedrales poco fracturados y alterados. El mineral Circón se presenta en forma euhedrales, subeuhedrales y anhedrales, muy alterados algunos cristales se observan redondeados.
	Turmalina XY ₃ (SiO ₁₈)Al ₆ (BO ₃) ₃ (OH) ₄	4	
	Cuarzo (SiO ₂)	2	
	Óxido de Hierro (FeO)	89	
	Illmenita (FeTiO ₃)		
	Pirita (FeS ₂)		

Las evidencias de que una partícula ha sufrido transporte se desprenden en primer lugar del grado de esfericidad de sus partículas y en segundo lugar por la dureza del tipo de minerales presentes.

Por ejemplo, las muestras de sedimentos analizadas presentan formas de las partículas predominantemente sub-angulosas a sub-redondeadas lo cual pareciera indicar que las partículas han recibido una moderada fricción durante su transporte, bien sea porque la fuente de los sedimentos se encuentra cercana o porque el mecanismo de transporte haya sido predominantemente por suspensión y poca saltación.

Por otro lado, el contenido mineralógico de las muestras indica un elevado porcentaje de contenido de cuarzo y de otros minerales de dureza media a alta; esta realidad pudiera enmascarar la realidad de la distancia a la que se encuentra la roca origen. Asimismo, hay presencia de pocos o ninguna evidencia de minerales de baja dureza como la plagioclasa; pudiese indicar que el transporte ha sido suficiente para disgregar y o eliminar las trazas de los minerales blandos que deberían estar presentes si se tratase de rocas provenientes del Complejo Imataca.

Estas circunstancias permiten recomendar la realización de estudios que correlacionen cuantitativa y cualitativamente la esfericidad o redondez de las partículas de cada mineral en relación a la distancia de transporte a la cual ha sido sometido el sedimento.

5.3 Características hidráulicas del flujo del agua

Para la caracterización hidráulica del sector Matanzas - Palo Solo se analizarán los parámetros principales que describen el cuerpo de agua como son: la velocidad de la corriente, los caudales y los niveles del río.

Las campañas de aforos para la determinación de caudales y velocidades de corriente no se han realizado en forma sistemática en la última década; sin embargo, con los registros históricos de todas las campañas anteriores en las cuales se han efectuado aforos en la sección correspondiente a la milla 192.0, se ha construido la Tabla 5.10 la cual nos permitirá mostrar una correlación de los tres parámetros antes indicados y que se muestra en la Figura 5.7.

Tabla 5.10 Valores de velocidad de la corriente, caudales y niveles en la sección de afora de la milla 192.0 del sector Matanzas - Palo Solo del río Orinoco.

Fecha	Fuente de Información	Gasto Sólido (Ton-día)	Gasto Líquido (m³/s)	Velocidad Media (m/s)	Nivel Palua (m)
20/03/02	INC -2002		9,427.72	0.36	1.37
14/06/00	INC -2000		50,325.91	1.22	8.18
06/09/00	INC -2000	352,909.81	61,576.95	1.39	9.58
13/12/00	INC -2000	124,457.49	24,907.44	0.74	4.5
23/03/00	INC 2000	39,482.05	13,056.23	0.47	1.35
08/12/99	INC -1999	247,715.45	25,829.52	0.78	4.37
30/04/99	INC -1999	300,763.92	28,455.56	0.83	4.93
14/12/98	INC -1998	133,086.59	27,506.32	0.81	4.1
29/03/98	INC -1998	9,521.52	8,079.38	0.29	1.43
01/06/97	INC -1997	471072.15	38,234.39	0.93	5.45

Esta correlación permite a futuro estimar valores de caudal y velocidad de la corriente, los cuales son los parámetros de mayor dificultad de medición a través del tiempo, a partir de las mediciones de niveles del río que si son medidos diariamente en forma continua en el limnógrafo de las estaciones Palúa (milla 183) y Punta Cuchillo (milla 192).

Dada la relación directa existente entre la velocidad de la corriente y la capacidad del flujo de poner en movimiento los sedimentos, se torna de importancia relevante el conocimiento de las velocidades de la corriente imperantes en el sector Matanzas – Palo Solo con la finalidad de definir el estado de movimiento (depositación, transporte o erosión) de las partículas en función de su granulometría y la mencionada velocidad del flujo.

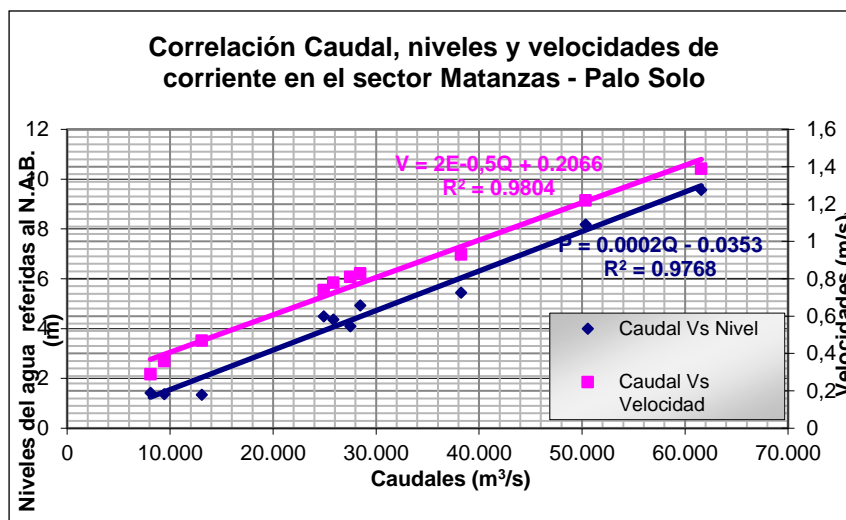


Figura 5.8 Correlación de Velocidad, caudales y niveles del río Orinoco en la estación de aforos en el sector Matanzas - Palo Solo.

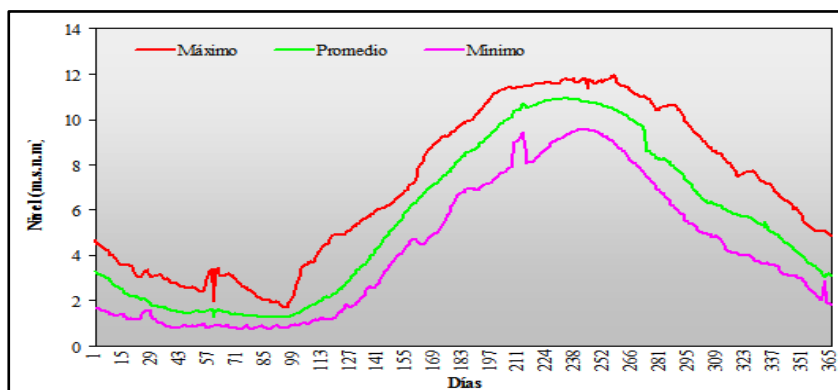


Figura 5.9 Hidrograma de niveles máximos, promedios y mínimos en el sector Matanzas-Palo Solo referidos al Datum nmm. Período 1980-2013 (Estación Punta Cuchillo).

5.4 Caracterización del movimiento de los sedimentos del río

5.4.1 Estado de movilidad con base a los criterios de Hjulstrum,

La aplicación del modelo de Hjulstrum requiere del diámetro medio (d_{50}) de los sedimentos que para el caso en análisis del sector Matanzas – Palo Solo se ha estimado entre 0.23 mm y 0.29 mm (a excepción de la muestra ML-1 con un $d_{50} = 0.50$ mm) lo cual permite estimar como velocidades predominantes de la corriente para mantener el movimiento de las partículas entre 20 cm/s y 70 cm/s lo cual se puede observar en la Figura 5.11 siguiendo la línea de trazo segmentado.

Se presume que las diferencias granulométricas observadas en la muestra ML-1 puedan deberse al sitio de muestreo, ubicado aguas debajo de los morros de Guarampo los cuales fueron sometidos a procesos de voladura durante la etapa de construcción del puente. Estas voladuras tenían como propósito aumentar la profundidad navegable en el sector y evitar peligros de encalladuras de los trenes de gabarra con bauxita (Figura 5.10).



Figura 5.10 Voladura de los morros de Guarampo en el sector Matanzas – Palo Solo.

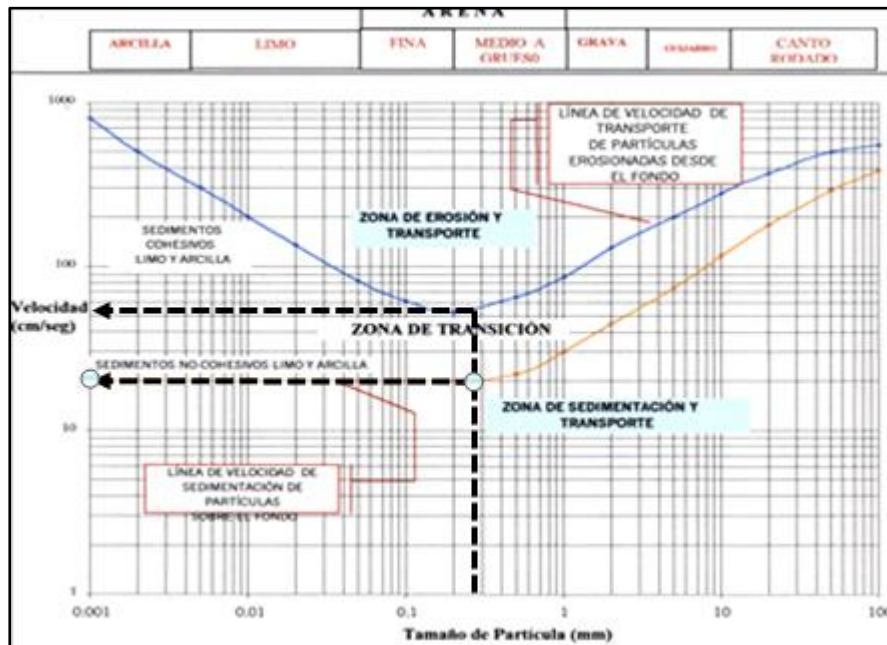


Figura 5.11 Modelo de Hjulstrum aplicado

Obteniéndose los siguientes resultados de velocidades límites para que se produzcan los procesos de sedimentación, transporte o erosión de los sedimentos, según se presenta a continuación en la Tabla 5.11.

Tabla 5.11 Velocidades límites para que se produzcan los estados de movimiento de los sedimentos.

Muestras	Diámetro Medio (d_{50})	Velocidad para Sedimentación (cm/s)	Velocidad para Transporte (cm/s)	Velocidad para Erosión (cm/s)
ML-1	0.50	≤ 25	$25 \leq x \leq 70$	≥ 70
MI-1	0.39	≤ 20	$20 \leq x \leq 55$	≥ 55
ML-2	0.29	≤ 20	$20 \leq x \leq 55$	≥ 55
ML-3	0.26	≤ 21	$21 \leq x \leq 56$	≥ 56
MI-2	0.23	≤ 21	$21 \leq x \leq 56$	≥ 56

De acuerdo al gráfico de correlación Nivel-Caudal-Velocidad (Figura 5.10), considerando el rango de velocidades mínimas de movilidad de los materiales

obtenidas mediante el modelo de Hjulstrum (0.21 m/s a 0.70 m/s), se deduce que este rango de velocidades se obtendrán cuando ocurran las siguientes condiciones:

Tabla 5.12 Parámetros de la corriente para el momento de ocurrencia del movimiento de las partículas de las muestras recolectadas.

Diámetro medio (d_{50} en mm)	Velocidad mínima del flujo (m/s)	Caudal (m^3/s)	Nivel del río (m ref. NAB)	Lapso de ocurrencia aproximado
0.26 a 0.3	0.26	8000	1.3	Feb-Mar (Aguas Bajas)
0.50	0.70	24000	3.2	Nov-Dic ó Abr-Mayo (Aguas Medias)

Nota: Nivel (ref snm_{Pta Cuchillo}) = Nivel (ref NAB_{Pta Cuchillo}) + 0.57 m

5.4 Modalidad de transporte de los sedimentos según criterio de Visher

Una vez construidas las curvas granulométricas basadas en el porcentaje retenido acumulado y trazadas las tangentes a las curvas, se determinan las fracciones de los sedimentos de acuerdo al tipo de mecanismo de transporte o mediante el cual se movilizan las partículas (tracción, saltación y suspensión). En ese sentido, se puede observar en la Tabla 5.13 las distintas fracciones de los sedimentos según la modalidad de movimiento mediante el cual se transportan.

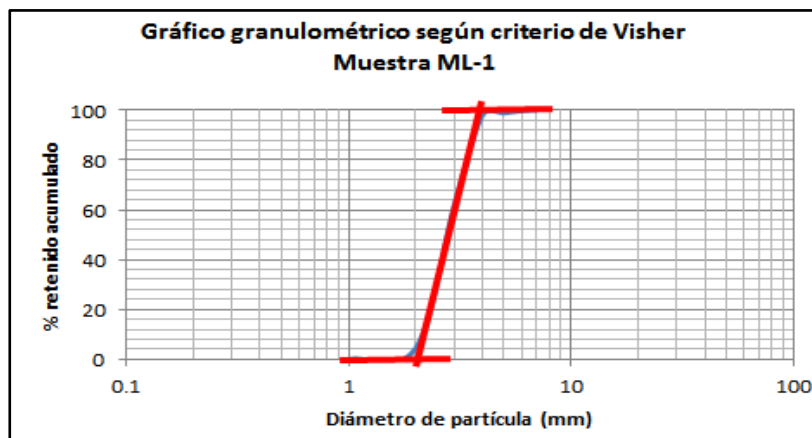


Figura 5.12 Curva granulométrica según Visher para la muestra ML-1.

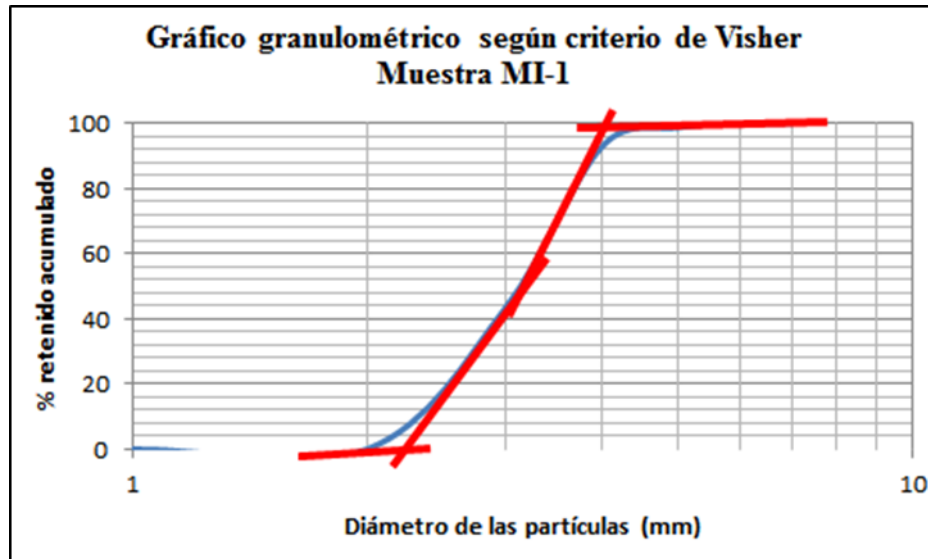


Figura 5.13 Curva granulométrica según Visher para la muestra MI-1.

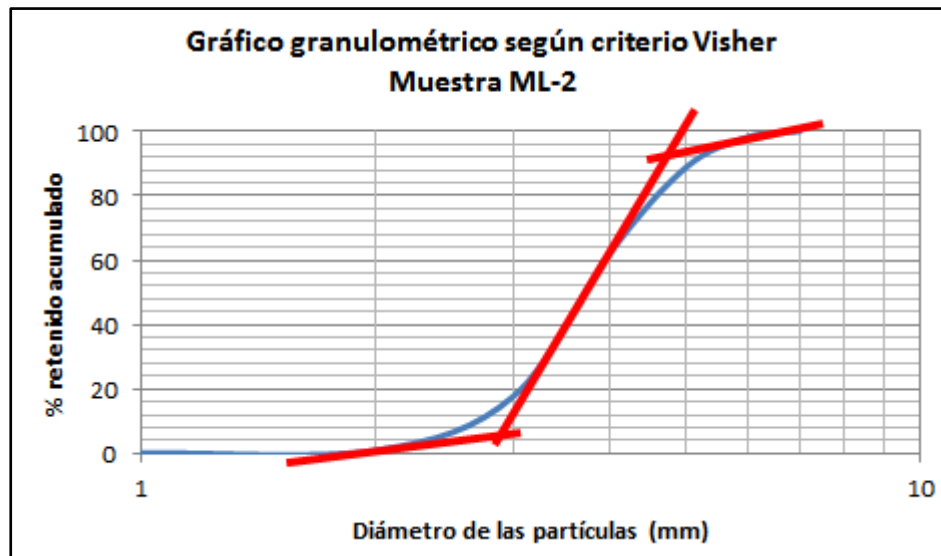


Figura 5.14 Curva granulométrica según Visher para la muestra ML-2.

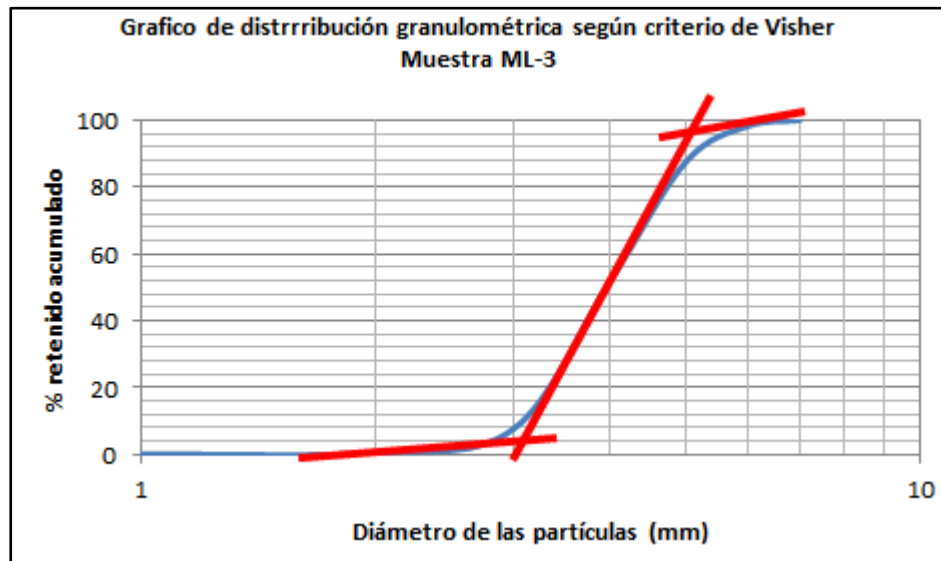


Figura 5.15 Curva granulométrica según Visher para la muestra ML-3.

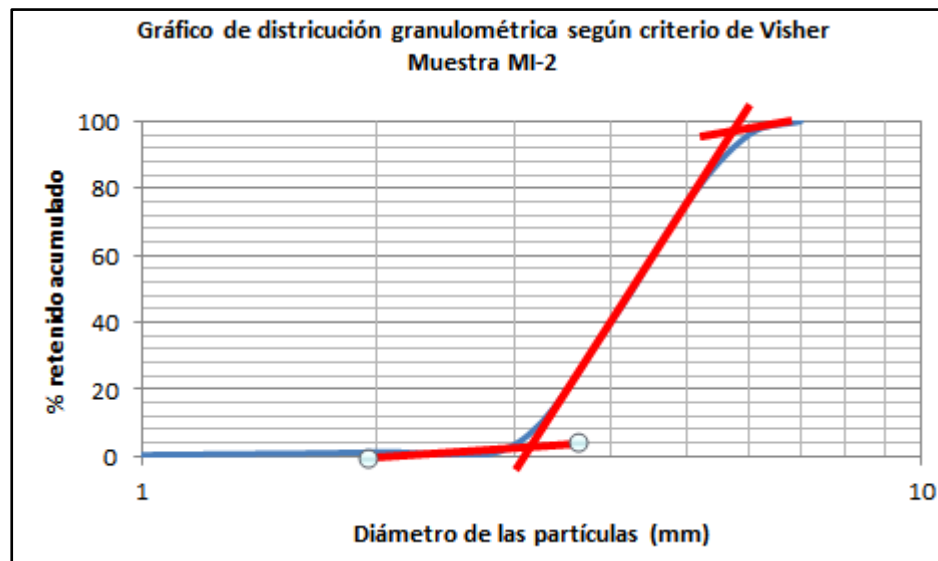


Figura 5.16 Curva granulométrica según Visher para la muestra MI-2.

Se puede observar en los gráficos anteriores (figuras 5.11 a 5.15) que la casi totalidad de los sedimentos se mueven mediante el mecanismo de saltación.

Tabla 5.13 Fracción porcentual que se moviliza según mecanismo de criterio de Visher.

Muestra	Fracción por tracción		Fracción por saltación		Fracción por suspensión	
	Rango diámetros (mm)	%	Rango diámetros (mm)	%	Rango diámetros (mm)	%
ML-1	>4.75	0.5	4.75 a 2.1	99	<2.1	0.5
MI-1	>4.75	0.5	4.75 a 2.3	99	<2.3	0.5
ML-2	>4.75	0.6	4.75 a 2.8	89	<2.8	4
ML-3	>5.10	3	5.1 a 3.1	94	<3.1	3
MI-2	>5.70	3	5.7 a 2.2	94	<2.2	3

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. De acuerdo a los parámetros climáticos revisados, se concluye que el área del proyecto se enmarca en la zona de vida Bosque seco Tropical (Bs-T), según la clasificación climática de Holdridge. Asimismo, el área se clasifica como clima cálido tropical de sabana isotérmico (Awgi), caracterizado por presentar un período de lluvia y otro de sequía, bien definidos, con una oscilación térmica promedio inferior a los 5 °C.
2. El tipo de sedimento presente en el área corresponde a arena de medias a finas y que de acuerdo al sistema Unificado de Clasificación de Suelos corresponden a arenas mal gradadas (SP). Por otra parte, el análisis morfométrico de las partículas que muestra formas de partículas predominantemente subangulosas y subredondeadas, lo cual permite inferir un transporte friccionante significativo dada la dureza de los minerales presentes con predominio de cuarzo.
3. Los registros históricos de velocidad del flujo muestran velocidades de flujo en el sector que oscilan entre 0.29 y 1.39 m/s para caudales de 8079 y 61576 m³/s respectivamente y se observa un comportamiento aproximadamente directamente proporcional.
4. La aplicación del modelo de Hjulstrum permite concluir que los materiales del lecho presentes en el sector Matanzas – Palo Solo requieren velocidades del flujo en el rango de 0.21 m/s a 0.70 m/s para mantenerse en régimen de transporte. Asimismo, se deduce que las velocidades inferiores a 0.21 m/s ocasionará la sedimentación de las partículas y para que se produzca el esfuerzo cortante

necesario para arrancar las partículas del lecho se necesitan velocidades superiores a 0.70 m/s.

5. El modelo de Visher parece indicar que la modalidad predominante para transporte de los sedimentos es la de saltación y en proporción mínima las de suspensión y de tracción. Tal circunstancia se concluye a que los materiales son arenas mal gradadas

Recomendaciones

1. Implementar modelos de flujo de sedimentos en el área de estudio, que permitan evaluar las direcciones preferenciales del flujo que utilizan los sedimentos en su tránsito por el sector.
2. Evaluar las tendencias migratorias de las barras de arena con la finalidad de determinar la recurrencia en la formación de las mismas y su correlación con las magnitudes de velocidades y direcciones de corrientes.

REFERENCIAS

Acuña, M. (2000). **ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO E HIDRODINÁMICO DEL SECTOR SAN FÉLIX DEL RÍO ORINOCO**. Instituto Nacional de Canalizaciones. Puerto Ordaz. Pp 89-103.

Aguirre Pe, J.. (1980). **HIDRÁULICA DE SEDIMENTOS**. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Mérida. Pp 100.

Alfonsi, P. P (1983). **AMBIENTES SEDIMENTARIOS**. Meneven, Venezuela. pp 15.

Alfonsi, Pedro Pablo. (1993). **SEDIMENTOLOGÍA DE CLÁSTICOS Y ELECTROFACIES**.Curso dictado para la CIED-Centro Internacional de Educación y Desarrollo. Puerto la Cruz- Estado Anzoátegui. Venezuela. Pp 58-59.

Allen, J. (1987). **SEDIMENTARY STRUCTURES, THEIR CHARACTER AND PHYSICAL BASIC.DEVELOPMENTS IN SIDIMENTOLOGY**. AmsterdamElsevier Vol. 1. pp 663.

Allen, J. (1965) **A RIVER OF THE ORIGIN AND CHARACTERISTIC OF THE RECENT ALLUVIAL SEDIMENTS**. Plublishng Company London.Pp 89-191.

Allen, J. (1977). **PHYSICAL PROCESSES OF SEDIMENTATION**. Fourt Impresión. London: Allen G. and Unwin. Pp 248.

Allen G y Segura. F (1989). **SEDIMENTOLOGÍA DE LOS DEPÓSITOS CLÁSTICOS**. Exploración Laboratory. C.F.P. Corporación S.A. Pg 238.

Araya. H. (2006). **ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO DE LA ISLA LOS CABALLOS SECTOR EL ALMACÉN. ESTADO BOLÍVAR**, Trabajo de grado, Universidad de Oriente, Estado Bolívar.

Arias, F. (2006). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN. INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA CIENTÍFICA**. (5° Edición). Episteme, Caracas, Venezuela.

Badillo Eulalio Juárez, Rodríguez Alfonso Rico. (1980). **MECÁNICA DE SUELOS**. Editorial Limusa, S.A. Anexo VII-A.

Bowles, Joseph (1981) **MANUAL DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL**. Series McGraw hill, Latinoamericana, pp. 175 – 180.

Bueno, E. (1981). **ASPECTOS DE LA HIDROGEOLOGÍA DE LA GUAYANA VENEZOLANA M.A.R.V.R.** Febrero. Pp 86.

Balestrini, M. (2002). **COMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Consultores Asociados, Caracas, Venezuela. pp 74

Bellizzia C., M. (1968). **EDADES ISOTÓPICAS DE ROCAS VENEZOLANAS**. Ministerio de Minas e Hidrocarburos. Boletín de Geología 10 (19): pp 356-380.

Bentancourt, Orlando. (1998). **PLAN DE EXPLOTACIÓN PARA APROVECHAMIENTO DE ARENA LAVADA EN QUEBRADA LOS BÁEZ,**

SECCIÓN ADYACENTE A BIENHECHURÍAS DE MARÍA FLORES, trabajo de grado, Universidad de Oriente, Ciudad Bolívar.

Chih Ted Yang (1996) **SEDIMENT TRANSPORT. THEORY AND PRACTICE**. Editorial Mcgraw-Hill.Pp 21-24.

Chow, Ven té (1990). **HIDRÁULICA DE CANALES ABIERTOS**. Mc Graw-Hill, Santa Fe, Bogotá, Colombia. 1ª Edición. pp. 10, 109

Corporación Venezolana de Guayana, C.V.G. TECMIN. (2007). **INFORME TÉCNICO DE RECURSO NATURALES**. Hoja NB-194 .Puerto Ordaz. Venezuela.

Corrales, J. (1977). **ESTRATIGRAFIA**. Editorial Ruedo. Madrid – España. Pp 717.

CVG Tecmin, C.A. (2002). **INVENTARIO DE RECURSOS NATURALES DEL ESTADO BOLIVAR**. Puerto Ordaz.

Danhke, G. (1986). **CLASIFICACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE INVESTIGACIÓN**. Barcelona.

Dewitt, D. y D. Swanson (1969). **DISTINTION BETWEEN DUNE, BEACH, Y RIVES SANDS FROM TEXTURAL CHARACTERISTIE**. Jour Sed. Petro. Volumen 27. Number 9. Pp 514-529

Echeverría, D. y Medina, R. (1992). **ESTUDIO DE LOS TALUDES SUMERGIDOS DEL RÍO ORINOCO EN LOS SECTORES ARAMAYA, LOS**

CASTILLOS, GUARGUAPO Y YAYA. Instituto Nacional de Canalizaciones. Puerto Ordaz.

Einstein, H. A. (1950). **THE BED LOAD FUNCTION FOR SEDIMENT TRANSPORTATION IN OPEN CHANNEL.** Boston.

Ferrer, Alberto y Rodríguez, Richard (1998). **ESTUDIO SOBRE LA VARIABILIDAD MORFOLÓGICA Y CONSTITUCIÓN DE LAS BARRAS DE ARENA EN EL SECTOR TARRAYERO (ISLA EL TRONCÓN) DEL RÍO ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR.** Trabajo Final de Grado. Estado Bolívar. Venezuela. Pp- 7,10-20.

Fuenmayor, Guillermo. (1993). **SEGURIDAD EN LA NAVEGACIÓN DEL RÍO ORINOCO TRAMO “EL JOBAL – MATANZAS”.** I Seminario de Seguridad en los Canales de navegación. Instituto Nacional de Canalizaciones, Caracas, Venezuela, pp. 145 – 160.

Fuerza Armadas Venezolana. (F.A.V). **INFORMES DE AVANCES METEOROLÓGICO DE CIUDAD BOLIVAR.** Del 1997-2007.

Galloway, W. y D. Hobday (1983). **TERRIGENOUS CLASTIC DEPOSITIONAL SYSTEMS.** Springer- Verlag, New Cork. Pp 201.

García, M y Maza J. (1998). **ORIGEN Y PROPIEDADES DE LOS SEDIMENTOS. CAPÍTULO 6 DEL MANUAL DE INGENIERÍA DE RÍOS.** México. Pp 258.

García, M. y Maza, J. (1998). **TRANSPORTE DE SEDIMENTOS. CAPÍTULO 7 DEL MANUAL DE INGENIERÍA DE RÍOS.** México. pp 111.

González de Juana, C., Iturralde, J. y Picard, X. (1980). **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y DE SUS CUENCAS PETROLÍFERAS**. Tomo I. Ediciones Foninves. Caracas. pp 69-72.

Guerrero, D. y Malave C. (2007), **ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO E HIDRODINÁMICO DEL SECTOR CAICARA – CABRUTA DEL RÍO ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA**. Trabajo de Grado, Universidad de Oriente. Ciudad Bolívar.

Herrera, L. (1986). **VENEZUELA SUS CUENCAS HIDROGRÁFICAS INTERNACIONALES**. Inédito. Caracas. Venezuela.

Hjulstrom, F. (1935). **LA ACTIVIDAD MORFOLÓGICA DE LOS RÍOS ILUSTRADO POR RIVER FYRIS**. Boletín del Instituto Geológico, Uppsala, vol. 25, cap. 3.

Hurley, P. M. y Gaudette, H. E. (1977). **GEOLOGÍA DE LOS GRANITOS DEL NORTE DEL ESTADO BOLÍVAR**. Sociedad de Geólogos de América.

Instituto de Mecánica de Fluidos, UCV (1998). **EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL RÍO ORINOCO TRAMO EL JOBAL – MATANZAS**. Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Pp 4.5 16-26, 32,40.

Instituto de Mecánica de Fluidos, U.C.V (1999). **SISTEMA FLUVIAL ORINOCO – APURE**. MANUAL 30 de abril de 2014 [<http://imf.ing.ucv.ve/>].

Instituto Nacional de Canalizaciones (1990). **EL RIO ORINOCO Y EL CANAL DE NAVEGACION**. Puerto Ordaz.

Instituto Nacional de Canalizaciones. I.N.C (2000). **INFORME DE AVANCES MENSUALES DE LAS ALTURAS LIMNIMÉTRICAS DEL RÍO ORINOCO**. (Período 1996-2006). Puerto Ordaz. pp – 15.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2017). **REGISTRO DE VARIABLES HIDROCLIMÁTICAS**. www. Inameh.gob.ve. fecha de consulta: 17 Abril de 2017.

Leeder, M. (1982).**SEDIMENTOLOGY.PROCESS AND PRODUCT**. London George Allen and Unwin. Boston Sydney. pp 60-620.

Ministerio de Energía y Minas (M.E.M.). (1956). **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA BOLETÍN GEOLOGÍA**. Primera Edición. Editorial Sucre, Caracas, Venezuela. Pp 524-525.

Ministerio de Energía y Minas (M.E.M.). (1971). **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA BOLETÍN GEOLOGÍA**. Segunda Edición. Editorial Sucre, Caracas, Venezuela. Pp 423.

Ministerio de Energía y Minas (M.E.M.) (1999). **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA BOLETÍN GEOLOGÍA**. Tercera Edición. Editorial Sucre, Caracas, Venezuela. Pp 414-415.

Malpica C. Rojas D. (2015). **ANALISIS DE LOS ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS Y SEDIMENTOLOGICOS DE LA ISLA LA BURRA, UBICADA EN EL RIO ORINOCO, ENTRE LOS MUNICIPIOS CEDEÑO,**

ESTADO BOLIVAR Y LAS MERCEDES, ESTADO GUARICO, VENEZUELA. Trabajo de grado, Universidad de Oriente, Estado Bolívar.

Marín, L., (2000), **ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO E HIDRODINÁMICO DEL SECTOR ARAMAYA DEL RÍO ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA.** Trabajo de Grado, Universidad de Oriente, Ciudad Bolívar.

McCandless, G. C. (1965). **RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO DE LA PARTE OCCIDENTAL DEL ESTADO BOLÍVAR.** Boletín de Geología Vol. 7 (13). Pp 19-28.

Mendoza, V. (2000). **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SUDAERICANO.** Ciudad Bolívar. Pp 25 – 37.

Mendoza, V. (1975). **GEOLOGÍA DE LA PARTE NORTE DEL TERRITORIO FEDERAL AMAZONAS, VENEZUELA.** V Congreso Geológico Venezolano. Vol. 1. Pp 363-404.

Mendoza, Vicente. (1972). **GEOLOGÍA DEL ÁREA DEL RÍO SUAPURE, PARTE NOROCCIDENTAL DEL ESCUDO DE GUAYANA,** Estado Bolívar, Mem, IX Conf., Geol., Inter.-Guayana, (Ciudad Guayana), Venezuela. Pp 70.

Miall, A (1978). **FLUVIAL SEDIMENTOLOGY.** G.S.P.G. Memory 5.Calgary, Alberta, Canadá. Pp 859-862.

Miall, A. (1981) **ANALYSIS OF FLUVIAL DEPOSITIONAL SYSTEMS**. Petrol. Geol Conference. Pp 68, 69.

Instituto Nacional de Canalizaciones Gerencia Canal Orinoco (2000). **PROPUESTAS DE ASCENSOS Y RECLASIFICACIÓN DE CARGOS AL PERSONAL DIVISIÓN BASE CAICARA**. Caicara- Estado Bolívar. Venezuela. Pp 6 – 20.

Ministerio de Obras Públicas. (1985). **MANUAL DE ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD**. Venezuela. Marzo. Venezuela. M.O.P.E -115.

Pravia, J.R. (1998). **APUNTES DE MECÁNICA DE SEDIMENTACIÓN**. Tomo II, pp. 347 – 376.

Pettijonh, F. (1980). **ROCAS SEDIMENTARIAS**. Editorial Eudeba. Tercera Edición, Buenos Aires, Argentina. Pp 71, 72, 138, 139.

Reineck, H. y I. Sing. (1981). **DEPOSITIONAL SEDIMENTARY ENVIRONMENTS**. Berlin Springer – Verlag. Pp 185 – 201.Pp 439.

Ríos, J. H. (1969). **GEOLOGÍA DE LA REGIÓN DE CAICARA, ESTADO BOLÍVAR**. IV Congreso Geológico de Venezuela, Caracas. MEM., III: pp 1759-1782.

Rodríguez, Richard y Ferrer, Alberto. **ESTUDIO SOBRE LA VARIABILIDAD MORFOLÓGICA Y CONSTRUCCIÓN DE LAS BARRAS DE ARENA EN EL SECTOR TARRAYERO (ISLA EL TRONCÓN) DEL RÍO ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR**. Trabajo de grado. Noviembre 1998. Pp 36-40

Rodríguez, J. (2012). **DETERMINACIÓN DE LOS MECANISMOS DE TRANSPORTE DE LA PARTE ESTE DE LA ISLA FAJARDO MUNICIPIO CARONÍ, RÍO ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR.** Trabajo de Grado no Publicado de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar.

Sabino C. (2006). **EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN.** Editorial Panapo. Caracas. 134-145

Shields, A. (1936). **APPLICATION OF SIMILARITY PRINCIPLES, AND TURBULENCE RESEARCH TO BED-LOAD MOVEMENT.** California of Institute of Technology. Pasadena.

Silva, G. (2003). **EROSIÓN FLUVIAL Y TRANSPORTE SEDIMENTOS EN RÍOS.** Trabajo de grado. Colombia. Pp 158.

Silva E y Alcalá H. (2005). **CARACTERIZACIÓN DEL MODELO GEOLÓGICO DE LAS ISLAS OROCOPICHE, EL DEGREDADO Y PANADERO UBICADAS EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LAS DESEMBOCADURAS DE LOS RÍOS OROCOPICHE Y MARHUANTA, RÍO ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR.** Trabajo de grado, Universidad de Oriente, Estado Bolívar. Pg 16-27, 171.

Spaletti Luis A. (2007). **TEXTURA DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS CLÁSTICAS** (10 de mayo 2012). Facultad de Ciencias y Museo UNLP.<http://www.fcnym.unlp.edu.ar/catedras/sedimentologia/pdf/textura.pdf>.

Sthraler, N. Arthur (1989). **GEOGRAFÍA FÍSICA.** Tercera Edición Barcelona, España. Pp 447-448.

Tamayo y Tamayo, M. (2006). **EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**. 4ta edición, 3era reimpresión. Editorial Limusa. México, pp 64-82.

Torres, Mayra. (1999). **ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO DEL CONJUNTO DE ISLAS BERNABELA E ISLOTE DEL RÍO ORINOCO. ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA**. Trabajo de grado, Universidad de Oriente, Estado Bolívar.

Visher, G. (1969) **GRAIN SIZE DISTRIBUTIONS AND DEPOSITIONAL PROCESSES**. Vol. 3 Pp 1074 – 1106.

APÉNDICES

APÉNDICE A
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN
GRANULOMÉTRICA DE LAS MUESTRAS DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Fecha: 03 de Septiembre 2018.

Peso muestra (gr): 350.

Muestra: ML – 1.

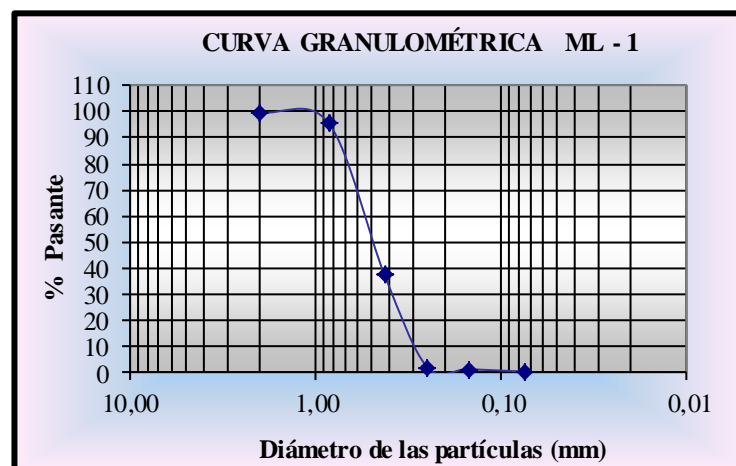
Procedencia: Muestra del lecho del río. Sector **Descripción:** Arena media a fina.
Guarampo, entre los Estados Bolívar y Anzoátegui.

MUESTRA ML – 1

Número de Tamiz	Diámetro de Tamiz (mm)	Peso de Tamiz (gr)	Tamiz+Suelo (gr)	Suelo Retenido(gr)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante
10	2.000	481.68	482.19	0.51	0.15	0.15	99.85
20	0.850	382.90	398.00	15.10	4.31	4.46	95.54
40	0.425	577.12	781.29	204.17	58.33	62.79	37.21
60	0.250	324.71	448.60	123.89	35.40	98.19	1.81
100	0.150	503.74	506.16	2.42	0.69	98.88	1.12
200	0.075	295.69	298.91	3.22	0.92	99.80	0.20
Pan	-	477.58	478.27	0.69	0.20	100.00	0.00
Total				350.00	100.00		

% Grava: 0
% Arena: 99.80
% Finos: 0.20
Total: 100.00

% Arena gruesa: 0.15
% Arena media: 62.64
% Arena fina: 37.01
Total: 100.00



A.1 Curva granulométrica de la muestra ML – 1, Sector Matanzas – Palo Solo (milla 198.5).

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Fecha: 03 de Septiembre 2018.

Peso muestra (gr): 350.

Muestra: MI – 1.

Procedencia: Muestra del frente de la isla localizada aguas arriba, próxima al puente y por donde pasa la red eléctrica, Área Guarampo, entre los Estados Bolívar y Anzoátegui.

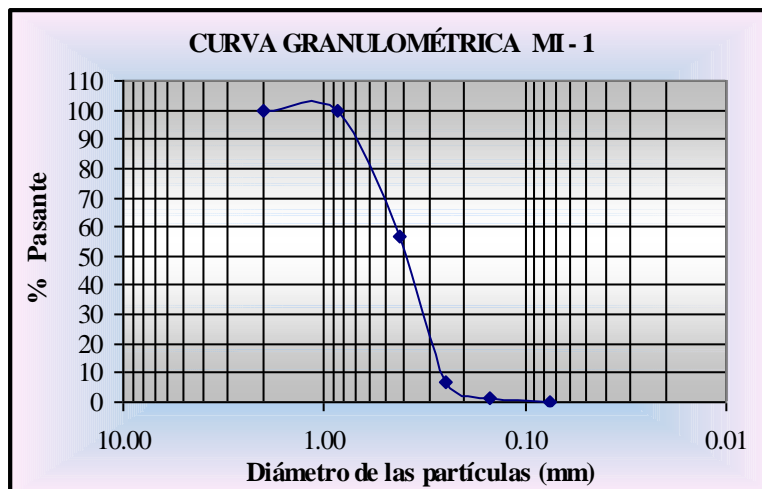
Descripción: Arena fina a media.

MUESTRA MI – 1

Número de Tamiz	Diámetro de Tamiz (mm)	Peso de Tamiz (gr)	Tamiz+Suelo (gr)	Suelo Retenido(gr)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante
10	2.000	481.68	481.68	0.00	0.00	0.00	100.00
20	0.850	382.90	383.17	0.27	0.08	0.08	99.92
40	0.425	577.12	727.84	150.72	43.06	43.14	56.86
60	0.250	324.71	499.28	174.57	49.88	93.02	6.98
100	0.150	503.74	523.53	19.79	5.65	98.67	1.33
200	0.075	295.69	300.12	4.43	1.27	99.94	0.06
Pan	-	477.58	477.80	0.22	0.06	100.00	0.00
			Total	350.00	100.00		

% Grava 0
 % Arena: 99.94
 % Finos: 0.06
Total: 100.00

% Arena gruesa: 0.00
 % Arena media: 43.14
 % Arena fina: 56.80
Total: 100.00



A.2 Curva granulométrica de la muestra MI – 1, Sector Matanzas – Palo Solo (milla 198.5).

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Fecha: 03 de Septiembre 2018.

Peso muestra (gr): 350.

Muestra: ML – 2.

Procedencia: Muestra del lecho del río. área Descripción: Arena fina.
Guarampo, entre los Estados Bolívar y Anzoátegui.

MUESTRA ML – 2

Número de Tamiz	Diámetro de Tamiz (mm)	Peso de Tamiz (gr)	Tamiz+Suelo (gr)	Suelo Retenido(gr)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante
10	2.000	481.68	482.18	0.50	0.14	0.14	99.86
20	0.850	382.90	385.87	2.97	0.85	0.99	99.01
40	0.425	577.12	635.57	58.45	16.70	17.69	82.31
60	0.250	324.71	481.26	156.55	44.73	62.43	37.57
100	0.150	503.74	595.98	92.24	26.36	88.79	11.21
200	0.075	295.69	328.71	33.02	9.44	98.22	1.78
Pan	-	477.58	483.80	6.22	1.78	100.00	0.00
			Total	349.95	100.00		

% Grava 0

% Arena: 98.22

% Finos: 1.78

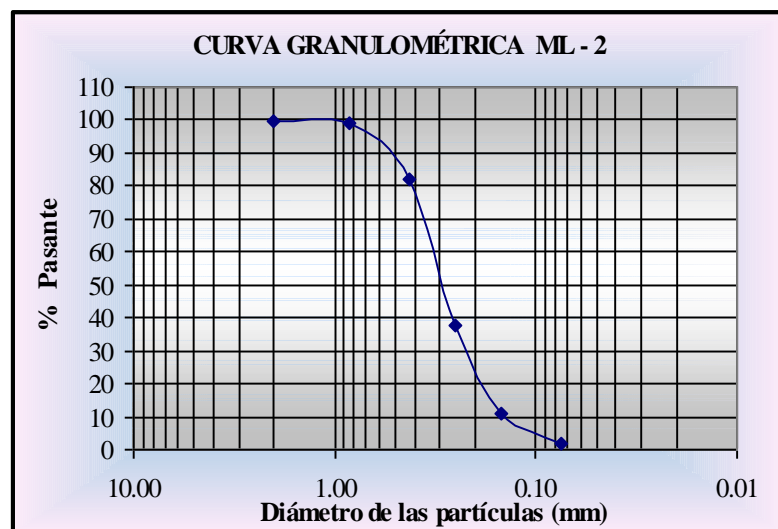
Total: 100.00

% Arena gruesa: 0.14

% Arena media: 17.55

% Arena fina: 80.53

Total: 100.00



A.3 Curva granulométrica de la muestra ML– 2, Sector Matanzas – Palo Solo (milla 198.5).

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Fecha: 03 de Septiembre 2018.

Peso muestra (gr): 350.

Muestra: ML – 3.

Procedencia: Muestra del lecho del río. Área Descripción: Arena fina.
Guarampo, entre los Estados Bolívar y Anzoátegui.

MUESTRA ML – 3

Número de Tamiz	Diámetro de Tamiz (mm)	Peso de Tamiz (gr)	Tamiz+Suelo (gr)	Suelo Retenido(gr)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante
10	2.000	481.68	482.06	0.38	0.11	0.11	99.89
20	0.850	382.90	384.34	1.44	0.41	0.52	99.48
40	0.425	577.12	601.90	24.78	7.08	7.60	92.40
60	0.250	324.71	479.96	155.25	44.36	51.96	48.04
100	0.150	503.74	628.24	124.50	35.57	87.53	12.47
200	0.075	295.69	333.02	37.33	10.67	98.20	1.80
Pan	-	477.58	483.89	6.31	1.80	100.00	0.00
			Total	349.99	100.00		

% Grava 0

% Arena: 98.20

% Finos: 1.80

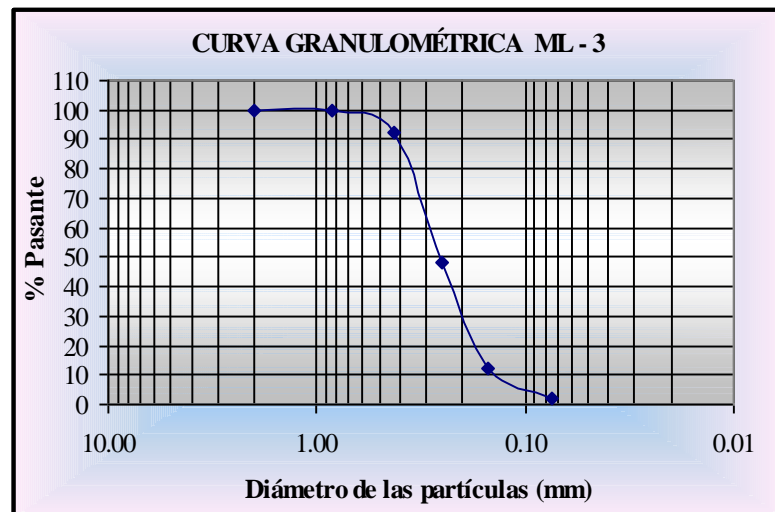
Total: 100.00

% Arena gruesa: 0.11

% Arena media: 7.49

% Arena fina: 90.60

Total: 100.00



A.4 Curva granulométrica de la muestra ML – 3, Sector Matanzas – Palo Solo (milla 198.5).

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Fecha: 03 de Septiembre 2018.

Peso muestra (gr): 350.

Muestra: MI-2.

Procedencia: Muestra del frente de Isla Faro **Descripción:** Arena fina.
ubicada aguas del puente, Área Guarampo, entre los Estados Bolívar y Anzoátegui.

MUESTRA MI - 2

Número de Tamiz	Diámetro de Tamiz (mm)	Peso de Tamiz (gr)	Tamiz+Suelo (gr)	Suelo Retenido(gr)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante
10	2.000	481.68	483.38	1.70	0.49	0.49	99.51
20	0.850	382.90	385.80	2.90	0.83	1.32	98.68
40	0.425	577.12	584.46	7.34	2.10	3.42	96.58
60	0.250	324.71	453.35	128.64	36.75	40.17	59.83
100	0.150	503.74	628.29	124.55	35.59	75.76	24.24
200	0.075	295.69	366.34	70.65	20.19	95.94	4.06
Pan	-	477.58	491.80	14.22	4.06	100.00	0.00
			Total	350.00	100.00		

% Grava 0

% Arena: 95.94

% Finos: 4.06

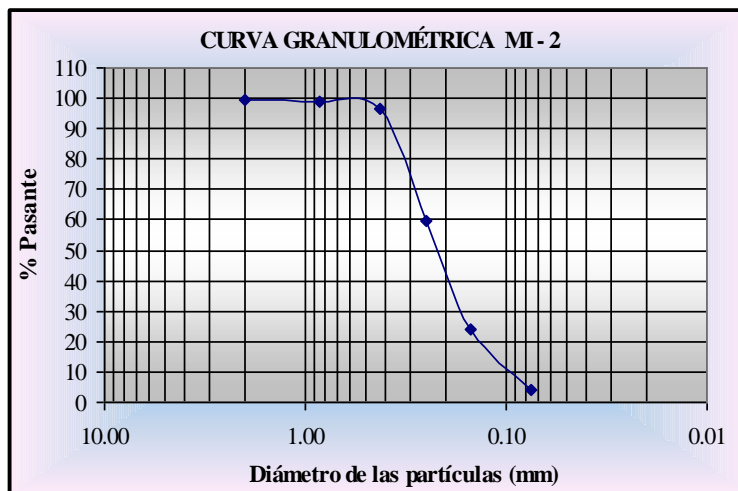
Total: 100.00

% Arena gruesa: 0.49

% Arena media: 2.93

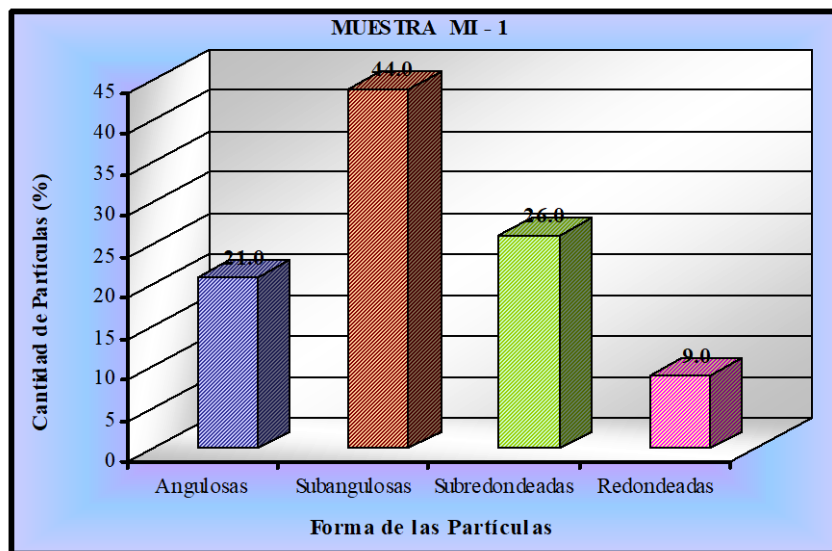
% Arena fina: 92.52

Total: 100.00

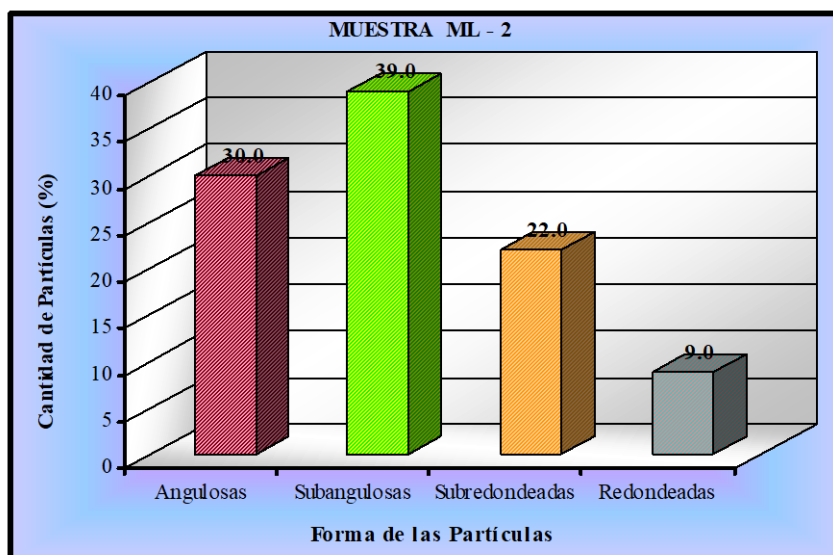


A.5 Curva granulométrica de la muestra MI-2, Sector Matanzas – Palo Solo (milla 198.5).

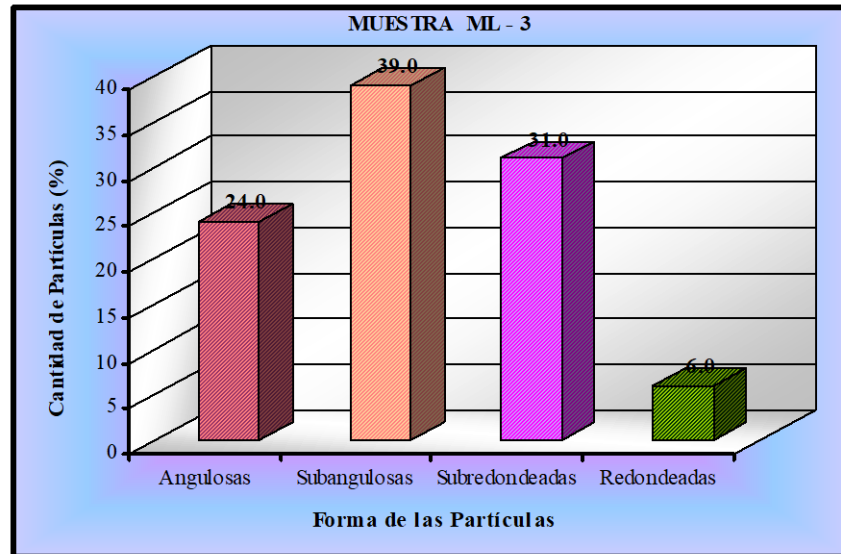
APÉNDICE B
HISTOGRAMAS DE ANÁLISIS MORFOSCÓPICOS



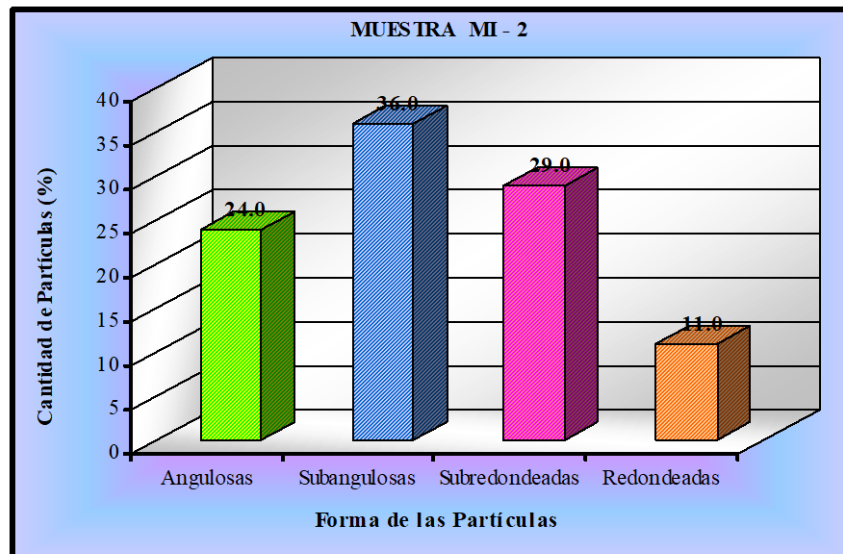
B.1 Representación del análisis de esfericidad y redondez de las partículas para la muestra del lecho del río M – 1, Sector Matanzas – Palo Solo (milla 198.5).



B.2 Representación del análisis de esfericidad y redondez de las partículas para la muestra del lecho del río M – 2, Sector Matanzas – Palo Solo (milla 198.5).

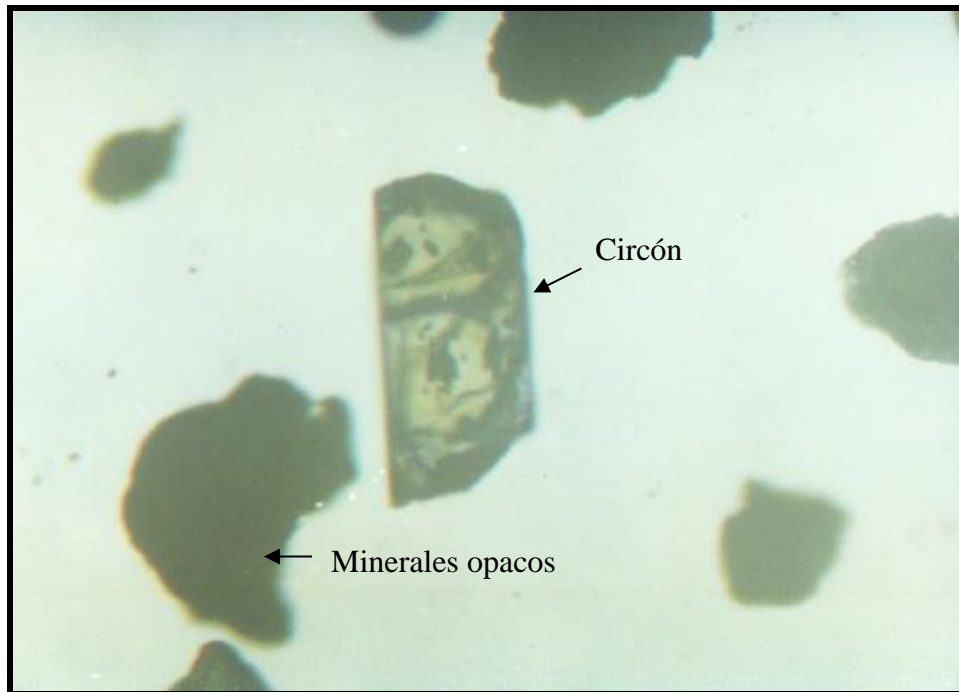


B.3 Representación del análisis de esfericidad y redondez de las partículas para la muestra del lecho del río M – 3, Sector Matanzas – Palo Solo (milla 198.5).

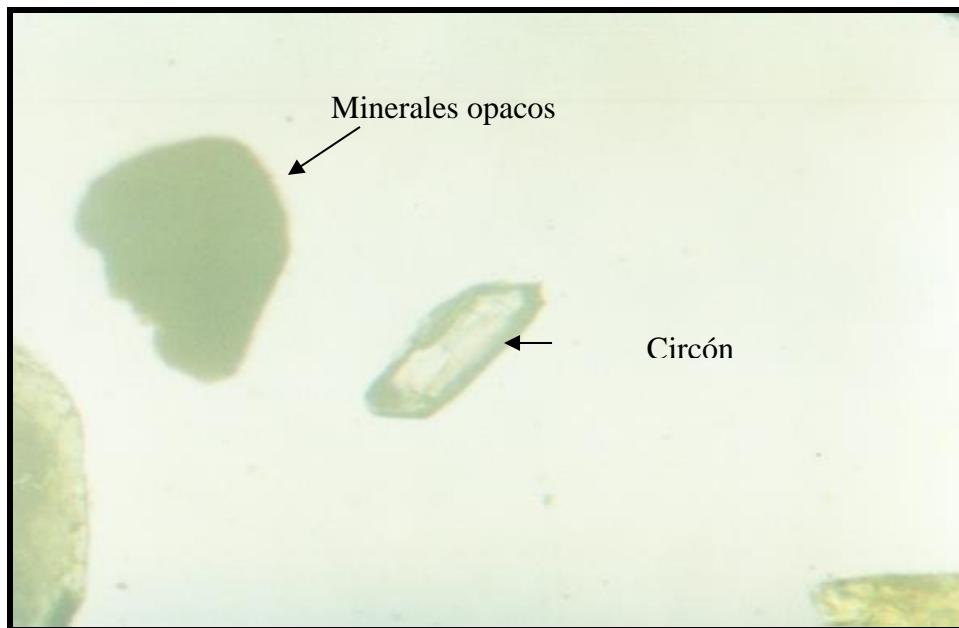


B.4 Representación del análisis de esfericidad y redondez de las partículas para la muestra del lecho del río M – 4, Sector Matanzas – Palo Solo (milla 198.5).

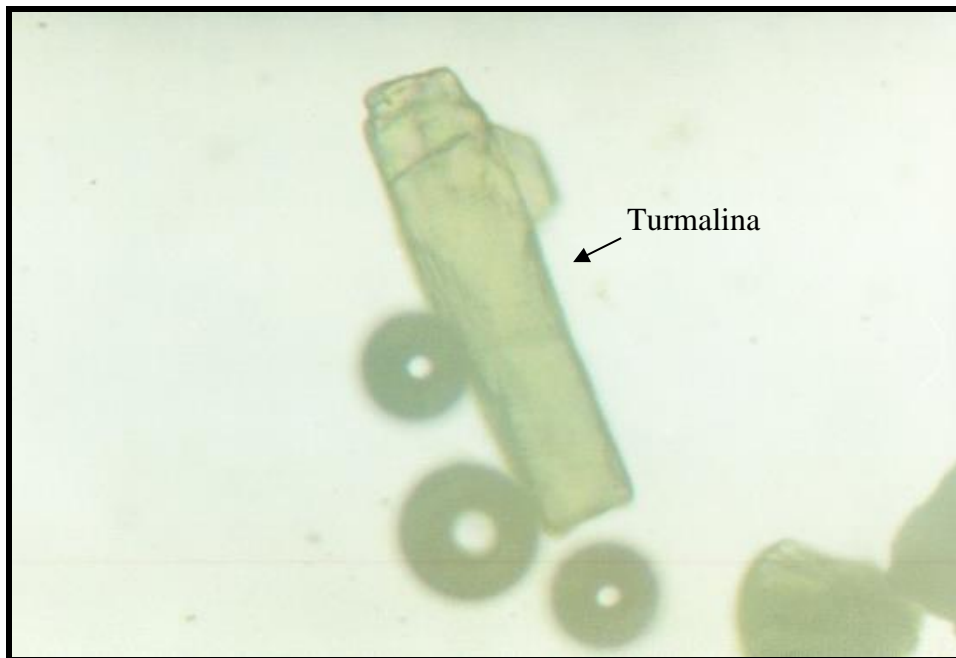
APÉNDICE C
RESULTADOS ANÁLISIS CONTENIDO MINERALÓGICO



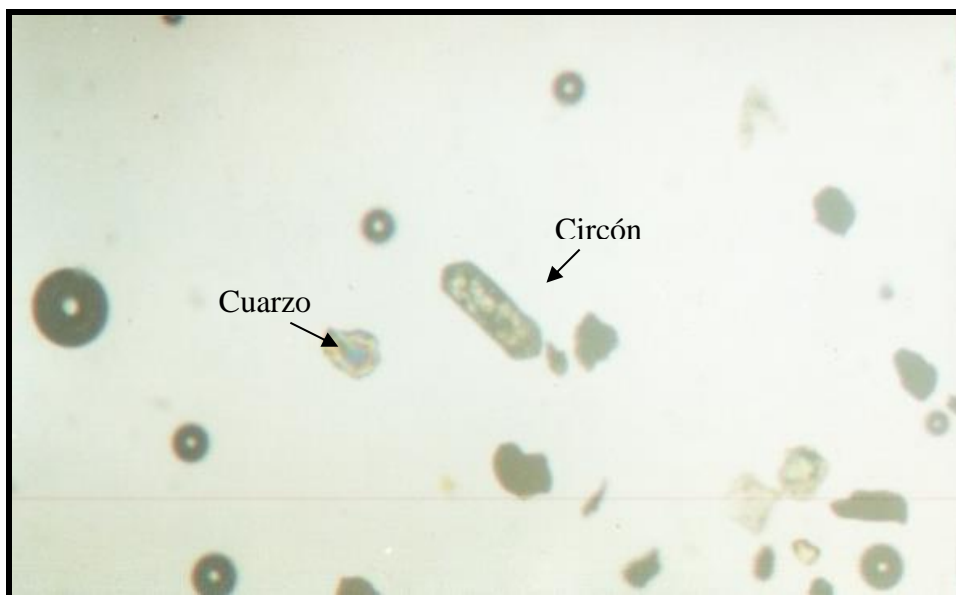
C.1 Análisis mineralógico correspondiente a la muestra ML – 1.



C.2 Análisis mineralógico correspondiente a la muestra ML – 2.



C.3 Análisis mineralógico correspondiente a la muestra ML – 2.



C.4 Análisis mineralógico correspondiente a la muestra ML – 3.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO DE SEDIMENTOS DEL RÍO ORINOCO EN EL SECTOR MATANZAS – PALO SOLO, ESTADOS BOLÍVAR Y ANZOÁTEGUI, VENEZUELA
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
TORRES MARTINEZ CHIQUINQUIRA ANDREINA	C	24.038.578
	e-	Chiquicaroni@gmail.co
	mail	
	C	
	e-	
	mail	
	C	
	e-	
	mail	
	C	
	e-	
	mail	

Palabras o frases claves:

Matanzas –palo Solo
Canal de navegación del Rio Orinoco
Análisis granulométrico
Formación Mesa
Sedimentos
Muestras

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Departamento de Geología	Geología

Resumen (abstract):

El objetivo general de la presente investigación persigue realizar un análisis del movimiento de sedimentos que se produce en el sector Matanzas – Palo Solo del río Orinoco. Tal estudio obedece a la necesidad de disponer de información veraz que ilustre sobre el comportamiento de estos sedimentos durante su tránsito por el mencionado sector. La principal razón de realizar el análisis del movimiento de sedimentos en el sector mencionado consiste en que estos materiales pudieran incrementar la sedimentación del canal de navegación, disminuyendo las profundidades y dificultando el paso de embarcaciones de gran calado a través de ese sector. La zona de estudio está ubicada en el río Orinoco, aproximadamente a 6 millas náuticas al oeste de la población de San Félix, en el estado Bolívar. El trabajo constó de una etapa de recolección de información tal como cartas de navegación y planos batimétricos del sector, datos climatológicos de la zona de estudio, datos de aforos del río, entre otros. Durante la etapa de campo se realizaron todas las labores prácticas de recolección de muestra de sedimentos del lecho del cauce del río y observaciones sobre la geología y geomorfología de las riberas. Durante la etapa de laboratorio se realizaron los ensayos pertinentes a las muestras de suelos, tales como: análisis granulométricos y análisis morfoscópicos de las partículas. Finalmente, en la etapa de oficina se efectuaron las digitalizaciones de los planos batimétricos que fueron incorporados al computador a través del programa Autocad, a través de esto se realizó la construcción de secciones transversales y modelos digitales del lecho. Se identificaron las zonas que muestran evidencias de movimiento de sedimentos. Se analizó la correlación de los datos de niveles del río, de velocidad de la corriente y caudales. Se aplicaron los modelos de Hjulstrum y Visher para cualificar el movimiento de los sedimentos. Entre los resultados relevantes se pueden citar los siguientes: el tipo de sedimento presente en el área de estudio corresponde, a arenas de medias a finas y de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos corresponde a arenas mal gradadas (SP). De acuerdo al modelo de Hjulstrum los sedimentos para mantenerse en transporte requerirán velocidades de corriente entre 0.21 m/s y 0.70 m/s y según el criterio del modelo de Visher los sedimentos son movilizados en mayor medida bajo la modalidad de saltación

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Echeverría, Dafnis	RO L	c <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
	CV	4 506 408
	e- e- mail	Dafnisecheverria2807@am
Monteverde , Francisco	RO L	c <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
	CV	12 192 676
	e- e- mail	Monteverdefr@udo.edu.ve
Ramos, Javier	RO L	c <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
	CV	14 145 647
	e- e- mail	idramos@udo.edu.ve
	RO L	c <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
	CV	
	e- e- mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2019	06	06
------	----	----

Lenguaje Spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
TESIS MOV SED MATANZAS-PALO SOLO 2.docx

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: A B C D E F G
H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u
v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ - .

Alcance:

Espacial: _____ (opcional)

Temporal: _____ (opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo:

GEÓLOGO

Nivel Asociado con el Trabajo: Pre-Grado:

Pre-Grado

Área de Estudio:

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Otra(s) Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado: Universidad de Oriente

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

Juan A. Bolanos Curvelo

JUAN A. BOLANOS CURVELO
Secretario

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR *Martínez*
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II semestre 2009, según comunicación CU-034-2009): “Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo al Consejo Universitario, para su autorización.”

AUTOR
Torres, Chiquinquirá

TUTOR
Profesor Echeverría, Dafnis
C.I.: 4.506.408